



UNA APROXIMACIÓN A LA ESTRUCTURA DE LOS CONTENIDOS DE LA DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS

N. MARÍN*, . Y NANCY CRESPO**

*UNIVERSIDAD DE ALMERÍA. ESPAÑA

DPTO. DE DIDÁCTICA DE LAS MATEMÁTICAS Y DE LAS CIENCIAS EXPERIMENTALES.

**UNIVERSIDAD DE CARABOBO (VALENCIA), VENEZUELA. DPTO. DE FILOSOFÍA

Resumen

La Didáctica de las Ciencias como cuerpo de conocimientos novedosos se enfrenta a una divergencia de aportaciones individuales ante de la ausencia de un núcleo conceptual consensado y la desigual implicación de disciplinas afines (Pedagogía, Psicología, Filosofía de las Ciencias, etc.) para apoyar propuestas didácticas en la enseñanza de las ciencias; tal situación invita a pensar que estamos ante un nuevo dominio donde “todo vale”, sin embargo, en este trabajo se muestra que es posible explicar ciertas estructuras en este nuevo cuerpo de conocimiento donde parece que no debería haber tanta dispersión como la que existe actualmente.

Abstract AN APPROACH TO STRUCTURING THE CONTENT IN SCIENCE TEACHING

Teaching Science, in the sense of imparting a body of new ideas, has to choose among diverse individual contributions in the absence of consensual agreement as to the nature of core material. This difficulty is compounded by the unequal involvement of related disciplines (Pedagogy, Psychology, Philosophy of Science, etc.) in proposals for teaching Science. Such a situation suggests that “anything goes” in this field. However, this paper shows that it is possible to make explicit certain structures in the area and to avoid the current lack of coherence.

Artículos

Introducción

El cometido de la Didáctica de las Ciencias (DC) es la de dar soluciones fundamentales a los problemas que se generan en la enseñanza y el aprendizaje de las Ciencias; una definición tan diáfana, sugiere que debería tener unos contenidos bien delimitados, sin embargo, a nivel docente es impartida de modo muy diverso (Furió y Gil, 1989; Gutierrez, 1990; Cañal, 1995) y las investigaciones que se hacen en su dominio no parecen presentar un núcleo de fundamentos consensuado (Abimbola, 1988; Hewson, 1990; Marín y Benarroch, 1994; Marín y Jiménez Gómez, 1992; Jiménez Gómez, Solano y Marín, 1997).

Como materia para la formación de docentes, los modos que adopta su impartición son muy variados (Gutierrez, 1990; Cañal, 1995). Se expone las dos posturas más extremas, entre las que se dan un abanico complejo de posicionamientos:

- La Didáctica de las Ciencias se convierte, principalmente, en una materia de revisión de los contenidos de Ciencias. Los argumentos que apoyan esta postura están muy consensuados: “el bagaje que poseen los alumnos sobre los contenidos de Ciencias es muy pobre” o “no se puede enseñar algo si antes no se conoce bien”. Se trata de impartir de nuevo los contenidos de Ciencias de un modo más comprensivo, más didáctico, centrándose más en la parte conceptual, a un nivel más elemental, utilizando más recursos experimentales, etc.

- En la Didáctica de las Ciencias se debe impartir una serie de herramientas didácticas específicas, las cuales se aplicarán sobre algunos contenidos de Ciencias. El argumento que apoya esta postura deja entrever su coherencia con las demandas educativas actuales. Sin embargo, esta propuesta conlleva una selección drástica de los contenidos de Ciencias ya que sería imposible impartirlos con cierta sistemática, junto a los contenidos didácticos, dado el tiempo docente disponible.

A nivel de investigación, todos los trabajos dicen fundamentarse en la visión constructivista de la enseñanza de las Ciencias, sin embargo, tras el aparente consenso existen muchos modos de entender la construcción cognoscitiva que realiza el alumno, así como los “materiales” que utiliza para ello (Gómez y otros, 1992; Marín, 1997).

Existen varias hipótesis sobre el origen de la dispersión en Didáctica de las Ciencias (Cañal, 1995), pero la que parece más plausible es la que hace referencia

a la existencia de un vacío en la formación universitaria para esta área, lo que “obliga” al docente de Didáctica de las Ciencias a llevar a cabo una formación de carácter personal y adicional a su formación científica universitaria.

Las posibles disciplinas que integran esta formación individual son variadas (Pedagogía, Psicología, Filosofía de la Ciencia, Método Científico, etc.) y, algunas de ellas, distantes de las que han formado parte de la formación científica del docente, de forma que la ponderación de unas sobre otras depende de factores más o menos objetivos, lo que explica la diversidad de planteamientos existentes sobre el contenido de la Didáctica de las Ciencias. El hecho de que la Didáctica de las Ciencias se aleje del rigor de las disciplinas tradicionalmente más científicas y se acerque al dominio de las humanidades, explicaría la permisividad en los distintos modos de proceder.

Este trabajo pretende mostrar que, admitiendo que la Didáctica de las Ciencias está en fase constituyente, es posible explicitar cierta estructura en su cuerpo de conocimientos, por lo que no habría lugar a tanta dispersión tanto a nivel docente como investigador.

Revisión del estatus de la Didáctica de las Ciencias como cuerpo de conocimientos

Ámbitos de conocimientos claramente científicos, como es el caso de la Física, poseen características realmente envidiables, como son la alta coherencia entre las partes, su capacidad de previsión respecto al plano de los hechos y el hecho de que la mayor parte de sus contenidos están consensuados, de manera que una porción alta del entramado conceptual posee un significado unívoco para toda la comunidad científica. Esto hace que exista un efecto de avance al poderse incrementar dicho cuerpo con nuevos conocimientos. ¿Posee Didáctica de las Ciencias un estatus científico semejante?

Existen autores –principalmente aquellos alineados dentro del movimiento de las concepciones alternativas (MCA) y más recientemente denominado Constructivismo social (Solomo, 1994)– que admiten una respuesta afirmativa (Gil, 1993; Furió, 1994; Hodson, 1992; Matthews, 1990), sin embargo, otros hacen alusión a la diversidad de planteamientos iniciales, metodologías, contextos teóricos, etc. (Duschl, 1994; Moreira, 1994), para concluir que la Didáctica de las Ciencias está en una fase constituyente.

Concretamente, estos dos puntos de vista se pueden formular del siguiente modo:

- La Didáctica de las Ciencias es un cuerpo de conocimiento coherente y específico relativo a aspectos y problemas relacionados con la enseñanza de las ciencias.

Fruto de una multitud de investigaciones específicas de este dominio, llevadas a cabo desde comienzos de los 80 hasta hoy, se puede decir que la Didáctica de las Ciencias es un cuerpo de conocimientos en el que se integran coherentemente los distintos aspectos relativos a la enseñanza/aprendizaje de las ciencias (Hodson, 1992). La Didáctica de las Ciencias es un campo específico de conocimientos y no sólo la suma de contenidos de asignaturas científicas y de psicopedagogía (Mellado y Carracedo, 1993).

En este sentido, existe una comunidad científica que tiene como campo de investigación los problemas de enseñanza y aprendizaje de las ciencias, con numerosas revistas específicas, departamentos universitarios, realización de congresos, etc. (Gil, 1993).

- La Didáctica de las Ciencias es un campo en formación, con ello se quiere indicar que aún falta bastante camino por recorrer, de modo que sin disponer todavía de soluciones para los problemas de aprendizaje de las ciencias estamos en situación de poder plantearlos en términos adecuados (Jiménez Aleixandre, 1992a).

Existe una diversidad de planteamientos iniciales, metodologías, contextos teóricos, etc. (Abimbola, 1988; Gunstone y Watts, 1989; Hewson, 1990; Pozo, 1993; Moreira, 1994) que no permita hablar de un cuerpo de conocimientos coherente y consensado, de modo que lo más acertado es tomar la propuesta didáctica más eficaces según el contenido y contexto de enseñanza (Aliberas y otros, 1989).

En el área en que se suele fundamentar las propuestas didácticas tomando como referencia la Historia y Filosofía de la Ciencia parece existir cierto efecto acumulativo (véase Hodson, 1992; Gil, 1993; Gil, 1994a), aunque otros autores que trabajan en este mismo campo resaltan la existencia de divergencias debido precisamente a la diversidad de propuestas para racionalizar la Historia de las Ciencias (Sebastia, 1989; Duschl y Gitomer, 1991; Matthews, 1994a).

El supuesto grado de coherencia que ha tomado el cuerpo de conocimientos de la Didáctica de las Ciencias no parece ser, de hecho, muy alto cuando no se aprecia efecto de progresión en el área más investigada de este dominio como es el de la delimitación y catalogación de concepciones o ideas previas del alumnado sobre contenidos específicos de Ciencias (Gil, 1994a; Moreira, 1994). En efecto, muchos autores han denunciado el que

se haya llegado a una “sensación de techo”, donde poco parece haberse avanzado desde comienzos de la década de los 80 hasta ahora (véase Jiménez Gómez, Solano y Marín, 1997).

Sin embargo, a pesar de que queda mucho por hacer en el problema de delimitar el conocimiento del alumno (Pozo, 1993; Gil, 1994a), actualmente está pasando a nuevos problemas como son, por ejemplo, el considerar en la enseñanza de las ciencias las relaciones de estas materias con la técnica y la sociedad o el estudio de las epistemologías y actitudes científicas de los profesores y su incidencia en su actuación en clase (véase Gil, 1994a), sin haber llegado a soluciones más o menos satisfactorias en los anteriores (Marín, 1997).

¿Se puede decir, por tanto, que la Didáctica de las Ciencias es un cuerpo de conocimientos coherentes y consensado?

No parece que la Didáctica de las Ciencias se pueda considerar una disciplina con el estatus científico que posee, por ejemplo, la Física la falta de paradigmas estables y consensados, hace que no posea este carácter acumulativo, y aunque en determinadas parcelas de investigación se comienza a apreciar en efecto positivo (Hodson, 1992; Gil, 1993), en otras, en vez de basarse los nuevos trabajos en aportaciones precedentes, sea para confirmarlas o refutarlas, muchos parecen iniciar de cero, ignorándose aportaciones anteriores sobre la misma temática (Jiménez Aleixandre y otros, 1992).

Tampoco se puede obviar la gran cantidad de aportaciones acumuladas desde finales de los 70, que aunque en fase constituyente, han generado un cuerpo de conocimientos suficientemente amplio que presenta cierto orden, coherencia o estructura.

Los fundamentos de la Didáctica de las Ciencias

A partir de trabajos anteriores realizados por nosotros (por ejemplo, Marín y Jiménez Gómez, 1992; Jiménez Gómez, Solano y Marín, 1994; Marín, Jiménez Gómez y Benarroch, 1997; Marín, 1996) y, en particular las elaboraciones insertadas en Marín (1997), sería posible distinguir un mínimo de cuatro planos de conocimientos que se diferencian entre sí por su contenido y grado de generalidad, a fin de poder entender la diversidad de modelos didácticos y líneas de investigación inscritas en el ámbito de la Didáctica de las Ciencias; dichos planos estarían dispuestos según el siguiente esquema:

Ambito de conocimiento de la didáctica de las ciencias

Plano A

Teorías del conocimiento (individual y científico)

Plano B

Posiciones constructivistas para fundamentar los contenidos de la Didáctica de las Ciencias

Plano C

Contenidos de la Didáctica de las Ciencias

Plano D

Objetivos, problemas y actuación docente en la enseñanza de las Ciencias

Los cuatro planos quedarían determinados del siguiente modo:

Plano A:

Sería el plano de posicionamientos y teorías sobre el conocimiento, el cual presenta un nivel de generalidad mayor que el resto de los planos y se delimita por dos ejes definidos del siguiente modo:

- El primer eje, el ontológico, tiene delimitado uno de sus extremos por el idealismo, tomado en el sentido de que el mundo se crea por el pensamiento humano y depende de éste (no hay más realidad que la que el sujeto construye) y, el otro por el realismo, en su acepción de considerar que el mundo, aunque no se pueda conocer, existe realmente con independencia de nuestro conocimiento sobre él (Matthews, 1994a).

- El segundo eje, el epistemológico; interesa delimitar sus extremos por el conocimiento cotidiano y científico respectivamente, a efectos de diferenciaciones posteriores en otros planos.

Plano D:

Con el nivel de generalidad más bajo se sitúa el plano de la enseñanza de las Ciencias, allí donde se desarrollan las acciones docentes encaminadas a provocar interacciones entre los contenidos de enseñanza de Ciencias y los conocimientos de los alumnos, con los más diversos métodos de enseñanza. Es también el plano donde se generan los problemas de aprendizaje que suelen ser objeto de preocupación e investigación en el plano inmediato superior.

Plano C:

Por encima y próximo al plano de enseñanza, se extiende el plano de las propuestas didácticas y líneas de investigación de la Didáctica de las Ciencias conformado

por un conjunto de contenidos cuyo denominador común es la búsqueda de soluciones fundamentadas para los problemas que se generan en el plano inferior (D). Las concepciones del alumnado, su nivel cognoscitivo, la evaluación de la eficacia de propuestas didácticas, la resolución de problemas, la formación de profesorado, etc., etc., son líneas de investigación que delimitan este plano. Resaltar que muchos problemas que se generan en el plano de la enseñanza se deben a la aplicación de propuestas didácticas desarrolladas en el plano superior como es el caso del cambio conceptual, la enseñanza por descubrimiento, el aprendizaje significativo, etc.

Plano B:

Finalmente, por las fuertes implicaciones que posee para el plano de la Didáctica de las Ciencias (C), entre éste y el plano superior de las teorías del conocimiento (A), se ha insertado un plano de compleja composición, si bien los elementos que lo constituyen tienen en común el valor instrumental de fundamentar los modelos de enseñanza y las investigaciones del nivel inmediato inferior (C), a la vez que sus apoyos suelen proceder, salvo para algunas posiciones constructivistas, del plano superior (A).

Tres regiones habría que distinguir en este plano, dos de las cuales están bien delimitadas, la de las teorías cognoscitivas del aprendizaje en Ciencias, con trabajos de autores como Pozo y otros (1991), Coll (1990), Ausubel (1982), etc., y la de la Filosofía de la Ciencia en Educación en Ciencias (Solomon, 1994) donde se ubicarían publicaciones de autores como Matthews (1994a), Solomon (1994), Osborne (1996) y Kelly (1997), entre otros.

En la tercera región se ha intentado ubicar las distintas versiones constructivistas, que aunque presentan diferencias entre sí por ser distintas sus procedencias y planteamientos iniciales, todas juegan un papel importante para entender las diversas líneas de investigación que se desarrollan en el plano C; esta región, lejos de estar definida por un plano, habría que verla como un "saco" o "cajón de sastre" donde se da cabida a las diferentes corrientes constructivistas de la Didáctica de las Ciencias: social, radical, humano, piagetiano, etc.

Establecidos y diferenciados los planos de conocimiento que conforman la Didáctica de las Ciencias (principalmente los planos B, C y D), así como el que da fundamento a los anteriores (el plano A de las teorías de conocimiento cotidiano y científico), se está en disposición de establecer ordenes, estructuras y relaciones para los distintos contenidos (modelos didácticos y líneas de investigación) que conforman el ámbito de

conocimiento de la Didáctica de las Ciencias.

Si se centra la atención en los fundamentos (principalmente plano A y, también, plano B) de los diversos modos de proceder de la Didáctica de las Ciencias, el panorama del ámbito de conocimiento de la Didáctica de las Ciencias se simplifica notablemente. Aunque existen disciplinas que eventualmente aparecen en el dominio de la Didáctica de las Ciencias para apoyar o valorar algún tipo de propuesta didáctica, como la Pedagogía, la Sociología, la Lingüística, la Psicología afectiva, etc., el hecho es que los apoyos más usualmente se hacen desde dos perspectivas (Marín, 1996), no necesariamente disyuntas:

- La perspectiva del conocimiento científico (PCC), conformada por disciplinas ligadas a la formación del conocimiento científico, como son la Historia y Filosofía de las Ciencias (HFC), la metodología científica y la epistemología de las Ciencias (teoría del conocimiento sobre el saber científico, validez de éste y rectitud de métodos), todas ellas, como se puede apreciar, fuertemente solapadas y relacionadas entre sí. Normalmente se parte del plano A para, pasando por la región de la Filosofía de la Ciencia en Educación en Ciencias (Solomon, 1994), desembocar en el plano C con propuestas como el cambio conceptual, la enseñanza por investigación o la resolución de problemas por investigación.

- La perspectiva del conocimiento del alumno (PCA), y en general la formación del conocimiento en el individuo. Las teorías más utilizadas de hecho son la de Piaget –y variantes neopiagetianas– y Ausubel (Moreira, 1994; Aliberas y otros, 1989).

La mayoría de las propuestas de enseñanza y de investigación realizadas, al menos en el dominio de la Didáctica de las Ciencias, se fundamentan desde la PCC (Gil, 1993), si bien existe una tendencia minoritaria pero significativa de propuestas fundamentales en PCA.

La diferencia más notable entre las dos perspectivas es que mientras los hechos de la epistemología de la PCC se toman de la historia del conocimiento científico, los de la PCA los aporta el comportamiento cognoscitivo del sujeto y, en particular, el alumno.

Aunque es un hecho que son pocos los trabajos que toman referentes de ambas perspectivas, se aprecia un número significativo de autores que abogan por una cooperación de ambas como un modo de fomentar el progreso en este dominio (López Rupérez, 1990; Perales, 1992; Criscuolo, 1987; Marín, 1995; Feldman, 1990; Pozo y otros, 1992).

Bajo la PCC se encuentran la mayoría de los contenidos que conforman la Didáctica de las Ciencias;

aquellos que suelen ser con mayor frecuencia objetos de investigación son:

- Detección y delimitación de “lo que el alumno sabe” antes del proceso de enseñanza. Esto es, con diferencia, el objeto de investigación puntual que ha sido abordado por mayor número de trabajos (Moreira, 1994; Gil, 1994a). El interés se ha debido, principalmente, a la aceptación de la visión constructivista del aprendizaje, consensuada tanto en psicología cognoscitiva como en este dominio: el alumno construye activamente los nuevos conocimientos a partir de sus anteriores concepciones (Marín, 1995). Viento (citada por Gil, 1994a) se refiere a otra razón más pragmática para explicar la proliferación de tantas investigaciones sobre concepciones: dan lugar a resultados, en períodos razonables, más claros y convincentes que otros estudios. Sin embargo, es necesario señalar ciertas restricciones y sesgos en la información obtenida en el extenso catálogo de concepciones, debido principalmente a un deficiente tratamiento metodológico (Pozo y otros, 1991a; Pozo, 1993; Marín, 1995).

- Modelo de cambio conceptual. Este modelo de enseñanza ha sido profusamente trabajado ya desde sus comienzos (Posner y otros, 1982; Hewson, 1981), tanto a niveles de fundamentación (Hashweh, 1986; Weil-Barais y Lemeignan, 1991; Strike y Posner, 1990; Sebastia, 1993; Hewson y Thorley, 1989), como de práctica docente (Brna, 1987; Jiménez Aleixandre, 1991; Villani y Pacca, 1990; Hewson, 1990).

- Enseñanza por investigación. Fundamentada en la aceptación acrítica de que el alumno, aprendiendo Ciencia como los científicos, deberá obtener resultados satisfactorios (Martínez Torregrosa y otros, 1993), más aún en la medida de que los diseños de enseñanza se hagan más sensibles a posturas epistemológicas más acertadas para interpretar la producción científica (por ejemplo, Gil, 1993; Burbules y Linn, 1991; Hodson, 1992).

- Resolución de problemas. Complementada la propuesta didáctica anterior pero, en muchos trabajos, en su mayoría anglosajones, es por sí misma, una línea de investigación bien definida (Martínez Aznar, 1990; Perales, 1993). La dificultad para que el alumno aprenda a resolver problemas justifica la diversidad de planteamientos para abordar el tema:

- Se aborda la resolución de problemas caracterizando los elementos diferenciadores entre buenos y malos resolventes. Subyace la posibilidad de extraer recomendaciones de cómo resolver bien un problema para después transmitirlos al alumno (Gil y otros, 1988b; Pozo, 1987).

- Dirigen sus esfuerzos a elaborar modelos de

resolución de problemas, desglosando la complejidad en fases más elementales (por ejemplo, Polya, 1945, 1968). Dichas fases se fundamentan en una heurística deductiva o inductiva propia del razonamiento matemático (Alonso y otros, 1988).

- Enfatizan la utilización del método científico como la clave para la resolución de problemas: “lo útil sería preguntarse qué es lo que los científicos hacen cuando tienen que vérselas con auténticos problemas” (Gil y otros, 1988a, 1988b).

- Realizan clasificaciones de problemas para la enseñanza (Borasi, 1986; Martínez Aznar, 1990).

- Cuestionamiento crítico de las propuestas didácticas. En este apartado, frecuente entre los trabajos publicados en este dominio, se cuestionan o se matizan determinadas propuestas de enseñanza en base a su coherencia con las tendencias más recientes sobre Epistemología de las Ciencias (por ejemplo, Duschl y Gitomer, 1991; Gil, 1993; Mellado y Carracedo, 1993; Matthews, 1994a; Matthews, 1994b; Kelly, 1997).

- Actitudes de los profesores ante la enseñanza y la actividad científica (Gil, 1994a); ya en el plano cognoscitivo, se hacen estudios para determinar el pensamiento docente espontáneo (Furió, 1994), bajo la hipótesis de que este pensamiento esté ligado a las distintas concepciones, más o menos explícitas, que el profesor posee sobre cómo se produce el avance científico (Salinas y Colombo, 1993). En este sentido es atrayente la idea de iniciar los cursos de formación inicial y permanente del profesorado en Ciencias en base a las ideas intuitivas de éste sobre cómo debe plantearse la enseñanza de las Ciencias (Furió y Gil, 1989; Gil, 1991; Furió, 1994; Cañal, 1995).

- Estudios sobre relaciones ciencia-técnica-sociedad (CTS): están referidos a las incidencias mutuas entre el estado y la evolución de los conocimientos científicos, los procedimientos de los que se sirve el hombre para aplicar dichos conocimientos y el pensamiento cotidiano compartido socialmente por los individuos (De Manuel, 1995; Acevedo, 1996; Membiela, 1997). Esta línea de investigación nace cuando se aprecia que la enseñanza de la Ciencia está desvinculada de las complejas relaciones que mantiene con la técnica y la sociedad (Solbes y Vilches, 1993), lo que parece que es un factor determinante en la imagen que tiene el alumno de la Ciencia y de la actividad de los científicos (Gil, 1994a; De Manuel, 1995).

Aunque con un número de aportaciones menor que las listadas bajo la PCC, encontramos que desde la PCA existen también significativas aportaciones a la Didáctica de las Ciencias:

- La propuesta de aprendizaje significativo de Ausubel, consiste básicamente en la estructuración de los requisitos cognoscitivos necesarios para que las ideas a enseñar puedan ser relacionadas de un modo sustancial con lo que el alumno ya sabe (Ausubel, 1982, p.56). Cuando el alumno establece estas relaciones se dice que ha habido aprendizaje significativo (Ausubel, Novak y Hanesian, 1986, p.37). Esta línea de trabajo ha tenido una significativa incidencia bajo la denominación de “constructivismo humano” (Novak, 1988) y ha realizado nuevas propuestas didácticas con acogidas muy populares como son los “mapas conceptuales”.

- El nivel cognoscitivo del alumno, como reflejo de las distintas capacidades generales de su cognición (razonamiento, manipulación de datos, interpretación de la realidad, etc.) es un factor relevante en el rendimiento académico en Ciencias.

En la década de los sesenta y setenta, coincidiendo con el apogeo de la teoría piagetiana para fundamentar la investigación en enseñanza de las Ciencias (Gómez y otros, 1992), el nivel cognoscitivo del alumno era la variable más importante sobre la que había que fundamentar la selección y secuenciación de los contenidos de enseñanza (Shayer y Adey, 1984), sin embargo, a comienzos de los ochenta, toma una gran importancia lo que sabe el alumno sobre el contenido específico que se le va a enseñar (Driver, 1986), olvidándose del nivel cognoscitivo.

En esta línea, tanto en su vertiente piagetiana como neopiagetiana, se han realizado trabajos sobre:

- La influencia del nivel cognoscitivo en el rendimiento en Ciencias (Lawson, 1983; Lawson, 1993b; Lawson y otros, 1993; Niaz, 1991b; Roth y Milkent, 1991).

- Diseños de instrucción para la enseñanza de las Ciencias (Shayer y Adey, 1984; Shayer y Adey, 1992, 1993; Yore, 1993).

- Propuestas para resolución de problemas (Niaz, 1989; Pomes Ruiz, 1991; Mayer, 1986; Robinson y Niaz, 1991; Pozo y otros, 1994).

- Interpretación de información del alumno desde perspectivas piagetianas (Crisuolo, 1987; Monk, 1990; Pacca y Saraiva, 1989; Stavy, 1990; Monk, 1991).

- Fundamentación didáctica (Adey, 1987; López Rupérez, 1990; Niaz, 1991a; Lawson, 1993a; Pozo y otros, 1991a; Shayer, 1993; Thumper y Gorsky, 1993; Fosnot, 1993; Marín, 1995).

Conclusión

En general, la estructura lógica que subyace en las distintas propuestas didácticas que se realizan desde la PCC es muy semejante:

- Elección de una parte más o menos amplia del entramado teórico del plano A en su vertiente del conocimiento científico (los autores más citados son Khun (1981), Lakatos (1983) y, en menor medida, Toulmin (1972)), que se aprecia puede ser de utilidad didáctica. Esta parte juega el papel de premisa (en el sentido amplio del término).

- Utilización de distintas inferencias –usualmente de tipo deductivo y analógico– tales que partiendo de las premisas, concreten una o varias orientaciones de actuación didáctica en los planos B, C y D.

En este proceso subyace la idea de que el alumno, aprendiendo a través de una actividad semejante a la que se desarrolla en un contexto científico para producir nuevos conocimientos, va a obtener resultados tan satisfactorios como los constatados a través de dicha actividad científica. A este proceso analógico se le va a denominar “el alumno como científico”. Por otras vías y en otro contexto, también se ha acuñado dicha expresión (Solomon, 1994).

Esta transposición analógica que percibe de forma clara en una estructura inferencial, frecuente en la literatura del ámbito, consistente en suponer que los resultados académicos de los alumnos deben mejorar en la medida que los diseños de enseñanza se hagan más sensibles a posturas epistemológicas más acertadas para interpretar la producción científica. Véanse unos ejemplos:

- Burbules y Linn (1991) sostienen que una fundamentación de la enseñanza en orientaciones neopositivistas sería más adecuado que hacerlo en la filosofía positiva.

- Duschl y Gitomer (1991) rechazan el modelo de cambio conceptual (Posner y otros, 1982) por estar fundamentado en una epistemología inadecuada.

- Matthews (1994b) critica las estrategias didácticas del constructivismo ya que están fundamentadas en una visión empirista de la Ciencia. Una epistemología objetivista que asuma que la producción intelectual trabaja con objetos reales asimilados por objetos teóricos sería más adecuada (Matthews, 1994b).

- Señal Gil (1993a) que el fracaso de la enseñanza por descubrimiento se debe a que ésta tiene poco que ver con la visión actual de lo que constituye el trabajo científico. Sin embargo, con la propuesta de enseñanza

expositiva de Ausubel hay un progreso ya que se aprecia una más correcta aproximación a la naturaleza de la ciencia, pero fracasa al no considerar un tiempo propio para los alumnos, algo que estaría más en consonancia con la actividad de los científicos.

- Los docentes deberían formarse en las últimas tendencias de la epistemología de la Ciencia para mejorar la calidad de enseñanza (Hodson, 1985; Koulaidis y Ogborn, 1989; Matthews, 1994a).

Lo cierto es que no faltan argumentos que apoyen la validez de las propuestas didácticas en las que subyace la analogía “el alumno como científico”, así:

- Permite el diseño de una enseñanza coherente y bien estructurada que posibilita descentralizarse de aquella otra que gira exclusivamente alrededor de contenidos conceptuales (Marín, 1991).

- Evita la visión dogmática y cerrada que una enseñanza expositiva suele inducir en el alumno, potenciando una visión más acertada del desarrollo científico (Matthews, 1994a).

- Genera en el alumno un conocimiento más flexible y operativo, permitiendo al que lo posee la resolución de nuevos problemas diferentes a los utilizados en su aprendizaje (Gil y otros, 1988b).

- Liga consecuentemente los contenidos de Ciencias con la metodología utilizada para producirlos (Erazo y otros, 1994).

- Posibilita apreciar y superar con criterios bien fundamentados las limitaciones didácticas que conllevan determinadas creencias sobre cómo enseñar (Furió y Gil, 1989; Baena Cuadrado, 1993; Calatayud y Gil, 1993; Furió, 1994; Gil, 1994b).

- Permita una enseñanza para adquirir también habilidades y aplicarlas fuera de un contexto escolar (Marín, 1991).

Sin embargo, la validez de las propuestas didácticas que se apoyan en la analogía “el alumno como científico” se vería limitada en cuanto se dan diferencias entre el conocimiento del alumno y el del científico, algunas de las cuales destacamos a continuación:

- Matthews (1994a) indica que no es evidente el paralelismo entre el desarrollo del conocimiento científico y el que se da en el plano individual y sólo a un determinado nivel de simplificación se puede admitir que las ideas de los alumnos reflejan el desarrollo científico. En este sentido, Saltier y Viento (1985) critican como actitud simplista la de los que utilizan los términos “aristotélico” o “pre-galileano” para tipificar las concepciones de los niños, como el que se analice y prediga las concepciones, solamente en base a consideraciones históricas, puesto que no existe un

paralelismo fuerte que legalice esta transposición (Apostel, 1986).

- La génesis y producción del conocimiento científico tiene connotaciones bien diferentes al pensamiento individual, en efecto, mientras en este último sólo pretende es dar respuesta práctica a los problemas típicamente cotidianas y su “esfuerzo cognoscitivo” termina con el logro de resultados más o menos satisfactorios, incluso, buscando otras alternativas o “dando un rodeo” (Piaget, 1977; Pozo y otros, 1991b; Gil, 1994b), en el científico:

a) A nivel del propio investigador, se dan procedimientos cognoscitivos como son la formación inicial de éste en base al cuerpo de conocimientos científicos del momento, la dedicación intensiva sobre una problemática concreta, el rigor y la lógica empleada, la necesidad de exponer sus descubrimientos, al menos buena parte de ellos, utilizando el entramado conceptual y simbólico aceptado por la comunidad científica que son bien diferentes a los que se dan en el pensamiento individual. El científico se ve obligado, para presentar sus trabajos, a utilizar unos conceptos consensuados (Khun, 1981; Holton, 1976), quedando finalmente reducido el proceso de creación a una reconstrucción escrita más sencillo y lineal de cómo se dio en la base real de investigación.

b) A nivel del progreso de las teorías, como conocimiento compartido por una comunidad científica, se dan procedimientos (Khun, 1981; Lakatos, 1983) bien diferentes a las regulaciones que tienen lugar en el sujeto por sus interacciones naturales (Piaget, 1978b) y sociales. Las aportaciones individuales al cuerpo de conocimientos científicos sufren una reconstrucción racional por parte

de la comunidad científica, de modo que es usual que las distintas aportaciones parezcan relacionadas casualmente cuando nada de esto se dio en realidad (Holton, 1976; Holton, 1982).

- Si la génesis de las ideas y los métodos de producción se dan en el desarrollo cognoscitivo del sujeto de forma diferente a como se opera en el desarrollo científico, es lógico que las construcciones de conocimiento sean también diferentes. Por esto, existen muchos contenidos científicos –también académicos– que no tienen significado para el alumno, generalmente a consecuencia de que éste no posee esquemas cognoscitivos que le permita asimilarlos y, también lo contrario, conocimientos peculiares del alumno que no suelen presentar ningún tipo de correspondencia o analogía con los contenidos académicos; dicho de otro modo, la respuesta o enfoque del alumno frente a un deter-

minado problema es muy diferente a como se puede abordar desde una perspectiva científica o académica. Estas diferencias son tanto mayores en la medida que consideramos sujetos de nivel cognoscitivo inferior al formal (Piaget, 1977).

- Lo que es objeto de ser tratado como problema por el alumno es considerablemente diferente a los



problemas del científico (Piaget, 1977; Sebastia, 1989; 1992), así 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, longitud (Piaget e Inhelder, 1971; Piaget e Inhelder, 1948) son contenidos cognoscitivos del alumno bastante diferentes a los que se dan en el seno del cuerpo de conocimientos en ciencias y, sin embargo, tienen una gran importancia para entender las concepciones y la evolución cognoscitiva del alumno.

Estas diferencias entre el conocimiento del alumno y el académico y científico, obligan a revisar las propuestas didácticas desde la PCC, considerando por tanto las que se hacen desde la PCA.

Todas las propuestas didácticas desde la PCC adolecen de un mismo problema: no tener en cuenta los conceptos, procesos y mecanismos de asimilación que pone en juego el alumno en su aprendizaje; suponerlos

análogos a los de la Epistemología de la Ciencia queda, en términos generales, desautorizado debido a las importantes diferencias –tanto a nivel conceptual como procesual– entre los dos planos. Es plausible pensar que, de forma complementaria, la PCA vendría a cubrir las debilidades del PCC.

Sin negar las mejoras para la enseñanza que suponen las propuestas didácticas desde la PCC, sería necesario realizar una verdadera acomodación de los procesos de enseñanza a las peculiaridades cognoscitivas del alumno, procurando no delimitar éstas desde una perspectiva científica (Marín y Jiménez Gómez, 1992; Jiménez Gómez, Solano y Marín, 1994) –las diferencias entre ambos planos lo desaconseja– sino desde contextos más cercanos al alumno (Marín, 1997).

Estos planteamientos tienen indudables implicaciones para la formación del docente o investigador en el ámbito de la Didáctica de las Ciencias (E)

Bibliografía

- AMBIMBOLA, I.O. (1988)** "The problem of terminology in the study of student conceptions in science". *Science Education*, Vol. 72, N° 2, pp. 175-184.
- ACEVEDO, J.A. (1996)** "La formación del profesorado de enseñanza secundaria y la educación CTS. Una cuestión problemática". *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, N° 26, pp. 131-144.
- ADEY, P.S. (1987)** "A Response to 'Towards a Lakatosian Analysis of Piagetian and Alternative Conceptions Research Programs'". *Science Education*, Vol. 71, N° 1, pp. 5-7.
- ALIBERAS, J., GUTIERREZ, R. e IZQUIERDO, M. (1989)** "La didáctica de las ciencias: una empresa racional". *Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 7, N° 3, pp. 277-284.
- ALONSO, V., GONZALEZ, A. y SAENZ, O. (1988)** "Estrategias operativas en la resolución de problemas matemáticas en el ciclo medio de la E.G.B.". *Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 6, N° 3, pp. 251-264.
- APOSTEL, L. (1986)** "Construcción y validación en la epistemología contemporánea". (pp. 100-135). En: **J. Piaget y otros.** *Construcción y validación de las teorías científicas*. Argentina: Paidós.
- AUSUBEL, D.P. (1982)** *Psicología educativa, "Un punto de vista cognoscitivo"*. México: Trillas.
- AUSUBEL, D.P., NOVAK, J.D. y HANESIAN, H. (1986)** *Psicología educativa. Un punto de vista cognoscitivo*. México: Trillas.
- BAENA CUADRADO, M.D. (1993)** "La "ciencia" del profesorado, enseñanza de las ciencias y aprendizaje científico". *Enseñanza de las Ciencias* (IV Congreso), N° Extra, pp. 25-26.
- BORASI, R. (1986)** "On the nature of Problems". *Educational Studies in Mathematics*, N° 17, pp. 125-141.
- BRNA, P. (1987)** "Confronting dynamics misconceptions". *Instructional Science*, N° 16, pp. 351-379.
- BURBULES, N.C. y LINN, M.C. (1991)** "Science Education and Philosophy of Science: congruence or contradiction?". *International Journal of Science Education*, Vol. 13, N° 3, pp. 227-241.
- CALATAYUD, M.L. y GIL PEREZ, D. (1993)** "La preparación docente del profesorado de facultades de ciencias: una necesidad emergente". *Enseñanza de las Ciencias* (IV Congreso), N° Extra, pp. 35-36.
- CAÑAL, P. (1995)** "Formación inicial y permanente del profesorado de Primaria" (pp. 3-12). En: *Actas "La Didáctica de las Ciencias Experimentales a Debate"*. XV Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Manga del Mar Menor (Murcia).
- COLL, C. (1993)** "Psicología y Didácticas: una relación a debate". *Infancia y aprendizaje*, N° 62, pp. 59-75.
- CRISCUOLO, G. F. (1987)** "¿Pueden interpretarse las preconcepciones a la luz de las teorías del aprendizaje?". *Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 5, N° 3, pp. 231-234.
- DE MANUEL, E. (1995)** "Didáctica de la Química. Orientación y tutorías en Prácticas de Enseñanza". (Proyecto docente, Universidad de Granada).
- DRIVER, R. (1986)** "Psicología cognoscitiva y esquemas conceptuales de los alumnos". *Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 4, N° 1, pp. 3-15.

- DUSCHL, R.A. (1994)** "Editorial Policy Statement and Introduction". *Science Education*, Vol. 78, N° 3, pp. 203-208.
- DUSCHL, R.A. y GITOMER, D.H. (1991)** "Epistemological Perspectives on Conceptual Change: Implications for Educational Practice". *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 28, N° 9, pp. 839-858.
- ERAZO, M.A., CARDENAS, F.A. y SALCEDO, L.E. (1994)** "Investigación científica y formación de docentes en Ciencias". *Actualidad Educativa*, Vol. 1, N° 2-3, pp. 22-30.
- FELDMAN, C.F. (1990)** "El pensamiento a partir del lenguaje: la construcción lingüística de las representaciones cognitivas". En: **J. Bruner y H. Haste**. *La elaboración del sentido. La construcción del mundo por el niño*. Barcelona: Paidós.
- FOSNOT, C.T. (1993)** "Rethinking Science Educación: A Defense of Piagetian Constructivism". *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 30, N° 9, pp. 1189-1201.
- FURIO, C.J. y GIL, D. (1989)** "La Didáctica de las Ciencias en la Formación inicial del profesorado: una orientación y un programa teóricamente fundamentados". *Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 7, N° 3, pp.257-265.
- FURIO, C.J. (1994)** "Tendencias actuales en la formación del profesorado de Ciencias". *Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 12, N° 2, pp. 188-199.
- GIL, D. (1991)** "¿Qué hemos de saber y saber hacer los profesores de Ciencias?". *Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 9, N° 1, pp. 69-77.
- 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*, Vol. 11, N° 2, pp. 197-212.
- GIL, D. (1994)** "Diez años de investigación en Didáctica de las Ciencias: realizaciones y perspectivas". *Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 12, N° 2, pp. 154-164.
- GIL, D. (1994)** "Relaciones entre conocimiento escolar y conocimiento científico". *Investigación en la Escuela*, N° 23, pp. 17-32.
- GIL, D., DUMAS, A., CAILLOT, M., MARTINEZ TORREGROSA, J. y RAMÍREZ, L. (1988)** "La resolución de problemas de lápiz y papel como actividad de investigación". *Investigación en la Escuela*, N° 6, pp. 3-20.
- GIL, D., MARTINEZ TORREGROSA, J. y SENENT, F. (1988)** "El fracaso en la resolución de problemas de Física: una investigación orientada por nuevos supuestos". *Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 6, N° 2, pp. 131-146.
- GOMEZ, M.A., POZO, J.I., SANZ, A. y LIMON, M. (1992)** "La estructura de los conocimientos previos en Química: una propuesta de núcleos conceptuales". *Investigación en la Escuela*, N° 18, pp. 23-40.
- GUNSTONE, R.F. y WATTS, M. (1989)** "Fuerza y movimiento". (pp. 137-167). En: **Driver, R. y otros**. *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia*. Madrid: Morata/MEC.
- GUTIERREZ, R. (1990)** "La formación del profesorado de Ciencias. Puntos para debate". (pp. 101-109). En: **Daniel Gil**. *La formación de formadores de Didáctica de las Ciencias*. Valencia: NAU.
- HASHWEH, M.Z. (1986)** "Toward an explanation of conceptual change". *European Journal of Science Education*, Vol. 8, pp. 229-249.
- HEWSON, P.W. (1981)** "A conceptual change approach to learning science". *European Journal of science education*, Vol. 3, pp. 383-396.
- HEWSON, P.W. (1990)** "La enseñanza de 'fuerza y movimiento' como cambio conceptual". *Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 8, N° 2, pp. 157-171.
- HEWSON, P.W. y THORLEY, R. (1989)** "The conditions of conceptual change in the classroom". *International Journal of Science Education*, Vol. 11, N° 5, pp. 541-553.
- HODSON, D. (1985)** "Philosophy of Science, Science, Science and Science Education". *Studies in Science Education*, N° 12, pp. 25-67.
- HODSON, D. (1992)** "In search of a meaningful relationship: an exploration of some issues relating to integration in science and science education". *International Journal of Science Education*, Vol. 14, N° 5, pp. 541-566.
- HOLTON, G. (1976)** *Introducción a los conceptos y teorías de las Ciencias Físicas*. Barcelona: Reverté. (Ver. Orig. Introduction to Concepts and theories in Physical Science. Addison-Wesley, Massachusetts. 1952).
- HOLTON, G. (1982)** *Ensayos sobre el pensamiento científico en la época de Einstein*. Madrid: Alianza Universitaria.
- JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M.P. (1991)** "Cambiando las ideas sobre el cambio biológico". *Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 9, N° 3, pp. 248-256.
- JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M.P. (1992)** "El desarrollo cognitivo y afectivo: objetivos de la Enseñanza de las Ciencias". (pp. 13-24). En: **Jiménez Aleixandre y otros**. *Didáctica de las Ciencias Naturales*. Madrid: MEC.
- JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M.P., ALVADALEJO, C. y CAAMAÑO, A. (1992)** *Didáctica de las Ciencias de la Naturaleza*. Madrid: MEC.
- JIMÉNEZ GOMEZ, E., SOLANO, I. y MARIN, N. (1994)** "Problemas de terminología en estudios realizados sobre "lo que el alumno sabe" en Ciencias". *Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 12, N° 2, pp. 235-245.
- JIMÉNEZ GOMEZ, E., SOLANO, I. y MARIN, N. (1997)** "Evolución de la progresión de la delimitación de las "ideas" de alumno sobre fuerza". *Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 15, N° 3, pp. 309-328.
- KELLY, G.J. (1997)** "Research traditions in comparative context: a philosophical challenge to radical constructivism". *Science Education*, Vol. 81, N° 3, pp. 355-375.
- KOULAIDIS, V. y OGBORN, J. (1989)** "Philosophy of science: an empirical study of teachers' views". *International Journal of Science Education*, Vol. 11, N° 2, pp. 173-184.
- KUHN, T.S. (1981)** *La estructura de las revoluciones científicas*. Madrid: Fondo de Cultura Económica.
- LAKATOS, I. (1983)** *La metodología de los programas de investigación científica*. Madrid: Alianza Universitaria.
- LAWSON, A.E. (1983)** "Predicting Science achievement: the role of development level, disembedding ability, mental capacity, prior knowledge and beliefs". *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 20, N° 2, pp. 117-129.

- LAWSON, A.E. (1993) "Deductive reasoning, brain maturation, and science concept acquisition: Are the linked?". *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 30, N° 9, pp. 1029-1051.
- LAWSON, A.E. (1993) "Inductive-deductive versus Hypothetic-deductive reasoning: A reply to Yore". *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 30, N° 6, pp. 613-614.
- LAWSON, A.E., BAKER, W.P., DIDONATO, L., VERDI, M.P. y JOHNSON, M.A. (1993) "The role of hypothetic-deductive reasoning and physical analogues of molecular interactions in conceptual change". *Journal of research in Science Teaching*, Vol. 30, N° 9, pp. 1073-1085.
- LOPEZ RUPEREZ, F. (1990) "Epistemología y didáctica de las ciencias. Un análisis de segundo orden". *Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 8, N° 1, pp. 65-74.
- MARIN, N. (1991) *Criterios de Actuación Didáctica*. Almería: El autor.
- MARIN, N. (1995) *Metodología para obtener información del alumno de interés didáctico*. Almería: Servicio de Planificaciones de la Universidad de Almería.
- MARIN, N. (1996) "Referentes teóricos para fundamentar la enseñanza de las Ciencias". *Actualidad Educativa*, Vol. III, N° 1, pp. 26-33.
- MARIN, N. (1997) *Fundamentos de Didáctica de las Ciencias Experimentales*. Almería: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Almería.
- MARIN, N., JIMÉNEZ GOMEZ, E. y BENARROCH, A. (1997) "Delimitación de 'lo que el alumno sabe' a partir de objetivos y modelos de enseñanza". *Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 15, N° 2, pp. 215-224.
- MARIN, N. y BENARROCH, A. (1994) "A comparative study of Piagetian and constructivist work on conceptions in science". *Int. J. Sci. Educ.*, Vol. 16, N° 1, pp. 1-15.
- MARIN, N. y JIMENEZ GOMEZ, E. (1992) "Problemas metodológicos en el tratamiento de las concepciones de los alumnos en el contexto de la filosofía e historia de la Ciencia". *Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 10, N° 3, pp. 335-339.
- MARTINEZ AZNAR, M.M. (1990) "Perspectivas sobre tipos y resolución de problemas. Cambio educativo y desarrollo profesional". Sevilla: Actas del VII Jornadas de Estudio sobre la Investigación en la Escuela, pp. 38-44.
- MARTINEZ TORREGROSA, J., DOMÉNECH, J.J. y VERDÚ, R. (1993) "Del derribo de ideas al levantamiento de puentes: 'La Epistemología de la Ciencia como criterio organizador de la enseñanza de las ciencias Física y Química'". *Curriculum*, N° 6, pp. 67-89.
- MATTHEWS, M.R. (1990) "History, Philosophy and Science Teaching: A Rapprochement". *Studies in Science Education*, Vol. 18, pp. 25-51.
- MATTHEWS, M.R. (1994) "Historia, Filosofía y Enseñanza de las Ciencias: La aproximación actual". *Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 12, N° 2, pp. 255-277.
- MATTHEWS, M.R. (1994) "Vino viejo en botellas nuevas: un problema con la epistemología constructivista". *Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 12, N° 1, pp. 79-88.
- MAYER, R.E. (1986) *Pensamiento, resolución de problemas y cognición*. Barcelona: Paidós.
- MELLADO, V. y CARRACEDO, D. (1993) "Contribuciones de la filosofía de la ciencia a la Didáctica de las Ciencias". *Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 11, N° 3, pp. 331-339.
- MEMBIELA, P. (1997) "Una revisión del movimiento educativo ciencia-tecnología-sociedad". *Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 15, N° 1, pp. 55-57.
- MONK, M. (1990) "A Genetic Epistemological Analysis of Data on Children's ideas about Didáctica de las Ciencias electrical circuits". *Research in Science & technological Education*, Vol. 8, N° 2, pp. 133-143.
- MONK, M. (1991) "Genetic Epistemological notes on recent research into children's understanding of light". *International Journal of Science Education*, Vol. 13, N° 3, pp. 255-270.
- MOREIRA, M.A. (1994) "Diez años de la Revista Enseñanza de las Ciencias: de una ilusión a una realidad". *Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 12, pp. 147-153.
- NAIAZ, M. (1989) "The relationship between M-Demand, Algorithms, Problem Solvin: A Neopiagetian Analysis". *Journal of Chemical Education*, Vol. 66, N° 5, pp. 422-424.
- NAIAZ, M. (1991) "Correlates of formal operational reasoning: a neo-peagetian analysis". *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 28, N° 1, pp. 19-40.
- NAIAZ, M. (1991) "Role of the Epistemic Subject in Piaget's genetic Epistemology and it's importance for Science Education". *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 28, N° 7, pp. 569-580.
- NOVAK, J.D. (1988) "Constructivismo humano: un consenso emergente". *Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 3, N° 6, pp. 213-223.
- OSBORNE, J.F. (1996) "Beyond Constructivism". *Science Education*, Vol. 80, N° 1, pp. 53-82.
- PACCA, J.L.A. y SARAIVA, J.A.F. (1989) "Causalidad y operaciones en la interpretación de las concepciones espontáneas". *Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 7, N° 3, pp. 266-270.
- PERALES, F.J. (1992) "Desarrollo cognitivo y modelo constructivista en la enseñanza-aprendizaje de las Ciencias". *Rvta. Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, N° 13, pp. 173-189.
- PERALES, F.J. (1993) "El constructivismo en la Didáctica de las Ciencias, 'Luces y sombras'". Cáceres: XIV Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales.
- PIAGET, J. (1977) *Epistemología genética*. Argentina: Solpin. (Ver. Orig. Depistemologie genetique. París: Presses Universitaires de France, 1970).
- PIAGET, J. (1977) *Lógica y Psicología*. Argentina: Solpin. (Ver. Orig. Logic and Psychology. New York: Manchester University Press, 1953).

- PIAGET, J. e INHELDER, B. (1948)** *La representation de l'espace chez l'enfant*. París: PUE.
- PIAGET, J. e INHELDER, B. (1971)** *El desarrollo de las cantidades en el niño*. Barcelona: Nova Terra. (Ver. Orig. *Le Developpement des quantités physiques*. París: Delachaux & Niestle, 1941).
- POLYA, G. (1945)** *How to solve it*. Nueva Jersey: Pricenton University Press.
- POLYA, G. (1968)** *Mathematical discovery*. Nueva York: Wiley.
- POMES RUIZ, J. (1991)** "La metodología de resolución de problemas y el desarrollo cognitivo: un punto de vista postpiagetiano". *Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 9, N° 1, pp. 78-82.
- POSNER, G.J., STRIKE, K.A., HEWSON, P.W. y GERTZOG, W.A. (1982)** "Accomodation of a Scientific Conception: Toward a Theory of conceptual change". *Science Education*, Vol. 66, N° 2, pp. 211-227.
- POZO, J.I. (1987)** *Aprendizaje de la Ciencia y pensamiento causal*. Madrid: Visor.
- POZO, J.I. (1993)** "Psicología y Didáctica de las Ciencias de la Naturaleza ¿Concepciones alternativas?". *Infancia y aprendizaje*, N° 62, pp. 187-204.
- POZO, J.I. GOMEZ CRESPO, M.A., LIMON, M. y SERRANO SANZ, A. (1991)** *Procesos cognitivos en la comprensión de las ciencias: las ideas de los adolescentes sobre la Química*. Madrid: CIDE (MEC).
- POZO, J.I., SANZ, A., GOMEZ, M.A. y LIMON, M. (1991)** "Las ideas de los alumnos sobre ciencia: una interpretación desde la Psicología cognitiva". *Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 9, N° 1, pp. 83-94.
- POZO, J.I., PEREZ, M., SANZ, A., y LIMON, M. (1992)** "Las ideas de los alumnos sobre la ciencia como teorías implícitas". *Infancia y aprendizaje*, N° 57, pp. 3-22.
- POZO, J.I., PEREZ, M.P., DOMÍNGUEZ, J., GOMEZ, M.A. y POSTIGO, Y. (1994)** *La solución de problemas*. Madrid: Santillana. Aula XXI.
- ROBINSON, W. R. y NIAZ, M. (1991)** "Performance based on instruction by lecture or by interaction and it's relationship to cognitive variables". *International Journal Science Education*, Vol. 13, N° 2, pp. 203-215.
- ROTH, W.M. y MILKENT, M.M. (1991)** "Factors in the development of proportional reasoning strategies by concrete operational college students". *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 28, N° 6, pp. 553-566.
- SALINAS DE SANDOVAL, J. y COLOMBO DE CUDMANI, L. (1993)** "Epistemologías docentes intuitivas y estrategias educativas en Física". *Enseñanza de las Ciencias (IV Congreso)*, N° Extra, pp. 127-128.
- SALTIER, E. y VIENTO, L. (1985)** "¿Qué aprendemos de las semejanzas entre las ideas históricas y el razonamiento espontáneo de los estudiantes?". *Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 3, N° 2, pp. 137-145.
- SEBASTIA, J.M. (1989)** "El constructivismo: un marco teórico problemático". *Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 7, N° 2, pp. 158-161.
- SEBASTIA, J.M. (1993)** "¿Cuál brilla más?: Predicciones y reflexiones acerca del brillo de las bombillas". *Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 11, N° 1, pp. 45-50.
- SHAYER, M. y ADEY, P. (1984)** "La ciencia de enseñar Ciencia, 'Desarrollo cognoscitivo y exigencias del currículo'". Madrid: Narcea.
- SHAYER, M. y ADEY, P.S. (1992)** "Accelerating the development of formal thinking in the middle and high school students III: Testing the permanence of effects". *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 29, N° 10, pp. 1101-1115.
- SHAYER, M. y ADEY, P.S. (1993)** "Accelerating the development of formal thinking in the middle and high school students IV: three years after a two years intervention". *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 30, N° 4, pp. 351-366.
- SOLBES, J. y VILCHES, A. (1993)** "El modelo de enseñanza por investigación y las relaciones C/T/S. Resultados de una experiencia llevada a cabo con alumnos de BUP y COU". *Enseñanza de las Ciencias (IV Congreso)*, N° Extra, pp. 133-134.
- SOLOMON, J. (1994)** "The rise and fall of constructivism". *Studies in Science Education*, N° 23, pp. 1-19.
- STAVY, R. (1990)** "Pupuls' problems in understanding conservation of matter". *International Journal of Science Education*, Vol. 12, N° 3, pp. 501-512.
- STRIKE, K.A. y POSNER, G.J. (1990)** "A revisionist theory of conceptual change". En: **R. Duschl y R. Hamilton** (eds). *Philosophy of Science, Cognitive Science and Educational Theory and Practice*. Nueva York: Suny Press.
- TOULMIN, S. (1972)** "Human understanding Vol I. The collective usage and evolution of concepts". Pricenton: Pricenton University Press. (Trad.cast. *La comprensión humana, I. El uso colectivo y la evolución de los conceptos*. Madrid: Alianza Universitaria, 1977).
- TRUMPER, R. y GORSKY, P. (1993)** "Learning about Energy: The influence of alternative frameworks, cognitive levels, and closed mindedness". *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 30, N° 7, pp. 637-648.
- VILLANI, A. y PACCA, J.L.A. (1990)** "Conceptos espontáneos sobre colisiones". *Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 8, N° 3, pp. 238-243.
- WEIL-BARAIS, A. y LEMEIGNAN, G. (1991)** *Problematiques du changement conceptual*. Granada: Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales.
- YORE, L.D. (1993)** "A comment on 'Hypothetic-deductive reasoning skills and concept acquisition: Testing a constructivist Hypothesis'". *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 30, N° 6, pp. 607-611.