

Evaluación de la investigación sobre cambio conceptual y concepciones alternativas. Una aproximación al estado actual de la didáctica de las ciencias

Nicolás Marín Martínez, Carlos Soto Lombana

Departamento de Didáctica de la Matemática y de las Ciencias Experimentales. Universidad de Almería. España. nicolas.marin@gmail.com

Universidad de Antioquia. Colombia. gecem.udea@gmail.com

[Recibido en noviembre de 2010, aceptado en agosto de 2011]

La revisión de dos de las líneas de investigación más relevantes en el ámbito de la didáctica de las ciencias, las relacionadas con el cambio conceptual y las concepciones alternativas, muestra una serie de debilidades metodológicas y teóricas que son las mismas que se señalan en seminarios de expertos que evalúan este ámbito. Las fallas teóricas y metodológicas sugieren que existen otros compromisos menos racionales para explicar la fuerte producción de trabajos en el ámbito.

Palabras clave: Cambio conceptual, concepciones alternativas, líneas de investigación en didáctica de las ciencias.

Evaluation of conceptual change research and alternative conceptions. An approach to the current state of science education

Reviewing two of the most important lines of research in the field of Science Education, (conceptual change and alternative conceptions), the same series of methodological and theoretical weaknesses pointed out in professional seminars, has been revealed. The theoretical and methodological flaws suggest the existence of other less rational commitments to explain the intense production of works in this field.

Keywords: Conceptual Change, Alternative Conceptions, Lines of Science Education Research.

Introducción

En la década pasada se llevaron a cabo algunos foros y seminarios de expertos donde se evaluó la situación actual de la Didáctica de las Ciencias (DC) como ámbito de conocimiento. Centramos nuestro interés en dos de ellos, cuyos informes han sido publicados:

- Cachapuz, Lopes, Paixão, Praia y Guerra (2004). Estos autores fueron los organizadores del Seminario Internacional sobre el estado actual de la investigación en Enseñanza de las Ciencias, celebrado entre los días 15 y 16 de octubre de 2004 en la Universidad de Aveiro (Portugal), donde participaron importantes expertos de todo el mundo.
- Moreira (2005). Este trabajo recoge las conclusiones y recomendaciones de expertos reunidos en los Encuentros Iberoamericanos sobre Investigación en Educación Básica (Burgos, España), en 2002 y 2004.

El estilo en la redacción de los informes es diferente. Mientras en el seminario de Aveiro se dan sugerencias y direcciones de trabajo para mejorar las debilidades detectadas, en los seminarios de Burgos, con un estilo más explícito y directo, se muestran los puntos débiles del ámbito. A pesar de esta diferencia, ambos informes presentan notables puntos coincidentes en tres aspectos importantes para la didáctica de las ciencias; recogiendo en primer lugar, la opinión del seminario de Aveiro y, en segundo lugar, el de Burgos:

a) Sobre el cuerpo de conocimientos:

- No existe, en la actualidad, una teoría o marco aglutinador consensuado en el ámbito de la educación en ciencias, y parece bastante problemático que se llegue a formular. No obstante, es importante caminar hacia la búsqueda de una coherencia global, para lo que habría que desarrollar y consolidar un cuerpo específico y coherente de conocimientos.
- La mayoría de los trabajos carecen de marco teórico coherente y consistente; es decir, el supuesto referente teórico, cuando existe, no se articula ni con los datos empíricos ni con los análisis de éstos. Se importan referentes teóricos, a veces de manera acrítica, esto es, sin reconstrucción ni adecuación al ámbito de la DC.

b) Sobre investigación:

- Habría que establecer prioridades para la investigación en la enseñanza de las ciencias, según la relevancia para resolver problemas reales y la contribución a la construcción de un cuerpo de conocimiento más coherente. El área, en rápido crecimiento, debería considerar más el tema de la calidad y, para ello, habría que mantener vivo el espíritu de revisión crítica de la investigación, definiendo y validando los criterios de evaluación en relación al impacto de la investigación en la enseñanza de las ciencias.
- Pocas líneas de investigación son progresivas y muchas planificadas a corto plazo y puntuales. Existe bastante producción apresurada y de baja calidad, que es más de aplicación que de producción de conocimiento. Es significativa la fragilidad metodológica tanto en enfoques cualitativos como cuantitativos. La investigación aún no tiene un impacto real en la práctica educativa. Los investigadores del área no aceptan bien la crítica y tampoco la hacen, es decir, falta una tradición crítica en la DC.

c) Sobre la comunidad de la DC:

- La comunidad debería estar organizada en redes multidisciplinares de investigación, tanto nacionales como internacionales, con el fin de mejorar la relevancia, la calidad y la visibilidad de la investigación. Habría que aumentar la comunicación entre profesores e investigadores, mediante otros medios adicionales que van más allá de las meras publicaciones.
- La comunidad muestra importantes debilidades, como por ejemplo, que existen pocos grupos de referencia y sociedades; las revistas no tienen criterios y objetivos muy claros en la revisión de trabajos o la faltan programas fuertes de formación. Además, hay falta de reconocimiento y visibilidad del área por otras de diferente investigación y organismos responsables de política educativa.

A la luz de las conclusiones de los seminarios, surgen muchas preguntas que solicitan respuestas de mayor detalle y concreción:

- Sobre el marco teórico: ¿por qué no existe marco teórico aglutinador, coherente y consistente? ¿Hay trabajos que sí tienen marco teórico? ¿Qué es lo que hace que el ámbito muestre cierto aglutinamiento a pesar de esta ausencia?
- Sobre la investigación: ¿por qué son pocos los trabajos progresivos y muchos los puntuales y diseñados a corto plazo? ¿A qué se debe la falta de progresión del ámbito?
- Sobre la comunidad: ¿a qué se deben los problemas de formación y comunicación de expertos? ¿Existen diferentes tipos de formación?

- Sobre calidad de la producción: ¿por qué se insiste en mejorar la calidad de la producción? ¿A qué se debe el bajo sentido crítico? ¿Por qué son tan divergentes y relativos los criterios de evaluación?

Para indagar sobre las cuestiones anteriores y profundizar en las causas que han llevado a los expertos a formular sus críticas, se traza el siguiente plan de trabajo:

- a) Evaluar dos de las líneas de investigación más relevantes de la DC, analizando con detalle sus apoyos, fundamentos, metodologías y resultados. Usaremos para este fin una serie de revisiones publicadas por los autores de este trabajo.
- b) A partir de los datos obtenidos en la revisión, analizar los contenidos de la DC que pudieran estar desempeñando el papel de núcleo teórico, evaluar si existen ausencias de contextos teóricos que deberían estar presentes, sondear sobre los problemas de formación de expertos en DC e indagar sobre los compromisos y heurísticas del ámbito.

Se hace notar que este trabajo aborda la revisión de dos líneas de investigación a través de los resultados de otras publicaciones, en su mayoría de los propios autores. Se advierte que quizá por esto pudieran parecer algunos argumentos poco soportados cuando se muestran fuera del contexto que les da cobertura.

Fuentes bibliográficas usadas para evaluar las líneas de investigación del CC y CA

De las diferentes investigaciones llevadas a cabo en el ámbito de la DC, se han elegido dos de las más relevantes, las que versan sobre el denominado *cambio conceptual* (CC) y *las concepciones alternativas* (CA). Las razones para centrarnos en estas dos líneas de investigación del ámbito de DC han sido las siguientes:

- a) Ambas líneas contienen una muestra representativa de trabajos empíricos que hacen uso de metodologías cuantitativas y cualitativas. En ambas líneas existe siempre una fase empírica, donde se aplican cuestionarios y se categorizan e interpretan las respuestas del alumno o se lleva a cabo una experiencia de clase. Interesa de manera especial, porque en la fase empírica hay que tomar decisiones ante inquietudes como: ¿qué tipo de preguntas se insertan en el cuestionario? ¿Cómo se categorizan las respuestas del alumno? ¿Cómo se interpretan los datos? ¿Cómo se hace intervenir la información del alumno en el diseño de enseñanza? ¿Cuál es la mejor estrategia de enseñanza para que la probabilidad de aprendizaje sea mayor?, entre otras. Esta estructura de investigación hace posible analizar qué criterios o supuestos teóricos subyacen en la toma de decisiones. Por ejemplo, si el trabajo muestra de manera explícita su marco teórico, es posible evaluar los vínculos entre los criterios reales y los declarados en la toma de decisiones.
- b) Entre 1998 y 2002, ambas líneas de investigación representaban la cuarta parte de las publicaciones del ámbito de la DC (Tsai y Wen, 2005) en las revistas más importantes del ámbito. Este porcentaje ha disminuido para el periodo entre 2003 y 2007 al 15%; aun así, todavía sigue siendo un porcentaje significativo (el segundo tras la línea “contextos de aprendizaje”) dado que parte del porcentaje que pierde CA está recogido en “cuestiones sobre enseñanza” con 14% (Lee, Wu y Tsai, 2009). En cuanto a la línea CC, continúa levantando un vivo interés en la comunidad como el marco más poderoso para investigación sobre la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias de los últimos treinta años (Duit, Treagust y Widodo, 2008; Taber, 2011; Vosniadou, 2008).

En síntesis, aunque en los últimos años se han realizado menos trabajos sobre CA y CC, la suma de trabajos de ambas líneas de investigación ofrece una imagen razonablemente

aproximada de las investigaciones del ámbito de la DC que incluyen fase de constatación empírica con datos tomados en la clase de ciencias.

En cuanto a las muestras de artículos usados en la revisión, este trabajo retoma los análisis y resultados de otras revisiones, seis realizadas por los autores de este trabajo (junto a colaboradores) y una ajena (Guzzetti, Snyder, Glass y Gamas, 1993). Directa o indirectamente y eliminando solapamientos, se ha contabilizado el manejo de una muestra superior a doscientos trabajos entre trabajos sobre CC y CA que, de un modo u otro, han sido objeto de revisión y análisis.

Fuentes de investigación usadas para evaluar la línea de investigación CC

La revisión y evaluación de las investigaciones sobre CC se lleva a cabo con el apoyo de tres revisiones:

- Guzzetti *et al.*, (1993) llevaron a cabo un meta-análisis de las aportaciones didácticas de estudios de investigación publicadas en los congresos, en las tesis doctorales y en las revistas internacionales. Este meta-análisis pone al descubierto un grupo muy importante de tratamientos experimentales que los investigadores catalogaron bajo la denominación de *CC en sentido laxo*, tanto en el campo de la lectura comprensiva en ciencias como en la investigación en la DC. Para el caso específico de la DC, se eligieron 47 trabajos, de los cuales 19 fueron publicados en las revistas más influyentes del ámbito de la DC, siguiendo los siguientes criterios: a) el estudio debía ser conducido dentro del aula; b) su diseño debía estar dirigido a probar experimentalmente los efectos de una intervención para cambiar una(s) *concepción(es)* particular(es); y c) el informe de investigación debía contemplar los suficientes datos estadísticos para llevar a cabo el meta-análisis. Este trabajo aporta importantes datos sobre la metodología de los trabajos analizados, pero no estudia directamente los compromisos teóricos de éstos.
- Soto, Otero y Sanjosé (2005). A partir de una extensa búsqueda bibliográfica, que combinó el uso de la base de datos ERIC y la búsqueda manual en cuatro de las revistas más prestigiosas del ámbito de la DC en el período comprendido entre 1981 y 2001 (según esta revisión, en estas revistas se concentra el 78,5% de la totalidad de publicaciones sobre CC), se eligieron 65 trabajos sobre CC, en los que el grado de explicitación de fundamentos y metodología permitían un análisis adecuado. Este trabajo contempló un análisis de los compromisos epistemológicos y sus desfases con los compromisos declarados por los autores y aportó datos para perfilar el núcleo firme de esta línea de investigación y su heurística. Este artículo es una porción del trabajo de investigación llevado a cabo por el primer autor y presentado como tesis doctoral (Soto, 2003).
- Marín (1999). Trabajo donde se realizó una evaluación empírica y teórica del CC. En la parte empírica se exponían diversas investigaciones de aula, donde quedaba en evidencia que la investigación de CC es sólo una posibilidad más entre otras estrategias de enseñanza posibles. El análisis teórico de los conflictos cognitivos desde una perspectiva psicológica percibe poco probable el aprendizaje tal y como lo entiende el CC.

Fuentes de investigación usadas para evaluar la línea de investigación CA

Los trabajos que a continuación se citan, realizados en los últimos veinte años, revisan un número superior al centenar de trabajos sobre CA, en distintos tópicos científicos, aunque ha sido en estática, dinámica y naturaleza corpuscular de la materia donde la muestra es especialmente significativa.

A continuación se sintetizan algunos de los trabajos más significativos a los que puede acudir el lector para encontrar justificaciones y fundamentos a los argumentos críticos que se harán más adelante. Los trabajos escogidos muestran, además, cuál ha sido el progreso de la investigación del grupo de autores que a continuación se citan.

- Marín y Jiménez-Gómez (1992). En este trabajo se mostraba que el uso exclusivo de la filosofía e historia de las ciencias, para buscar e interpretar las manifestaciones cognitivas del alumno, falsea, sesga o tergiversa la recogida de información. Surge este trabajo al comparar la información obtenida en el marco de las CA a lo largo de la década de los ochenta, con aquella otra que obtuvo Jean Piaget en las décadas del cincuenta, sesenta y setenta. Para nosotros, el retroceso era evidente y así lo hicimos ver en trabajos posteriores. Así, en Marín y Benarroch (1994), usando una muestra de cuarenta trabajos, se hizo un estudio comparativo sobre las concepciones encontradas en los alumnos, en dos tópicos muy recurridos en la literatura: mecánica y naturaleza corpuscular de la materia. El resultado fue que pocas novedades se aportaban respecto al trabajo piagetiano; éste aportaba más información de interés didáctico.
- Jiménez-Gómez, Solano y Marín (1997). En esta publicación se analizó la progresión en los resultados obtenidos por los diferentes trabajos que habían abordado las “ideas” de los alumnos sobre *dinámica*, en dos períodos de tiempo sucesivos: 1979-1985 y 1985-1995. Se usó, para ello, una selección de veintinueve artículos, once correspondientes al primer período y dieciocho al segundo período. Todos ellos eran relativos al tópico de fuerza. Se establecieron ciertos criterios para poder comparar los diferentes trabajos seleccionados. Los resultados mostraron que prácticamente no había existido progresión significativa en las aportaciones del segundo período respecto al anterior.
- Marín, Solano y Jiménez-Gómez (2001). Trata de encontrar respuestas a la falta de progresión de la línea de investigación de CA. Sobre una selección de veintinueve artículos sobre el tópico de *dinámica*, se realizó un análisis detallado de los fundamentos teóricos y la correspondiente metodología. Se muestra allí que la ausencia de un contexto teórico adecuado para buscar e interpretar las concepciones del alumno y el uso de una metodología poco cuidadosa para revisar la fiabilidad y validez de los datos son las posibles causas de la falta de progresión.
- Jiménez-Gómez, Benarroch y Marín (2006). En este trabajo se propone un contexto teórico y una metodología que intenta minimizar los sesgos al buscar e interpretar las concepciones del alumno. La propuesta tiene como punto fuerte su capacidad para seleccionar eficazmente aquella información del alumno que mejor refleja su conocimiento.

En el apartado siguiente se expone una síntesis de las conclusiones obtenidas de los anteriores trabajos citados. Se reitera la advertencia de que los datos pudieran parecer poco soportados cuando están suficientemente contrastados en sus fuentes originales. La exposición resumida de datos ha sido impuesta por la limitación de la extensión del trabajo.

Síntesis de las conclusiones más relevantes obtenidas de las investigaciones sobre cambio conceptual

Los tres trabajos de revisión de investigaciones sobre CC coinciden en destacar los siguientes puntos críticos:

La mayoría de los trabajos carecen de modelo o teoría de referencia para fundamentar la investigación

En la identificación de los principales fundamentos o teorías que guían la investigación del cambio conceptual, se encuentra que el 67,7% de trabajos no siguen modelo teórico alguno. Además, se constata que un porcentaje semejante al anterior, declara seguir el modelo o teoría de CC y, sin embargo, no se encuentra ningún compromiso real con éste en la toma de decisiones de las diferentes fases de la investigación (Soto *et al.*, 2005).

Analizada con más detalle la bibliografía de la muestra consultada, se visualiza mejor el panorama de estas carencias teóricas:

- *El núcleo de trabajos y autores más citados pertenecen al ámbito de la DC.* En efecto, la mayor parte de las referencias bibliográficas se refieren a un reducido grupo de autores pertenecientes al ámbito de la DC (Soto, 2003).

A la vez, el análisis de citas de otros ámbitos de conocimiento, pone de manifiesto que la mayor parte de las investigaciones sobre cambio conceptual no requieren el apoyo teórico en epistemología contemporánea o psicología (Marín, 1999; Soto *et al.*, 2005). Esta falta de apoyo en otras áreas de conocimiento afines completan las carencias teóricas de la mayoría de los trabajos seleccionados.

Al aplicar una experiencia de cambio conceptual aparecen fenómenos de orden psicológico necesitados de explicación, sin embargo la propuesta de CC donde subyace cómo se produce el conflicto cognitivo es poco probable que se dé desde una perspectiva mejor fundamentada psicológicamente (Marín, 1999). De hecho, sus autores iniciales (por ejemplo, Hewson, 1981; Hewson y Thorley, 1989; Posner, Strike, Hewson y Gertzog, 1982; Strike y Posner, 1992) hacen la propuesta basándose en supuestos paralelismos entre el progreso de las ciencias y el aprendizaje del aprendiz. Es difícil que acierten en sus propuestas y previsiones de aprendizaje, dadas las notables diferencias que existen entre el conocimiento de ciencias y el del alumno (Marín, 2003a).

Otro resultado relevante que muestra la ausencia de compromisos teóricos en el CC, es que el 34% de los trabajos que dicen fomentar el cambio conceptual, lo hacen con otro tipo de estrategia de enseñanza como aprendizaje cooperativo, uso del ordenador, analogías y modelos mentales, uso de argumentos históricos, texto a refutar, sustitución conceptual, etc. (Soto *et al.*, 2005).

Excesiva producción individual atomizada y fragmentada

El estudio bibliométrico de citas cruzadas muestra que los vínculos entre trabajos es muy débil y, de hecho, no es frecuente citar estudios anteriores que hayan abordado el mismo tema (Soto *et al.*, 2005). Así, en la mayoría de las publicaciones no se han encontrado evidencias de que los autores se apoyen en los resultados y conclusiones de trabajos anteriores (también, Moreira, 2005). Este dato es tanto más significativo si se tiene en cuenta que buena parte de la muestra se obtuvo de las revistas más influyentes del ámbito de la DC.

También hay debilidades en lo que podríamos llamar “*desfase entre citas declaradas y apoyos reales*”. En efecto, es frecuente ver que no se continúa la cita con el lógico compromiso con la obra citada. Se suele citar obras y autores de prestigio, más para “subirse al carro” o para alinearse en un marco de investigación con cierta entidad, que para realizar un apoyo real en la obra citada (Duit, 1999, 2006; Soto *et al.*, 2005).

Mediocre calidad metodológica en las investigaciones empíricas

Un análisis de la *validez interna* para los trabajos de corte cuantitativo (probabilidad de que existan otras variables que sean causa de un efecto diferente a la considerada) y de la *credibilidad* para los trabajos cualitativos (condiciones para evitar sesgos) muestra que sólo el 30,7% de los estudios cuantitativos y el 39,4% para estudios cualitativos, poseen aceptables estándares metodológicos (Soto et al., 2005). Este resultado es semejante al obtenido por (Guzzetti et al., 1993), donde sólo el 25% de los trabajos cuantitativos presentan una alta calidad metodológica. En esta línea, es recurrente en la literatura solicitar a la comunidad de investigadores de DC el ser más cuidadosos con los procedimientos para el control de la calidad (Jenkins, 2000; Moreira, 2005).

Síntesis de las conclusiones más relevantes obtenidas de las investigaciones sobre CA

Una síntesis ordenada de las conclusiones de las diferentes investigaciones citadas antes en el apartado 2b: “*fuentes de investigación usadas para evaluar la línea de investigación CA*”, es la que sigue:

El contenido académico, cuyas concepciones del alumno se pretende conocer, es el principal referente para buscar e interpretar los datos.

Ésta es la principal característica que determina, en buena medida, el resto de comentarios críticos. Otros contextos teóricos que podrían matizar el criterio disciplinar, tomados por ejemplo de la psicología, no son usados (Marín et al., 2001). No es de extrañar que al comparar el conocimiento académico con el del aprendiz, sus concepciones se vean, a los ojos del investigador, como segmentadas o confusas, cuando en realidad para quien las posee son útiles y eficaces (Pozo y Gómez Crespo, 1998). Esta carencia teórica trae consigo dos consecuencias:

- En la mayoría de los casos, se constata que la estructura de la investigación es inductiva (Marín et al., 2001; Oliva, 1996). Y es que la ausencia de contextos teóricos adecuados al fenómeno que se trata de estudiar, como podrían ser cuestiones sobre la organización y la actividad cognitiva del alumno, impiden al investigador anticipar o realizar previsiones, adelantar hipótesis sobre la presencia de estas ideas, establecer relaciones con otros constructos mentales o usar un método para sondear y tomar la información del alumno que minimice los sesgos y distorsiones.
- La progresión de las investigaciones sobre CA ha sido escasa o prácticamente nula. Esta afirmación es fácil de ser contrastada, usando un sencillo método de comparación entre trabajos de dos o tres períodos diferentes (Jiménez-Gómez et al., 1997). Un trabajo posterior mostró que los factores más plausibles que explican la ausencia de progresión son, por un lado, la falta de un contexto teórico adecuado al fenómeno cognitivo objeto de estudio y, por otro, las deficiencias metodológicas en la búsqueda, identificación e interpretación de las concepciones del alumno (Marín, Jiménez-Gómez y Benarroch, 2004).

Existe un importante desfase entre los apoyos reales y los apoyos bibliográficos citados.

En el análisis de citas bibliográficas, son escasos los trabajos (10%) cuyos apoyos citados permitan formular expectativas que de algún modo modulen el curso posterior de la investigación, dicho de otro modo, lo usual es que las citas para fundamentar el trabajo signifiquen poco o nada para el desarrollo posterior de éste (diseño de cuestionario, clasificación de datos, interpretación de resultados, etc.). Con independencia de los apoyos

citados, lo que más cuenta en la investigación de CA es el conocimiento científico del investigador sobre el objeto de enseñanza (Marín et al., 2001).

Suele ser frecuente, en la literatura del ámbito, declarar como fundamento determinadas propuestas didácticas que carecen de contexto teórico, por lo que cabe cuestionarse cuál es el apoyo real (Sanmartí y Azcárate, 1997). Además, las citas que parecen fundamentar un determinado trabajo no tienen después incidencia en el desarrollo del mismo, lo que hace pensar que las referencias a ciertos autores y etiquetas se hace, más bien, para alinearse en un marco de investigación con cierta entidad (Duschl, 1994).

No es usual analizar la validez y fiabilidad de la información obtenida de los estudiantes.

Sólo un tercio de la muestra analizada utiliza alguna técnica para analizar parcialmente el grado de validez y fiabilidad de los datos (Marín et al., 2001). Los controles para analizar la calidad de los datos deben ser usuales en toda investigación empírica que pretenda cierto grado de carácter científico; pero cuando se trata de sondear e interpretar un fenómeno tan complejo como es el cognitivo, los anteriores controles deberían extremarse. Cuanto menos, habría que ser cuidadosos para:

- Diferenciar las respuestas del alumno que provienen de algunos de sus esquemas de conocimiento, de aquellas otras que son dadas al azar, repiten más o menos la pregunta o simplemente son inventadas.
- Analizar el grado de coherencia de los datos categorizados. Por ejemplo, creando una matriz de casos (sujetos) y variables (categorías), se podría hacer varios tratamientos estadísticos, como correlaciones, análisis de las componentes principales, análisis *cluster*, análisis de correspondencias, etc. Con todo, se debería comprobar si el orden empírico establecido en las categorías es confirmado por el orden estadístico, al tratar la matriz de datos como un todo (validación interna).
- Comparar y establecer relaciones entre la información sobre concepciones del alumno y otras variables cognitivas significativas.

La información que se toma del alumno referente al contenido objeto de enseñanza está sesgada y limitada.

Esta afirmación crítica se ha podido formular en toda su extensión, considerando, además de la revisión crítica de los trabajos, las posibilidades que supone usar otros puntos de vista, diferentes al que ofrece el contenido académico, así:

- La información tomada está sesgada o mal interpretada. Los sesgos observados son, principalmente, consecuencia de usar un contexto teórico inadecuado para buscar e interpretar las concepciones del alumno (Marín et al., 2004). Si a esto añadimos que se ha descuidado estudiar la fiabilidad y validez de los datos obtenidos, se entenderá mejor que los sesgos hayan pasado inadvertidos. Es cierto que siempre se comete sesgo cuando se toma información del conocimiento del alumno, pero también es cierto que se pueden tomar medidas para minimizarlo (Marín, 2003b).
- La información tomada está limitada desde el punto de vista de su utilidad didáctica. A esta conclusión se llegó mediante el análisis de la información obtenida de los trabajos sobre concepciones desde un contexto o referente teórico que muestra con cierta amplitud los constructos y capacidades mentales del estudiante (Jiménez-Gómez et al., 2006), pero es muy posible que no se vea restricción en la información tomada del alumno desde el punto de vista que ofrece el contenido académico (Marín et al., 2001).

Otra información del conocimiento del alumno podría ser de utilidad didáctica:

- *En relación con el conocimiento conceptual del alumno*, sólo se detectan ideas directamente relacionadas con el contenido objeto de enseñanza. Sin embargo, hay dos tipos de concepciones que no son usuales detectar:
 - i. Ideas tomadas frecuentemente de las interacciones cotidianas no ligadas al contenido académico. Estas ideas se pueden detectar al evitar enfrentar al alumno a preguntas directas sobre el contenido académico, colocándolo ante objetos, situaciones y fenomenología relacionadas con éste, y realizando preguntas más indirectas, donde se solicita, al entrevistado, previsiones, explicaciones y establecer relaciones y significados en los datos percibidos.
 - ii. Ideas que se encuentran en un nivel de desarrollo bajo (intuitivo o preoperacional) y que, en el curso de su evolución cognitiva, su distancia al contenido académico irá disminuyendo (Piaget y García, 1973). Estas ideas suelen pasar desapercibidas con cuestionarios diseñados desde el contenido académico (Jiménez-Gómez et al., 2006).

El hecho de que las ideas anteriores sean diferentes o no estén vinculadas con los contenidos académicos, no significa que sean menos importantes que las concepciones del alumno relacionadas por la lógica de la disciplina. En efecto, las ideas de alumno, tanto las que están más relacionadas con el contenido de enseñanza como las que lo están menos, forman parte de su bagaje de conocimientos, por lo que desde la lógica del aprendiz sí que están relacionadas (Piaget, 1977). Además, unas y otras pueden ser usadas por el aprendiz para comprender o asimilar las explicaciones del profesor. Este tipo de ideas es extremadamente difícil de detectar si, para tomar información del alumno, se tiene como referente sólo el contenido académico.

- *En relación con el conocimiento procedimental del alumno*, existen capacidades vinculadas con clasificar datos empíricos, inferir inductivamente, inferir con el pensamiento proporcional, controlar variables o formular hipótesis, que no son consideradas en los trabajos analizados, a pesar de que han mostrado ser determinantes para aprender ciencias (Lawson, 1994; Marín, 1994; Niaz, 1991; Shayer y Adey, 1984). Conocer estas capacidades resulta imprescindible si se pretende una enseñanza de ciencias que sea algo más que transmitir la versión declarativa del contenido académico o que el aprendizaje se limite a simple memorización. Si se procura aprendizajes con posibilidades de transferir lo aprendido, y fomentar habilidades y destrezas propias de la actividad de los científicos, entonces los profesores deberían tener información de las capacidades procedimentales del alumno.

Con las carencias teóricas señaladas y la ausencia de una metodología que contraste mejor la calidad de los datos obtenidos, no resulta difícil explicar la falta de progresión de la investigación sobre CA.

Puntos coincidentes entre la revisión de las investigaciones (CC Y CA)

No hay que pasar por alto las notables coincidencias entre las conclusiones de la evaluación de CC y CA y las obtenidas en los seminarios de expertos de Aveiro y Burgos (Cachapuz et al., 2004; Moreira, 2005). Se ha hallado tres coincidencias generales, seguidas de otras parciales. En las tres primeras se muestran, primero, las afirmaciones de los seminarios, y luego, las encontradas en la revisión de los trabajos de investigación:

- a. La mayoría de los trabajos se desarrollan sin marco teórico y muestran una deficiente articulación entre los apoyos teóricos y la fase empírica de la investigación. Los datos que aportan las revisiones realizadas detallan esta situación: hay un 68% de trabajos que carecen de

modelo o referente teórico para fundamentar la investigación de CC, y un 80% de los trabajos sobre CA no usan contextos teóricos apropiados; es el contenido académico el principal referente para buscar e interpretar los datos. Una información importante que aporta la revisión del CC es que existe una falta de compromiso con el núcleo firme de la investigación, incluso en los trabajos que declaran explícitamente seguirlo (34%).

b. Un buen número de trabajos muestran fragilidad metodológica, por lo que habría que solicitar del investigador, mayor sentido crítico y responsabilidad. En la revisión de los trabajos de investigación se hallan más detalles sobre este particular: así, en los trabajos sobre CC existe mediocre calidad metodológica en cerca del 70% de las investigaciones cuantitativas, y alrededor del 60% en las investigaciones cualitativas; en investigaciones de CA existe un 67% de trabajos que no analizan la validez y fiabilidad de la información obtenida de los estudiantes.

c. En el ámbito de la DC hay una manifiesta falta de diálogo entre expertos, siendo la producción apresurada, puntual y poco articulada con los trabajos sobre el mismo tema. Así, mientras que en la revisión sobre CA se perciben importantes desfases entre los apoyos reales de la investigación y los citados en la bibliografía, en el análisis bibliométrico sobre CC se pone en evidencia que existe una excesiva producción individual, atomizada y fragmentada.

Hay otras coincidencias, pero no tan generales como las anteriormente expuestas. Así, por ejemplo:

d. Tanto en el seminario de Burgos, como en las revisiones anteriormente realizadas, se critica el uso de una deficiente visión psicológica del aprendiz. Se percibe que la propuesta de aprendizaje que se sostiene desde el CC está muy limitada, incluso imposible desde una visión psicológica; por otra parte, la información que se toma del alumno sobre el contenido a enseñar está sesgada y limitada en el caso CA.

e. En el seminario de Burgos y en la revisión sobre CA se señala que las líneas de investigación apenas muestran progresión y que la mayoría de las investigaciones son, más bien, de aplicación que de producción de conocimiento. Sobre este particular, los expertos reunidos en el seminario de Aveiro sugieren hacer más contribuciones a la creación de un marco teórico de conocimientos en el ámbito de la DC.

f. En los seminarios de Aveiro y Burgos se afirma que existen notables deficiencias en la formación de los expertos en DC. Esto también se percibe indirectamente en la revisión de las dos líneas de investigación, cuando se establece que el compromiso teórico de los trabajos evaluados es bajo.

Estas coincidencias vienen a confirmar la fiabilidad de los resultados encontrados en las líneas de investigación de CC y CA. Más aún, es sorprendente que las revisiones CC y CA se desarrollaron de forma independiente, con propósitos, muestras y metodologías diferentes. Es después, al comprobar que existían notables coincidencias, cuando los autores perciben que merecía la pena aunar esfuerzos para realizar esta elaboración.

Reflexiones sobre el estado de la dc y direcciones de progreso

Las coincidencias señaladas aportan bastante información de suficiente fiabilidad para reflexionar y profundizar sobre el estado del ámbito de la DC:

a. Elementos teóricos de uso en DC.

Expertos en DC admiten que, aunque la comunidad inscrita a la DC está bien delimitada, su cohesión no se debe tanto a la existencia de un núcleo teórico firme (Osborne, 1996), como al

uso frecuente de una convergencia de principios explicativos sobre la práctica docente, que aporta un lenguaje específico y consensuado (Solomon, 1994). Tales principios parten de supuestos nada excepcionales y poco exigentes (Duschl, 1994; Millar, 1989; Solomon, 1994), ligados a los problemas de la clase de ciencias.

En la actualidad se percibe un notable esfuerzo para delimitar y acentuar el consenso sobre lo que se puede considerar, para algunos expertos, como *núcleo teórico* de la DC: *la epistemología contemporánea de la ciencia* (por ejemplo, Lederman, 2006; Osborne, Collins, Ratcliffe, Millar y Duschl, 2003; Vázquez, Manassero, Acevedo y Acevedo, 2007). Casi todos los productos didácticos de éxito en DC toman su fundamento en algún aspecto de la actividad y el progreso de las ciencias, como son los cambios de paradigmas, el papel histórico de las concepciones de los científicos, las peculiaridades de la actividad científica, etc. (Marín y Cárdenas, 2011; Marín, Solano y Jiménez-Gómez, 1999).

Ahora bien, como se ha visto en la revisión de las dos líneas de investigación, el endeble o ausente compromiso percibido con la epistemología de las ciencias, en más de dos tercios de la muestra, impide tomarlo como el núcleo teórico de la DC. Incluso suponiendo que existiera un mayor consenso, el contexto teórico que aporta la epistemología de las ciencias es insuficiente e inapropiado para analizar e interpretar fenómenos ligados al aprendizaje de ciencias. Y esto es así porque el conocimiento de ciencias y el del alumno son diferentes y, por tanto, los mecanismos de progreso cognitivo son distintos (Marín, 2003b).

Por los datos encontrados en las revisiones, se podría afirmar que existe un consenso o convergencia mayoritaria para citar a un núcleo reducido de autores de cierta autoridad en DC. En general, los productos didácticos de estos expertos sí están fundamentados en la epistemología de las ciencias. Pero como se ha podido constatar, en la mayoría de trabajos, declarar una cita no implica ningún compromiso teórico. En efecto, las referencias a autoridades se hacen más bien de modo superficial, con el fin de alinearse y dar consistencia a la publicación (Duschl, 1994; Solomon, 1994). Esto explicaría también otra conclusión del análisis de la revisión de líneas de investigación: el desfase entre los apoyos citados en la bibliografía y los realmente usados.

En síntesis, no existe un marco teórico como tal en la DC, pero sí existe cierta convergencia en citar determinados autores del ámbito y usar un lenguaje y unos principios explicativos que están consensuados.

b. Sobre la formación de expertos en DC.

En DC, la principal fuente de subvención y promoción del ámbito viene dada por su implicación en el sistema educativo. Es un hecho significativo que la producción de la comunidad hispana experimenta un fuerte aumento en cantidad y calidad, coincidiendo con la creación del área de didáctica de las ciencias (Gutiérrez, 1987). Los países que promueven con mayores presupuestos la educación de las ciencias son los que realizan mayor número de aportaciones en las revistas especializadas en DC (Lee et al., 2009; Soto et al., 2005; Tamir, 1996).

La mayoría de los profesionales que realizan aportaciones al ámbito de la DC están ligados a la formación de docentes de ciencias y a la educación científica (López-Calafí, Salvador y DelaGuardia, 1998; Mellado, 2003; Soto et al., 2005; Tamir, 1996). También la DC recibe significativas aportaciones de un grupo minoritario de expertos, constituido por psicólogos, historiadores y filósofos de la ciencia, antropólogos, etc., que investigan en el ámbito de la DC y que suelen publicar en revistas de sus campos específicos, como *Cognition and Instruction*, *The Journal of the Learning Science*, *Educational Psychologist*, *Instructional Science*, etc. Es usual que el grupo

mayoritario ignore las aportaciones del segundo grupo (Duschl, 1994; Jiménez-Aleixandre, 1995).

Si a finales de la década del setenta los apoyos de la DC en otros ámbitos de conocimiento, primordialmente en psicología, eran frecuentes (Gutiérrez, 1987), en la actualidad esa tendencia ha cambiado, de forma que la mayoría de las referencias son de autores del mismo dominio (Lee et al., 2009; Moreira, 2005; Soto et al., 2005; Tamir, 1996).

En pocas palabras, la comunidad del ámbito de la DC muestra, como principal característica, que la gran mayoría de los expertos acceden desde una formación básicamente científica, lo que explica buena parte de los datos que ha ofrecido la revisión de los trabajos de investigación del CC y CA: sólo cerca de un tercio de la muestra parece estar comprometido con la Historia y Filosofía de la Ciencia, el resto sólo con los contenidos de ciencias propios de su formación inicial universitaria.

c. Factores más y menos racionales en DC

Una cuestión difícil de explicar es que a pesar de las carencias metodológicas y teóricas encontradas, el ámbito de DC muestra una alta actividad en congresos, publicaciones, investigaciones y promociones académicas. Además, se observa en las revisiones de jueces en revistas o en los procesos de promoción académica que en el ámbito de la DC existen compromisos, valores y normas. Si estos no se deben a compromisos teóricos ¿qué otros factores son los que aglutinan el ámbito? ¿de qué tipo son esos compromisos?

La anterior paradoja obliga a admitir que, junto a factores racionales, existen otros menos racionales que también son determinantes de la fuerte actividad del ámbito de la DC en mayor o menor grado. Por ejemplo, una hipótesis plausible para explicar las paradojas es admitir que uno de esos factores podría ser el *incentivo profesional*, es decir, la normal motivación personal de cada experto por consolidar y progresar tanto en el ámbito docente como en el investigador y el profesional. En parte, la presencia de este factor explicaría al mismo tiempo tanto la intensa actividad publicadora como la percibida cohesión en el ámbito de la DC a pesar de la ausencia de un marco teórico.

Referencias

- Cachapuz, A. F., Lopes, B., Paixão, F., Praia, J. F. y Guerra, C. (2004). *Proceedings of the International Seminar on «The state of the art in Science Education Research»*.
- Duit, R. (1999). Conceptual change approaches in Science Education. En W. Schnotz, S. Vosniadou y M. Carretero (Eds.), *New perspectives on conceptual change* (págs. 263-282). Londres: Elsevier.
- Duit, R. (2006). La investigación sobre enseñanza de las ciencias un requisito imprescindible para mejorar la práctica educativa. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 11(30), 741-770.
- Duit, R., Treagust, D. F. y Widodo, A. (2008). Teaching science for conceptual change: theory and practice. *International Handbook of Research on Conceptual Change* (Routledge., págs. 629-646). New York.
- Duschl, R. A. (1994). Editorial Policy Statement and Introduction. *Science Education*, 78 (3), 203-208.
- Gutiérrez, R. (1987). La investigación en Didáctica de las Ciencias: elementos para su comprensión. *Bordón*, 39 (268), 339-362.

- Guzzetti, B., Snyder, T., Glass, G. y Gamas, W. (1993). Promoting conceptual change in science: A comparative meta-analysis of instructional interventions from reading education and science education. *Reading Research Quarterly*, 28, 116-159.
- Hewson, P. W. (1981). A conceptual change approach to learning science. *European Journal of Science Education*, 3, 383-396.
- Hewson, P. W. y Thorley, N. R. (1989). The conditions of conceptual change in the classroom. *International Journal of Science Education*, 11 (5), 541-553.
- Jenkins, E. W. (2000). Constructivism in School Science Education: Powerful Model or the Most Dangerous Intellectual Tendency? *Science y Education*, 9, 599-610.
- Jiménez-Aleixandre, M. P. (1995). Comment on «editorial policy statement» by Richard Duschl. *Science Education*, 79 (6), 701-704.
- Jiménez-Gómez, E., Benarroch, A. y Marín, N. (2006a). The coherence of conceptions: a study concerning the particulate nature of matter. *Journal of Research in Science Teaching*, 43(6), 577-598.
- Jiménez-Gómez, E., Solano, I. y Marín, N. (1997b). Evolución de la progresión de la delimitación de las «ideas» de alumno sobre fuerza. *Enseñanza de las Ciencias*, 15(3), 309-328.
- Lawson, A. E. (1994). Uso de los ciclos de aprendizaje para la enseñanza de destrezas de razonamiento científico y de sistemas conceptuales. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(2), 165-187.
- Lederman, N. G. (2006). Nature of Science: Past, Present, and Future. En S. K. Abell y N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of Research on Science Education* (págs. 831-880). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Lee, M., Wu, Y. y Tsai, C. (2009). Research Trends in Science Education from 2003 to 2007: "A content analysis of publications in selected journals". *International Journal of Science Education*, 31(15), 1999-2020. doi:10.1080/09500690802314876
- López-Calafí, J., Salvador, A. y DelaGuardia, M. (1998). Estudio bibliométrico de la evolución de la revista Enseñanza de las Ciencias a partir de sus fuentes de información. *Enseñanza de las Ciencias*, 16 (3), 485-498.
- Marín, N. (1994). Elementos cognoscitivos dependientes del contenido. *Revista interuniversitaria de formación del profesorado*, (20), 195-208.
- Marín, N. (1999). Delimitando el campo de aplicación del cambio conceptual. *Enseñanza de las Ciencias*, 17(1), 79-92.
- Marín, N. (2003a). Conocimientos que interaccionan en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 21(1), 65-78.
- Marín, N. (2003b). Visión constructivista dinámica para la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias, Extra*, 43-55.
- Marín, N. y Benarroch, A. (1994). A comparative study of Piagetian and constructivist work on conceptions in science. *International Journal of Science Education*, 16(1), 1-15.
- Marín, N. y Cárdenas, F. A. (2011). Valoración de los modelos más usados en la enseñanza de las ciencias basados en la analogía «el alumno como científico». *Enseñanza de las Ciencias*, 29(1), 35-46.

- Marín, N. y Jiménez-Gómez, 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*, 10(3), 335-339.
- Marín, N., Jiménez-Gómez, E. y Benarroch, A. (2004). How to identify replies that accurately reflect students' knowledge? A methodological proposal. *International Journal of Science Education*, 26(4), 425-445.
- Marín, N., Solano, I. y Jiménez-Gómez, E. (1999). Tirando del hilo de la madeja constructivista. *Enseñanza de las Ciencias*, 17(3), 479-492.
- Marín, N., Solano, I. y Jiménez-Gómez, E. (2001). Characteristics of the methodology used to describe students' conceptions. *International Journal of Science Education*, 23(7), 663-690.
- Mellado, V. (2003). Cambio didáctico del profesorado de ciencias experimentales y filosofía de la ciencia. *Enseñanza de las Ciencias*, 21(3), 343-358.
- Millar, R. (1989). Constructive criticisms. *International Journal of Science Education*, 11, 587-596.
- Moreira, M. A. (2005). Una visión toulminiana respecto a la disciplina investigación básica en educación en ciencias: el rol del foro institucional. *Ciência y Educação*, 2(11), 181-192.
- Niaz, M. (1991). Correlates of formal operational reasoning: a neo-piagetian analysis. *Journal of Research in Science Teaching*, 28 (1), 19-40.
- Oliva, J. M. (1996). Estudios sobre consistencia de las ideas de los alumnos en Ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 14 (1), 87-92.
- Osborne, J. F. (1996). Beyond Constructivism. *Science Education*, 80 (1), 53-82.
- Osborne, J. F., Collins, S., Ratcliffe, M., Millar, R. y Duschl, R. (2003). What «Ideas-about-Science» Should Be Taught in School Science? A Delphi Study of the Expert Community. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(7), 692-720.
- Piaget, J. (1977). *Epistemología genética*. Argentina: Solpin.
- Piaget, J. y García, R. (1973). *Las explicaciones causales*. Barcelona: Barral.
- 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*, 66 (2), 211-227.
- Pozo, J. I. y Gómez Crespo, M. A. (1998). *Aprender y enseñar ciencia*. Madrid: Ediciones Morata.
- Sanmartí, N. y Azcárate, C. (1997). Reflexiones en torno a la línea editorial de la revista Enseñanza de las Ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 15 (1), 3-9.
- Shayer, M. y Adey, P. S. (1984). *La ciencia de enseñar Ciencia*, «Desarrollo cognoscitivo y exigencias del curriculum». Madrid: Narcea.
- Solomon, J. (1994). The rise and fall of constructivism. *Studies in Science Education*, 23, 1-19.
- Soto, C. (2003). *Un análisis de la producción científica sobre cambio conceptual en la educación científica desde las perspectivas de Kuhn y Lakatos*. Valencia.
- Soto, C., Otero, J. y Sanjosé, V. (2005). A review of conceptual change research in science education. *Journal of Science Education*, 6(1), 5-8.
- Strike, K. A. y Posner, G. J. (1992). A revisionist theory of conceptual change. En R. A. Duschl y R. J. Hamilton (Eds.), *Philosophy of Science, Cognitive Science and Educational Theory and Practice*. Nueva York: Suny Press.

- Taber, K. S. (2011). Understanding the nature and processes of conceptual change: An essay review. *Education Review*, 14(1). Recuperado a partir de <http://www.edrev.info/essays/v14n1.pdf>
- Tamir, P. (1996). Science education research viewed through citation indices of major reviews. *Journal of Research in Science Teaching*, 33 (7), 687-691.
- Tsai, C. y Wen, M. L. (2005). Research and trends in science education from 1998 to 2002: a content analysis of publication in selected journals. *International Journal of Science Education*, 27(1), 3-14.
- Vázquez, A., Manassero, M. A., Acevedo, J. A. y Acevedo, P. (2007). Consensos sobre la naturaleza de la ciencia: la ciencia y la tecnología en la sociedad. *Educación Química*, 18(1), 38-55.
- Vosniadou, S. (2008). *International Handbook of Research on Conceptual Change* (Routledge.). New York.