

# Evaluación del ámbito de la didáctica de las ciencias y estrategias de investigación para su convergencia

Nicolás Marín Martínez<sup>1</sup>, Fidel Antonio Cárdenas Salgado<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Departamento de Didáctica de la Matemática y de las Ciencias Experimentales. Universidad de Almería. España. [nicolas.marin@gmail.com](mailto:nicolas.marin@gmail.com)*

<sup>2</sup> *Departamento de Química. Universidad Pedagógica Nacional. Doctorado Interinstitucional en Educación. Bogotá. Colombia. [fidelantonio.cardenas@gmail.com](mailto:fidelantonio.cardenas@gmail.com)*

[Recibido en noviembre de 2010, aceptado en febrero de 2012]

Tras un análisis del ámbito de la Didáctica de las Ciencias (DC), su comunidad y sus elementos teóricos, se dibuja un panorama que queda lejos de dominios más científicos. Aunque el estado actual de la DC y la naturaleza de sus propios contenidos, dificultan el uso de procedimientos de validación, convergencia y consenso, de igual modo que se hace en el ámbito de ciencias, sí que es posible para un buen número de esos contenidos usar estrategias de convergencia. Una vez propuestas cuatro de estas estrategias se evalúan sus posibilidades de ser aplicadas en el ámbito de DC.

**Palabras clave:** Didáctica de las Ciencias; Evaluación del ámbito de la educación en ciencias y de su comunidad; Métodos de convergencia.

## Assessment of the science education field and research strategies for convergence

This article analyses the field of Science Education, its academic community and its theoretical background in order to draw a picture of this field that is far from the scientific domains. Although the current state of the science education development and the nature of its own contents prevent the use of knowledge validation procedures, convergence and consensus, just as is done in the field of science, it is still possible to apply convergence strategies to some of their contents. After proposing four of these strategies, their chances to be applied in Sciences Education are discussed.

**Keywords:** Science education, Assessment of the science education field, assessment of the science education community, convergence processes in science education.

## Introducción

La Didáctica de las Ciencias (DC) en poco más de tres décadas ha experimentado un desarrollo notable. En relación a su autonomía, se ha pasado de apoyar las estrategias de enseñanza primordialmente en trabajos de otras áreas de conocimiento a hacerlo casi exclusivamente con referencias del propio ámbito (Marín, Solano y Jiménez-Gómez 1999; Tamir 1996), y en relación a sus contenidos, de poseer unas cuantas obras propias a disponer de una abundante documentación que invita a la especialización antes de perderse en el intento de formarse en todas sus líneas de trabajo.

En este periodo, la DC ha buscado apoyos, cada vez con mayor frecuencia, de áreas “cercanas” como la Historia y Filosofía de las Ciencias –HFC– o la misma ciencia. En concreto, ha sido un discurso constante la sugerencia de trasladar los procedimientos y valores propios de ciencias a la enseñanza de las ciencias.

La pretensión de este trabajo es analizar en qué medida los procedimientos y valores propios de ciencias han servido también para inspirar el desarrollo del ámbito de la DC. En este sentido, el plan de trabajo a realizar es el siguiente:

- Realizar una revisión del dominio de la Didáctica de las Ciencias centrada en sus fundamentos teóricos y en su comunidad.

- Proponer diversas estrategias de validación, falsación y convergencia adecuadas a los contenidos de la DC.
- Evaluar los beneficios que podría tener para la DC, actuar de un modo más acorde con los procedimientos y protocolos de Ciencias para evaluar más eficientemente sus propios contenidos.

El importante desarrollo que ha experimentado la DC le ha dotado de una complejidad creciente que requiere de evaluaciones periódicas. La intención última de este trabajo es precisar los puntos fuertes que han llevado a su crecimiento, así como los débiles, si los hubiera, en aras de buscar nuevas perspectivas que permitan un desarrollo óptimo y fructífero del ámbito.

## El ámbito de conocimiento de la DC y su comunidad

En todo ámbito de conocimiento existen dos factores que lo hacen perdurar y progresar: por un lado, la presencia de un marco teórico que aglutina y hace converger las aportaciones individuales, y por otro, una comunidad que profesa y mantiene el entramado teórico, a la vez que lo aplica en el contexto de problemas de donde surge y da razón de ser a dicho ámbito (Marín, 2003a, 2010a, 2010b). Estos dos factores ¿cómo se dan en DC?:

### Búsqueda de elementos teóricos en DC

Llama la atención cómo en las evaluaciones que se realizan sobre el estado del ámbito se termina concluyendo que la mayoría de los trabajos de DC se desarrollan sin marco teórico. Se entiende que el marco teórico de un ámbito (Marín, 2010a):

- actúa como una entidad orgánica que permite la convergencia de la comunidad, tanto por su capacidad formadora como integradora de las aportaciones individuales y
- crea un contexto de tensión dialéctica tal que hace posible la aplicación de procedimientos de predicciones, validación y falsación.

A pesar de las carencias teóricas que aún están presentes en la DC, se perciben algunos indicios de convergencia, entre los que se pueden citar:

- *Uso generalizado del constructivismo para entender e interpretar el conocimiento de ciencias.*

Es posible delimitar una comunidad inscrita a la DC, no tanto por la existencia de un núcleo teórico firme (Osborne, 1996) sino por una "*convergencia de principios explicativos sobre la práctica docente*" que aporta un lenguaje específico y consensuado (Solomon, 1994). Principios que parten de supuestos "*nada excepcionales y poco exigentes*" (Duschl 1994; Millar 1989; Solomon 1994) ligados a los problemas de la clase de ciencias. Por ejemplo, existe un extenso consenso sobre el principio "*el conocimiento no es recibido pasivamente sino construido activamente por el sujeto que conoce*", sin embargo, más allá de esta frase no existe mayor compromiso teórico (Glaserfeld, 1993; Matthews, 1994). El "*constructivismo trivial*" sólo puede suponer un compromiso teórico real si se complementa con detalles teóricos sobre aprendizaje y organización cognitiva (Delval, 1997; Glaserfeld, 1993; Marín, 2003a; Pozo, 1996).

Así pues, mientras el compromiso teórico del *constructivismo trivial* sea tan superficial que admita según qué contextos mantener a la par posiciones empiristas sobre el conocimiento (Glaserfeld, 1993; Matthews, 1994) no es posible tomar dicho principio como un soporte teórico de la DC.

- *Uso frecuente de la Historia y Filosofía de la Ciencia –HFC– como fundamento de diferentes propuestas didácticas de DC.*

En la actualidad se percibe un notable esfuerzo para delimitar y acentuar el consenso sobre lo que se podría considerar como *núcleo teórico* de la DC: *la epistemología contemporánea de la ciencia* (por ejemplo, Fernández et al. 2002; McComas, Clough y Almazroa 1998; Osborne et al. 2003; Acevedo et al. 2007). En efecto, la mayoría de productos de éxito en DC, tales como los modelos del cambio conceptual, concepciones alternativas, enseñanza por investigación, enseñanza de las ciencias acorde con los vínculos entre ciencia, tecnología y sociedad (CTS) y otros más, toman su fundamento en algún aspecto de la actividad y progreso de la ciencia como son los cambios de paradigmas, el papel histórico de las concepciones de los científicos o las peculiaridades de la actividad científica (Marín et al., 1999).

Sin embargo, hay razones suficientes para afirmar que la HFC no juega el papel de núcleo teórico de la DC:

- El transporte de argumentos fraguados en el plano donde se describe la construcción del conocimiento de ciencias para fundamentar propuestas de enseñanza, es un recurso que se ha venido haciendo con profusión en DC (Cudmani, Pesa y Sandoval 2000; Duschl y Gitomer 1991; Hewson y Thorley 1989; Izquierdo, Sanmartí y Espinet 1999; Posner et al. 1982). Son muchos los trabajos que dicen seguir alguna de estas propuestas pero que no muestran su compromiso teórico con las posiciones epistemológicas que las fundamentan (Duschl, 1994; Marín, 2003a; Soto, Otero y Sanjosé, 2005).
- Existe una notable convergencia de la DC, cada vez más acentuada a citar un núcleo reducido de autores de cierta autoridad en el ámbito de DC (Tamir, 1996). Sin embargo las referencias a autoridades se hacen más bien de un modo superficial con el fin de alinearse y dar consistencia a la publicación (Duschl, 1994; Solomon, 1994). En general existen notables desfases entre los apoyos citados en la bibliografía y los realmente usados (Soto et al., 2005).
- 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 la diversidad de problemas ligados a la fenomenología cognitiva asociada al aprendizaje de ciencias, la cual estaría claramente fuera de su campo de competencia. Y esto es así porque el conocimiento de ciencias y el del alumno son diferentes y, por tanto, los mecanismos de progreso cognitivo de uno y otro también lo son (Marín, 2003b).

En pocas palabras, se puede concluir, en sintonía con los expertos en seminarios reunidos para evaluar el estado de la DC (Cachapuz et al. 2004; Moreira 2005), que actualmente no se dispone de entramados teóricos suficientemente consensuados y adecuados a la fenomenología asociada a la enseñanza de las ciencias que aporten mecanismos de convergencia.

### **La comunidad de DC y los problemas de su formación**

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 Experimentales (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 (Soto et al., 2005; Tamir, 1996).

La mayoría de los profesionales que realizan aportaciones al ámbito de DC están ligados a la formación de docentes de ciencias y a la educación (Duschl, 1994; Gutiérrez, 1987; Jiménez-

Aleixandre, 1995; 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 ámbitos específicos. Es usual que el grupo mayoritario ignore las aportaciones del segundo grupo (Duschl, 1994; Jiménez-Aleixandre, 1995), con la excepción de las aportaciones ligadas a la HFC por las que la DC siente especial predilección (Marín, 2003a).

Si a finales de los años 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 referencias son de autores del mismo dominio (Soto et al., 2005; Tamir, 1996).

Esta tendencia de no tomar apoyos de áreas afines a la del propio campo para potenciar la investigación de DC se puede explicar en buena parte por la formación universitaria de la mayor parte de los investigadores de Didáctica de las Ciencias es básicamente científica. Por su cercanía, los ámbitos cognitivos ligados a los procedimientos de la actividad de ciencias y a la HFC aportan una formación adicional, y en continuidad con la inicialmente científica, para adentrarse en la investigación de DC. Sin embargo, esta formación es claramente insuficiente pues, quiérase o no, "el alumno que aprende" es uno de los polos constantes de la enseñanza de las ciencias, lo que remite necesariamente a una formación adicional alrededor de la cognición del alumno para hacer propuestas didácticas consecuentes con el aprendizaje de las Ciencias.

Actualmente, la promoción de la DC proviene principalmente del ámbito universitario, aún así, es significativo constatar que han pasado ya más de dos décadas desde la creación de los departamentos universitarios de DC en España y estos no terminan de tomar su identidad por el problema de formación mencionado más arriba (Cañal, 1995; Gutiérrez, 1987; Marín, 2003a). Aunque lentamente, la situación va cambiando ya que cada día se incorporan más profesionales que, previamente, han realizado investigaciones en DC. Pero las carencias teóricas del ámbito y la ausencia de un núcleo teórico firme consensuado hace que esta formación pierda eficacia y dependa en exceso del lugar o contexto donde se ha dado.

## **Posibilidades de validación, falsación o convergencia en DC**

A pesar de las carencias teóricas de DC y la formación dispersa de sus miembros ¿se podría llevar a cabo algún tipo de validación o falsación en DC?

Considerando la intensa producción en las últimas tres décadas (Lee, Wu, y Tsai, 2009; Tsai y Wen, 2005), se podría afirmar que la DC ha generado suficientes contenidos como para aplicar mecanismos tales como contrastar, evaluar, refutar, consensuar, falsar, etc., y darles así una mayor convergencia. Lo que sigue son cuatro propuestas diferentes de mecánicas de convergencia para el ámbito de la DC:

### **Métodos de validación por contraste empírico. Réplicas y revisiones de trabajos sobre concepciones y de hipótesis asumidas en la formación del profesorado**

Es relativamente fácil validar o falsar los contenidos de la línea de trabajo de las concepciones del alumno. Fruto de la revisión de más de una centena de trabajos se concluye que "*la mayor parte de la información tomada en el contexto de esta línea de investigación está fuertemente sesgada*" (Marín, Jiménez-Gómez, Solano, y Benarroch, 2001; Marín, Solano, y Jiménez-Gómez, 2001); pues bien, es posible realizar diseños de investigación que permitan contrastar empíricamente dicha afirmación. Aunque no exento de esfuerzo, es posible diseñar mecánicas de contrastación de

datos con una metodología adecuada, así por ejemplo, se pueden diseñar réplicas a los cuestionarios variando los factores, relevantes e irrelevantes, implicados en las situaciones problemáticas que acompañan las preguntas y hacer nuevas cuestiones con estrategias de implicación y conflicto cognitivo del alumno (Marín, Jiménez-Gómez y Benarroch, 2004). La información que se obtiene de este modo permite contrastar aquella otra obtenida en trabajos anteriores (Benarroch, 2000; Marín, 1994) pero a condición de usar una metodología que no sería tan liviana como la usual en las investigaciones sobre concepciones del alumno.

Otra dirección para hacer contrastes en la línea de investigación de concepciones alternativas es la que pretende falsar una de las características de dichas concepciones: *la persistencia o resistencia al cambio*, entendiéndose por ello que las mismas ideas son sostenidas por alumnos de muy diversas edades, a pesar de la instrucción recibida. Sin embargo, hay otras líneas de investigación, que, con perspectivas distintas y desde hace algún tiempo realizan diseños de investigación bajo la hipótesis de progresión del conocimiento del estudiante. En esta dirección, para cada contenido concreto se reconocen diversos niveles de explicación por parte del alumno. Los sujetos van construyendo de un modo progresivo un significado del contenido que se les enseña, pasando por una serie de estados que se corresponden con los diferentes niveles de adquisición cognitiva (Benarroch, Marín y Matus, 2009).

Esta misma estrategia de contraste empírico podría ser usada ahora que existen cuestionarios con suficiente grado de fiabilidad y validez sobre creencias epistemológicas acerca de los conocimientos de ciencias y del alumno. Así por ejemplo no sería difícil contrastar la hipótesis “*el cambio epistemológico es determinante para el cambio docente*” sin más que comparar los resultados de dos cuestionarios uno sobre actuación docente y otro acerca de sus propias creencias epistemológicas (Benarroch y Marín, 2011; Tsai, 2002).

### **Métodos de validación por contraste teórico. Una revisión crítica de modelos de enseñanza de ciencias**

Puesto que los resultados académicos de la mayoría de los modelos de enseñanza de ciencias han sido previstos por sus defensores desde una argumentación más teórica que práctica (Duit, 1999; Jiménez-Aleixandre, 2000; Pozo y Gómez Crespo, 1998), parece lógico que se puedan debatir o valorar con la misma dialéctica argumental.

Los modelos de enseñanza, de un modo más o menos explícito, contienen supuestos y creencias sobre el aprendizaje del alumno. Se puede entonces contrastar la coherencia interna de éstos, su visión de la enseñanza y del aprendizaje, con datos empíricos y teóricos extraídos del ámbito de la psicología (Marín, 2003b; Pozo y Gómez Crespo, 1998). De esta forma es posible argumentar del siguiente modo:

- Los modelos de enseñanza de ciencias basados en las concepciones del alumno (Driver, 1986; Driver, Guesne y Tiberghien, 1989) tienen como principal referencia, para diseñar cuestionarios o interpretar las respuestas, el contenido académico cuyas concepciones se buscan (Marín et al., 2004). La información así obtenida suele estar sesgada dadas las diferencias entre el conocimiento académico de ciencias y el del alumno. Es posible minimizar este sesgo enfrentando al alumno a la fenomenología asociada con el contenido académico, más que mediante preguntas académicas. Además, para diseñar la interacción del estudiante con la situación problemática (serie de preguntas, peticiones de previsiones, manipulaciones u otras formas de demanda) es mejor hacerlo desde un contexto psicológico que haya modelado el conocimiento del alumno a partir de datos empíricos obtenidos desde este contexto (Jiménez-Gómez, Benarroch y Marín, 2006).

• *El modelo del cambio conceptual mantiene una visión del aprendizaje poco adecuada respecto a otros modelos mejor fundamentados psicológicamente.* La crítica más consensuada a este modelo es que es una propuesta de enseñanza basada en supuestos de aprendizaje discutibles. En efecto, al estar fundamentado en modelos sobre la construcción social del conocimiento de ciencias, en muchas situaciones de enseñanza, chocan frontalmente con la forma cómo el sujeto “cambia” o “sustituye” su conocimiento. Por otra parte, dichos modelos parecen desconocer o descuidar otros tipos de aprendizaje que no sean cambio conceptual (Marín, 1999; Nersessian, 2008; Pozo y Gómez Crespo, 1998). Concretamente:

a) Son discutibles las sugerencias sobre aprendizaje del cambio conceptual cuando admite la posibilidad de sustitución cognitiva. Esto resulta poco probable desde una perspectiva constructivista, dado que lo que es nuevo procede de diferenciaciones progresivas o de coordinaciones graduales (Piaget, 1977). Cualquier nueva adquisición requiere de uno o varios esquemas del sujeto para su asimilación (Delval, 1997). Más que el término cambiar sería mejor el de transformar ya que hace una alusión más adecuada a la metamorfosis que sufre el esquema. Para bien o para mal, nunca se puede extirpar un contenido cognitivo, incluso cuando ha dado respuestas deficientes: tal es el precio para mantener un sistema cognoscitivo coherente. Ante un conflicto cognoscitivo, el mecanismo de compensación del sujeto que parece más similar al cambio conceptual es el de la asimilación de un contenido académico por un esquema, seguido de una diferenciación progresiva. A partir de ahí es posible generar nuevos esquemas, cada uno con capacidad asimiladora diferenciada, para progresivamente predominar uno de ellos, posiblemente porque el sujeto lo aprecia más plausible y útil en múltiples circunstancias particulares. El viejo esquema sigue latente sólo que ahora se activa en situaciones “especiales” donde pudiera fallar el nuevo.

b) No es adecuado pensar que el aprendizaje esté tan centrado en lo conceptual como sugiere el cambio conceptual, ni siquiera en el contexto académico. El modelo de cambio conceptual se percibe válido para entender cómo progresa el conocimiento de ciencias dado que éste, al ser compartido, está abocado a explicitarse simbólicamente, principalmente de forma conceptual. Pero para entender el conocimiento del alumno se requiere considerar, cuanto menos, una doble estructura, una de índole conceptual y otra semántico-vivencial (Pozo, 2003; Pozo y Flores, 2007). Esta última posee importantes contenidos procedimentales e implícitos fuertemente ligados al sistema afectivo del sujeto. Solo parte de dicha estructura puede ser expresada declarativamente, el “saber decir”, y el resto, mediante un “saber hacer”. La importancia de esta estructura semántica en la clase de ciencias es que el alumno, junto a su estructura conceptual, la usa para dar significados a las explicaciones del profesor (para comprender el mensaje) y para realizar muchas de sus nuevas construcciones de ciencias, si se pretende que el aprendizaje sea algo más que memorizar (Marín, 2003a).

Salvo aportaciones localizadas, en la literatura específica del ámbito de la DC hay poco escrito sobre este tipo de contrastes y es necesario irse a otros ámbitos cercanos para ver evaluaciones de modelos de enseñanza de DC desde contextos teóricos “externos” (Carey y Spelke, 1994; Pintrich, 1999; Pozo, 2003; Pozo y Flores, 2007), sin embargo, su incidencia o consideración en el ámbito es escasa o nula.

La existencia de un contexto teórico permitiría mayor convergencia y estructuración lógica en las cadenas inferenciales que ligan el modelo con los datos empíricos; así, al ser más compartidos los significados de los datos, la posibilidad de “salirse por la tangente” sería más difícil y, por tanto, de eludir la posible falsación del modelo ante la presencia de datos que no se ajustan.

### **Construcción de contenidos con posibilidad para ser falsados. Coherencia entre pares de afirmaciones dicotómicas sobre el conocimiento de ciencias y del alumno**

En la actualidad se dispone de bastante material consensuado alrededor de cómo se debe entender la *construcción del conocimiento de ciencias* (Marín, Benarroch y Niaz, 2011). Se podría extender los consensos actuales sobre la visión de ciencias a la visión del aprendiz de modo que exista una coherencia que hasta ahora no existe (Duit, 2006; Marín, 2005).

Así pues, si para entender el *conocimiento de ciencias* se percibe más adecuada la posición constructivista que la empirista o la racionalista y más conveniente un modelo organicista u holístico que otro mecanicista o reduccionista, habría que mantener estas dos posiciones, constructivismo y organicismo, como marco para desarrollar una adecuada y detallada visión del *conocimiento del aprendiz*. Por otro lado, serían poco adecuadas, para entender al aprendiz, posiciones como el empirismo, el racionalismo o el mecanicismo (Marín, 2005).

A la vez, los marcos epistemológicos sobre el alumno habría que completarlos y detallarlos con resultados actuales del ámbito de la psicología sobre organización cognitiva y aprendizaje (Delval, 1997; Pozo et al., 2006). Dichos detalles psicológicos, aunque compartiendo el mismo marco epistemológico, ya no serían análogos a los detalles sobre la construcción del conocimiento de ciencias. Para esto se propone la siguiente agenda de trabajo:

- Revisión y síntesis de los acuerdos más notables existentes en el ámbito de DC para describir e interpretar la construcción del conocimiento de ciencias, incluyendo tanto las visiones más adecuadas como las menos adecuadas, deformadas o incluso aquellas consideradas erróneas.
- A partir de los acuerdos encontrados en la revisión anterior, habría que formalizar un sistema lógico de afirmaciones estructuradas por pares dicotómicos, según sean más y menos adecuadas para entender el conocimiento de ciencias; de tal manera que ante una afirmación adecuada siempre exista otra que es inadecuada.
- Centrando la atención en los compromisos epistemológicos contenidos en el sistema de pares dicotómicos para las ciencias, se extraería un nuevo sistema de afirmaciones epistemológicas, también dicotómicas, referidas a cualquier tipo de conocimiento.
- Finalmente, desde el sistema dicotómico de afirmaciones epistemológicas, se construiría otro nuevo, en un plano cognitivo más concreto, sobre visiones más y menos adecuadas del conocimiento del alumno; si bien en este caso, a partir de datos tomados de los estudios realizados acerca de las creencias sobre aprendizaje y organización cognitiva del aprendiz (Pozo et al., 2006).

Así construido, el sistema de pares dicotómico sobre el aprendiz mostraría su utilidad y capacidad explicativa si pudiera, entre otros cometidos, responder adecuadamente a los problemas de aprendizaje tratados en el apartado anterior, por ejemplo:

- *Sobre la visión del aprendizaje que se mantiene desde el cambio conceptual*: El problema central que aborda el modelo de cambio conceptual es de índole psicológico pues el concepto como unidad de cambio puede ser adecuado para analizar el progreso de la ciencia pero no para el del aprendiz. Las ideas fuertemente arraigadas hincan sus raíces en la estructura semántica-vivencial del alumno (Pozo, 2003) y no tanto en sus estructuras conceptuales. La complejidad psicológica del “*cambio conceptual*” no es tan trivial como lo describen sus autores (Pozo y Gómez Crespo, 1998) y las posibilidades de adquisición cognitiva del aprendiz son mucho más amplias que las que subyace en esta propuesta (Pozo y Flores, 2007).
- *Sobre búsqueda de información en el aprendiz*. Es importante saber que el conocimiento del alumno no se puede identificar sólo con las respuestas que da a cuestionarios que han sido

diseñados utilizando cómo único referente el contenido académico de enseñanza. Y esto es así porque existen importantes diferencias entre el conocimiento cotidiano del alumno y el académico. Muy pocos trabajos han intentado una búsqueda de capacidades procedimentales y, prácticamente ninguno lo ha intentado con las habilidades motoras del aprendiz (Marín, Solano, et al., 2001).

Por otro lado, el investigador sobre concepciones del alumno debería tomar conciencia y ponderar el "efecto" del observador (él mismo) en el objeto de observación (el alumno). Es frecuente suponer que el sujeto está resolviendo la misma tarea o problema que el investigador cree estar presentando (Delval, 1997). El investigador no puede evitar introducir sesgos y distorsiones pero sí cabe la posibilidad de tomar medidas para minimizarlo, considerando un contexto teórico adecuado al sistema cognitivo del sujeto (Marín et al., 2004).

### **Mecánicas de convergencia para crear contenido consensuado. Incremento coordinado de la interacción en la comunidad a través de protocolos de consenso en Internet más allá de las publicaciones en revistas**

Se trataría de desarrollar una versión del método Delphi (Landeta, 1999; Osborne et al., 2003) para Internet, procedimiento que ha mostrado su utilidad para animar a un grupo hacia el consenso. Para hacer viable la aplicación de este método por Internet es necesario parcializar o desdoblarse cualquier contenido de DC en unidades significativas. Llamaremos a cada unidad susceptible de consenso "UC". Cada UC es una unidad de intercambio, valoración y consenso entre expertos, donde la suma de UC no tiene necesariamente que ser igual al total del documento, más bien a la información más relevante contenida en el mismo.

Hay diferentes tipos de UC susceptibles de consenso pero éste será tanto más viable en la medida que la UC contenga una información sencilla. Ejemplos de UC sencillos serían una afirmación corta, una frase dicotómica (contiene una afirmación y su contraria), una afirmación seguida de unas opciones a modo de respuesta. Un poco más complejo sería por ejemplo una cita bibliográfica que se desea catalogar de forma consensuada, y aún más complejo, lo comentado anteriormente, es decir, un documento del que se entresaca una lista de afirmaciones, las que son más significativas o, dado un tema, la lista de aspectos, contextos o contenidos más relevantes que contiene. Una vez compartida la UC, cada miembro de la comunidad puede asociarle un grado de adhesión, un comentario, incluso, una opción alternativa.

Así pues, a pesar de las claras diferencias entre ciencia y DC, sí es posible aplicar diversas estrategias de contraste, evaluación o consenso para provocar convergencia, si bien, las posibilidades de aplicarlas sobre los diferentes contenidos de DC es desigual. Así, las *ideas previas del alumno* admiten contrastes relativamente sencillos, los *modelos de enseñanza* muestran buenas posibilidades para evaluar su coherencia teórica si bien las carencias teóricas de la DC impiden ir más allá, la *formación de docentes* y las *propuestas curriculares* resultan más difíciles de contrastar empíricamente por moverse con frecuencia en un terreno especulativo como quizá no pueda ser de otro modo. Por ejemplo, las propuestas curriculares para la enseñanza de las ciencias es un contenido de DC difícil de falsar. En esta ocasión, se trata de propuestas donde se debe aglutinar en un todo coherente, los valores de la enseñanza de las ciencias con los valores sociales y los beneficios para el alumno. Los efectos de la aplicación curricular sólo permiten ser evaluados a largo plazo. Aún así, esto no debería ser motivo para eludir la falsación.



## A modo de conclusión: la necesidad de un cambio de actitud

Se ha visto que en DC existe un bajo compromiso teórico con los fundamentos que se declaran tener, que existe un importante desfase entre los apoyos citados en la bibliografía y los realmente usados y que la producción académica en DC es bastante individual, atomizada y fragmentada (Cachapuz et al., 2004; Moreira, 2005). Sin embargo, es curioso constatar que la actividad de congresos, publicaciones, investigaciones y promociones académicas es alta. ¿Cómo se puede explicar tanta actividad y que ésta no desemboque en la construcción de un núcleo teórico consensuado? ¿Cómo pueden convivir en el mismo espacio una intensa actividad con las carencias metodológicas y teóricas encontradas?

De los análisis anteriores se podría identificar en DC una *heurística negativa*, que lleva a un notable decaimiento para llevar a cabo investigaciones de falsación. En el apartado anterior se proponen algunas estrategias de validación y falsación al alcance de ser aplicadas con menor o mayor dificultad ¿Por qué estas falsaciones no se dan en el ámbito? ¿Por qué apenas tienen incidencia las publicaciones que se hacen y más aún las que son de índole crítico?

¿Existe una heurística positiva en el ámbito de DC? y si es así ¿qué paradigmas o compromisos forman parte de ella? Si no se encuentran compromisos teóricos ¿cómo explicar la evidencia de que existen elementos que aglutinan el ámbito? Aquí se llega a una aparente paradoja. No se puede negar que existen compromisos, valores y normas, por ejemplo, en las valoraciones de jueces de las aportaciones individuales en revistas o en cualquier proceso de promoción y gestión académica. Pero entonces ¿de qué tipos de compromisos se trata? ¿cuál es la naturaleza de esos compromisos?

Vista la revisión realizada sobre la DC, todo parece sugerir que existen tres grandes tipos de compromisos que se interrelacionan fuertemente, incluso que unos son causantes de otros:

1. *Compromiso para citar*. Esta bastante generalizado en DC lo que podríamos denominar el “*compromiso para citar*”, ya analizado críticamente por otros autores (Duschl, 1994; Jiménez-Alexandre, 1995, 2008; Marín et al., 1999; Soto et al., 2005). Todo ocurre como si existieran, en cada parcela de la DC, una serie de autores que necesariamente deben ser citados para dar fortaleza a la publicación.

Constituye buena parte de la formación de quienes participan en el ámbito de la DC, la elaboración de trabajos para ser publicados. En esto se aprende a distinguir: las citas de más valor, las que más rentan, los autores que son ineludibles según la temática o, el mínimo de referencias bibliográficas que debe sostener un trabajo. A su vez, el evaluador aprende a reconocer, entre otros criterios, la valía del trabajo por la cantidad y calidad de citas.

2. *Compromiso con el tipo de formación inicial*. El ámbito de la DC arrastra un mal endémico que pesa como una losa en su progreso: la formación científica inicial de los expertos de DC. De entrada, este saber no es suficiente para dar respuestas adecuadas a la problemática que se aborda en DC (asuntos de enseñanza y aprendizaje, formación de profesores, desarrollo curricular, etc.), lo que obliga a un esfuerzo adicional del futuro experto de DC que, ante la ausencia de un núcleo firme, suele ser bastante divergente, aunque en mayor medida se realiza en la HFC, posiblemente por ser un contenido relativamente “cercano” a su formación.

Algunas temáticas de DC admiten soluciones parcialmente satisfactorias desde la HFC, tal es el caso de las propuestas curriculares o de formación de futuros docentes, pero se muestran más limitadas en asuntos de enseñanza y aprendizaje (Marín, 2003a). Desde la HFC, se han realizado propuestas fundadas en la analogía del “*alumno como científico*” –usaremos en adelante el acrónimo AcC- (Driver, 1983; Yang, 1999) que han mostrado importantes limitaciones donde no hay analogías entre el conocimiento de ciencias y el del alumno (Marín, 2003b).

Aunque no está generalizada, la analogía AcC habría que reconocerla como un elemento paradigmático, si bien insuficiente si tenemos en cuenta el consenso actual sobre qué conocimientos, ligados al contenido a enseñar, son necesarios para desarrollar las competencias del docente de ciencias (Acevedo, 2009a, 2009b).

3. *Compromiso profesional* para consolidar y progresar tanto a nivel docente como investigador en el ámbito profesional.

Los tres tipos de compromisos anteriores están fuertemente vinculados: el profesional empuja la producción y, necesariamente, la formación, sin la que sería imposible publicar y promocionar. Observando la debilidad de compromisos teóricos ante las obras citadas, que mide el grado de racionalidad, da cierta impresión de que existiera más interés por el engrosamiento curricular de quien publica que por la posible aportación para enriquecer el conocimiento del ámbito. En este sentido, se observa que en DC se han conformado suculentas líneas de investigación donde con poco más que el compromiso para citar se elaboran bastantes publicaciones con una apariencia más que aceptable (Marín, 2010a).

Por sus características específicas, preguntarnos por la *heurística positiva* del ámbito de la DC no supone buscar zonas de interacción donde se hacen falsaciones al estilo del ámbito de la ciencia. Normalmente los trabajos que buscan la confrontación empírica suelen tener estructura confirmatoria e inductiva (Marín, Solano, et al., 2001; Moreira, 2005; Soto et al., 2005).

En cuanto a controversias teóricas, las más comprometidas y articuladas se encuentran en el marco de la analogía AcC (Marín et al., 1999; Yang, 1999). Se trata de confrontaciones de carácter teórico donde se defienden determinadas posiciones ontológicas o epistemológicas para fundamentar las propuestas didácticas para la enseñanza de las ciencias (Kelly, 1997; Matthews, 1994; Staver, 1998).

La heurística positiva de DC está configurada por el retículo de los tres compromisos anteriormente citados que confieren, sin la presencia de un núcleo teórico firme, entidad suficiente para reconocer sus dominios, su periferia y lo que es claramente externo. Es revelador comparar trabajos que abordan la misma temática con perspectivas que están dentro y fuera de la red de compromisos de DC. Por ejemplo, para un análisis de los modelos más relevantes de enseñanza de las ciencias se podría comparar un trabajo por la línea más normativa (ver por ejemplo, Jiménez-Aleixandre, 2000) con otro más independiente (ver por ejemplo, Pozo y Gómez Crespo, 1998). Del mismo modo, para una revisión evolutiva del ámbito habría dos versiones claramente diferentes, más y menos normalizadas (ver por ejemplo, Adúriz-Bravo y Izquierdo, 2009; Marín et al., 1999).

Tal y como se ha definido, la heurística positiva de la DC, se puede usar ahora para explicar, por ejemplo, su débil relación con la psicología. La presencia de este ámbito no resulta cómoda para la DC pues, por un lado, aparece de forma natural una y otra vez para aportar información sobre el aprendiz de ciencias pero, por otro, “*el invitado no es bien recibido*” ya que queda lejos del compromiso de formación del experto en DC. Si en los años setenta fueron frecuentes las citas de autores como Piaget, Vigostsky o Ausubel, poco a poco a lo largo de la década de los ochenta fue tomando autonomía el ámbito de DC en detrimento de los autores del campo de la psicología (Sanmartí, 2008; Tamir, 1996).

En un primer momento, eran frecuentes las críticas al constructivismo piagetiano, sin embargo, un análisis de los argumentos críticos a Piaget pone de manifiesto que eran bastante endebles, poco fundamentados, incluso, se llevaban a cabo con bastante desconocimiento de la obra piagetiana o citando viejos trabajos sobre los que existen versiones más actualizadas (Marín, Benarroch y Jiménez-Gómez, 2000; Marín et al., 1999; Vuyk, 1985). Los comentarios

contra la obra de Piaget, cuando se comparan con críticas bien fundadas (Vuyk, 1985) dan la impresión de "apartar del camino algo que estorba" antes que de estar haciendo críticas para proponer una alternativa constructiva. De hecho, en los estudios comparativos (Marín y Benarroch, 1994; Marín et al., 1999) se muestra que las concepciones del alumnado delimitadas en el ámbito de DC no suponen un mayor logro respecto a las descubiertas décadas antes por Piaget.

Conforme la comunidad de DC ha ido adquiriendo autonomía, se ha ido inclinando por el apoyo que ofrece la HFC, alejándose definitivamente del dominio de la psicología. Sin embargo, hay que tener en cuenta que, quierase o no, en mayor o menor medida, siempre se deslizan creencias subyacentes del investigador sobre el aprendiz, cuando se hacen propuestas de enseñanza de ciencias, se evalúan modelos o se analizan sus fundamentos. Dichas creencias, lamentablemente con bastante frecuencia revelan visiones deformadas sobre aprendizaje (Marín, 2005; Pozo et al., 2006).

Aunque no son frecuentes, de vez en cuando suelen aparecer algunos artículos críticos que contienen serias propuestas de falsación de algún contenido de DC ¿cuál es la reacción o la actitud de la comunidad ante esto? Cuando se trata de publicaciones críticas con los modos de proceder más extendidos, lo usual es ignorarlos o rechazarlos con cualquier tipo de argumentación (Duschl, 1994; Solomon, 1994).

¿Por qué se hace caso omiso o se excluyen los trabajos que hacen críticas o reflexiones sobre el ámbito? ¿Por qué sólo se tiene buenos ojos para los trabajos que confirman la línea más extendida en DC? Una actitud más acorde con el ámbito científico llevaría a comprobar la certeza o no de una determinada falsación lo que aumentaría el grado de rigor que tanto es reclamado para el ámbito de DC (Cachapuz et al., 2004; Moreira, 2005).

Es paradójico constatar que a pesar del uso y, eventualmente el abuso, de la HFC en la DC, las mecánicas de validación y falsación científicas no son usadas de igual modo en el ámbito de la DC cuyas formas de proceder quedan más cercanas a otros ámbitos más humanísticos. Sin embargo, como se ha mostrado en las cuatro mecánicas de validación y falsación, propuestas en el apartado anterior, es posible llevar a cabo procesos de validación en DC, si bien, se reconoce que aún falta mucho para disponer de un entramado conceptual que permita convergencias y así poder adoptar el "estilo científico" de las validaciones y falsaciones.

Las cuatro mecánicas de validación y falsación propuestas no agotaría la lista de direcciones de progreso, pero sí se perciben válidas para reflexionar sobre nuevos procesos de convergencia, consolidación y fortalecimiento del ámbito de DC. Un cambio de actitud que sería deseable para el futuro de éste ámbito.

## Referencias

- Acevedo, J. A. (2009a). Conocimiento didáctico del contenido para la Enseñanza de la naturaleza de la ciencia (I): el marco teórico. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 6(1), 21-46.
- Acevedo, J. A. (2009b). Conocimiento didáctico del contenido para la enseñanza de la naturaleza de la ciencia (II): una perspectiva. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 6(2), 164-189.
- Acevedo, J. A., Vázquez, A., Manassero, M. A. y Acevedo, P. (2007). Consensos sobre la naturaleza de la ciencia: aspectos epistemológicos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 4(2), 202-225.

- Adúriz-Bravo, A. y Izquierdo, M. (2009). Un modelo de modelo científico para la enseñanza de las ciencias naturales. *Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias*, nº extra, 40-49.
- Benarroch, A. (2000). Una interpretación del desarrollo cognoscitivo de los alumnos en el área de la naturaleza corpuscular de la materia. *Enseñanza de las Ciencias*, 19(1), 123-134.
- Benarroch, A. y Marín, N. (2011). Relaciones entre creencias sobre enseñanza, aprendizaje y conocimiento de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 29(2), 289-304.
- Benarroch, A., Marín, N. y Matus, M. (2009). Progresión o persistencia en las explicaciones de los alumnos. un ejemplo en el área del enlace químico. *Enseñanza de las Ciencias, Número Extra* (VIII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias. Barcelona), 1733-1736.
- 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»*.
- Carey, S. y Spelke, E. (1994). Domain specific knowledge and conceptual change. En L. Hirschfeld y S. Gelman (Eds.), *Mapping the mind*. Cambridge, Ma: Cambridge University Press.
- Cañal, P. (1995). Formación inicial y permanente del profesorado de Primaria. *La Didáctica de las Ciencias Experimentales a Debate* (pp. 3-12). Presented at the XV Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales, Manga del Mar Menor (Murcia).
- Cudmani, L. C. de, Pesa, M. A. y Sandoval, J. S. de. (2000). Hacia un modelo integrador para el aprendizaje de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 18(1), 3-13.
- Delval, J. (1997). Tesis sobre el constructivismo. En M. J. Rodrigo y J. Arnay (Eds.). *La construcción del conocimiento escolar* (pp. 15-24). Barcelona: Paidós.
- Driver, R. (1983). *The pupil as scientist*. Milton Keynes, UK: Open University Press.
- Driver, R. (1986). Psicología cognoscitiva y esquemas conceptuales de los alumnos. *Enseñanza de las Ciencias*, 4(1), 3-15.
- Driver, R., Guesne, E. y Tiberghien, A. (1989). *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia*. Madrid: Morata.
- Duit, R. (1999). Conceptual change approaches in Science Education. En W. Schnotz, S. Vosniadou y M. Carretero (Eds.), *New perspectives on conceptual change* (pp. 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.
- Duschl, R. A. (1994). Editorial Policy Statement and Introduction. *Science Education*, 78(3), 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*, 28 (9), 839-858.
- Fernández, I., Gil, D., Carrascosa, J., Cachapuz, A. y Praia, J. F. (2002). Visiones deformadas de la ciencia transmitidas por la enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, 20(3), 477-488.
- Glaserfeld, E. von. (1993). Introducción al constructivismo radical. En P. Watzlawick (Ed.), *La realidad inventada* (pp. 20-27). Barcelona: Gedisa.

- Gutiérrez, R. (1987). La investigación en Didáctica de las Ciencias: elementos para su comprensión. *Bordón*, 39(268), 339-362.
- 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.
- Izquierdo, M., Sanmartí, N. y Espinet, M. (1999). Fundamentación y diseño de las prácticas escolares de ciencias experimentales. *Enseñanza de las Ciencias*, 17(1), 45-60.
- Jiménez-Aleixandre, M. P. (1995). Comment on «editorial policy statement» by Richard Duschl. *Science Education*, 79(6), 701-704.
- Jiménez-Aleixandre, M. P. (2000). Modelos Didácticos. En F. J. Perales y P. Cañal (Eds.), *Didáctica de las Ciencias Experimentales* (pp. 165-186). Alcoy: Marfil.
- Jiménez-Aleixandre, M. P. (2008). La publicación como proceso de diálogo y aprendizaje: el papel de artículos y revistas en la Didáctica de las Ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 26(3), 311-320.
- Jiménez-Gómez, E., Benarroch, A. y Marín, N. (2006). The coherence of conceptions: a study concerning the particulate nature of matter. *Journal of Research in Science Teaching*, 43(6), 577-598.
- Kelly, G. J. (1997). Research traditions in comparative context: a philosophical challenge to radical constructivism. *Science Education*, 81(3), 355-375.
- Landeta, J. (1999). *El método Delphi. Una Técnica de previsión para la incertidumbre*. Barcelona: Ariel.
- 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.
- Marín, N. (1994). *Evolución de los esquemas explicativos en situaciones de equilibrio mecánico*. Universidad de Granada, Facultad de Educación.
- Marín, N. (1999). Delimitando el campo de aplicación del cambio conceptual. *Enseñanza de las Ciencias*, 17(1), 79-92.
- Marín, N. (2003a). Visión constructivista dinámica para la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias, Extra*, 43-55.
- Marín, N. (2003b). Conocimientos que interaccionan en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 21(1), 65-78.
- Marín, N. (2005). *La enseñanza de las ciencias en Educación Infantil*. Granada: Grupo Editorial Universitario.
- Marín, N. (2010a). Propuesta para compartir una base de datos de información bibliográfica (Bib) en Didáctica de las Ciencias. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 7(3), 613-635.
- Marín, N. (2010b). Nuevas opciones constructivas en la teoría de Piaget sugeridas por las ideas de Vygotsky. *EDUCyT*, 1(1).
- 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., Benarroch, A. y Jiménez-Gómez, E. (2000). What is the relationship between Social Constructivism and Piagetian Constructivism? An analysis of the characteristics of the ideas within both theories. *International Journal of Science Education*, 22(3), 225-238.

- Marín, N., Benarroch, A. y Niaz, M. (2011). Revisión de Consensos sobre Naturaleza de la Ciencia. *Revista de Educación*, 361.
- 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., Jiménez-Gómez, E., Solano, I. y Benarroch, A. (2001). New Trends in Studies on Conceptions in Science. En F. Columbus (Ed.), *Advances in Psychology research* (Nova., pp. 315-350). New York.
- 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.
- Matthews, M. R. (1994). Vino viejo en botellas nuevas: un problema con la epistemología constructivista. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(1), 79-88.
- McComas, W. F., Clough, M. P. y Almazroa, H. (1998). The Role And Character of The Nature of Science in Science Education. En W. F. McComas (Ed.), *The Nature Of Science In Science Education. Rationales and Strategies* (pp. 3-39). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- 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.
- Nersessian, N. J. (2008). Mental Modeling in Conceptual Change. En S. Vosniadou (Ed.), *International Handbook Of Research On Conceptual Change* (pp. 275-302). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- 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.
- Pintrich, P. R. (1999). Motivational Beliefs as Resources for and Constraints on Conceptual Change. En W. Schnotz, S. Vosniadou y M. Carretero (Eds.), *New perspectives on conceptual change* (pp. 33-50). Londres: Elsevier.
- 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. (1996). No es oro todo lo que reluce ni se construye (igual) todo lo que se aprende: contra el reduccionismo constructivista. *Anuario de Psicología*, 69, 127-139.
- Pozo, J. I. (2003). *La adquisición de conocimiento*. Madrid: Morata.
- Pozo, J. I. y Flores, F. (2007). *Cambio conceptual y representacional en el aprendizaje y la enseñanza de la ciencia*. Madrid: Machado.
- Pozo, J. I. y Gómez Crespo, M. A. (1998). *Aprender y enseñar ciencia*. Madrid: Ediciones Morata.

- Pozo, J. I., Scheuer, N., Pérez Echeverría, M. P., Mateos, M., Martín, E. y Cruz, M. D. la. (2006). *Nuevas formas de pensar la enseñanza y el aprendizaje*. Barcelona: Grao.
- Sanmartí, N. (2008). Contribuciones y desafíos de las publicaciones del área de educación en ciencias en la construcción y consolidación de la identidad del área: la experiencia de la revista enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 26(3), 301-310.
- Solomon, J. (1994). The rise and fall of constructivism. *Studies in Science Education*, 23, 1-19.
- 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.
- Staver, J. R. (1998). Constructivism: sound theory for explicating the practice of science and science teaching. *Journal of Research in Science Teaching*, 35(5), 501-520.
- 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. (2002). Nested Epistemologies: Science Teachers' Beliefs of Teaching. *Learning and Science*, 24, 771-783.
- 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.
- Vuyk, R. (1985). *Panorámica y crítica de la epistemología genética de Piaget 1965-1980*. Madrid: Alianza Universitaria.
- Yang, W. G. (1999). An Analysis of «Pupil as Scientist» Analogies. *Science as Culture. Bicentenary of the Invention of the Battery by Alessandro Volta* (pp. 15-19).