

CONOCIMIENTO DIDÁCTICO DEL CONTENIDO PARA LA ENSEÑANZA DE LA NATURALEZA DE LA CIENCIA (I): EL MARCO TEÓRICO

José Antonio Acevedo Díaz

Consejería de Educación de la Junta de Andalucía.
Inspección de Educación. Delegación Provincial de Huelva.
E-mail: ja_acevedo@vodafone.es

[Recibido en Julio de 2008, aceptado en Noviembre de 2008]

RESUMEN([Inglés](#))

El conocimiento de la naturaleza de la ciencia (NdC) se considera un contenido clave en las recientes reformas de la enseñanza de las ciencias implantadas en diversos países del mundo. En este artículo, primera parte del estudio, se propone el Conocimiento Didáctico del Contenido (CDC) como marco teórico para orientar la formación del profesorado de ciencias en la enseñanza de la NdC. Se expone el significado general del CDC a partir de la formulación de Lee S. Shulman y otros autores, y se revisa brevemente la aplicación del CDC en la didáctica de las ciencias.

Palabras clave: *Conocimiento Didáctico del Contenido; naturaleza de la ciencia; desarrollo profesional del profesorado; educación científica.*

“Una segunda clase de conocimiento del contenido es el conocimiento didáctico que va más allá del conocimiento del tema per se hacia la dimensión del tema para la enseñanza.”

(Shulman, 1986, p. 9)

INTRODUCCIÓN

¿Qué necesita conocer y saber hacer un profesor para impartir conocimientos actualizados de naturaleza de la ciencia (NdC en adelante), así como para enseñar de manera coherente con los puntos de vista contemporáneos sobre la NdC?^[1] ¿Por qué un profesor que tiene una buena comprensión de la NdC, e incluso ha sido formado para enseñarla, puede decidir no desarrollar explícitamente la NdC en el aula? Para intentar dar respuesta a estas preguntas, se propone como marco teórico para el desarrollo de la formación del profesorado de ciencias respecto a la práctica docente de la NdC el derivado del *Conocimiento Didáctico del Contenido* (CDC en adelante) – *Pedagogical Content Knowledge* en inglés (PCK)^[2]–, un concepto propuesto inicialmente por Lee S. Shulman en 1983 y que se considera clave para la investigación y la mejora de la práctica docente del profesorado.

El CDC es un elemento central del conocimiento del profesor y resulta fundamental hoy para promover el desarrollo profesional del profesorado de ciencias en países como EE.UU., entre otros muchos más, y así aparece recogido en los *National Science Education Standards* (NRC, 1996), en los estándares de la *National Science Teachers Association* para la preparación del profesorado de ciencias (NSTA, 1999) y en las recomendaciones del *National Research Council* para formar al profesorado de ciencias, matemáticas y tecnología en los inicios del siglo XXI (NRC, 1997, 2001). Este concepto tiene tanta importancia en la actualidad que numerosos trabajos presentados en diversos congresos organizados por prestigiosas asociaciones internacionales de la educación científica –*National Association for Research in Science Teaching* (NARST), *Association for Science Teacher Education* (ASTE), *European Science Education Research Association* (ESERA), etc.– hacen alusión al CDC (Garritz, 2006). Así mismo, el *International Journal of Science Education* le ha dedicado un número monográfico muy recientemente (Abell, 2008; Berry, Loughran y Van Driel, 2008).

Este estudio se ha dividido en dos partes. En esta primera, se discutirá el significado general del CDC a partir de las ideas iniciales de su creador Lee S. Shulman y se prestará luego una atención breve al uso del CDC en la didáctica de las ciencias y sus fuentes documentales. En la segunda, que se publicará también en esta revista, se propondrán los principales factores generales y específicos que impiden o dificultan la enseñanza de la NdC desde la perspectiva del CDC, cuyo conocimiento se considera necesario para llevar a cabo los procesos de formación del profesorado de ciencias en torno a este tema.

CONOCIMIENTO DIDÁCTICO DEL CONTENIDO

El origen del CDC se remonta a una conferencia que Shulman dio en la Universidad de Texas –en Austin– durante el verano de 1983, titulada: “*El paradigma perdido en la investigación sobre la enseñanza*” (Shulman, 1999)[3]. Este paradigma resultó ser “*el pensamiento del profesor sobre el contenido del tema objeto de estudio y su interacción con la didáctica*” (Berry, Loughran y Van Driel, 2008; Garritz, 2006; Garritz y Trinidad-Velasco, 2004). Lo que Shulman proponía era centrar la atención en el estudio del pensamiento del profesor sobre la enseñanza del contenido de la asignatura. Para ello, hay que tener en cuenta que toda actividad educativa tiene como respaldo una serie de creencias y teorías implícitas que forman parte del pensamiento del profesor y que orientan sus ideas sobre el conocimiento, la construcción de su enseñanza y su aprendizaje (Abell, 2007; Cochran-Smith y Lytle, 1990; Porlán y Rivero, 1998).

El CDC incluye las conexiones entre los conocimientos de la materia y didácticos del profesor. Esta interacción permite la transformación del contenido para su enseñanza; es decir, la transposición didáctica del contenido (Chevallard, 1985), que es el aspecto más original de la propuesta de Shulman según Marcelo (1993). Shulman (1987) también introdujo un *Modelo Didáctico de Razonamiento y Acción*, que fue caracterizado por Gudmundsdottir (1991) posteriormente, al extender el modelo a las ciencias sociales, como una teoría substantiva mediante la cual un profesor “*puede transformar la comprensión, las habilidades para desenvolverse o las actitudes y*

valores deseados en representaciones y acciones didácticas". Así mismo, Shulman (1987) señaló que el proceso docente propiamente dicho se inicia cuando el profesor empieza con una planificación reflexiva de su actividad docente, desde las finalidades educativas, la estructura conceptual y las ideas del tema que va a enseñar, hasta el contexto educativo y, entonces, comprende a fondo lo que debe ser aprendido por sus estudiantes. A continuación reflexionó sobre cómo lo debe enseñar (selección y organización de los materiales a utilizar, así como de analogías, metáforas, ejemplos, demostraciones, explicaciones, etc.), tomando en consideración las mejores formas de representación del contenido y las características del razonamiento de sus propios alumnos, para plantear una forma de enseñanza, evaluación, reflexión y nueva comprensión para el futuro, con lo que se reiniciará otra vez un ciclo de reflexión. Por su naturaleza procesual, el *Modelo Didáctico de Razonamiento y Acción* requiere procesos de razonamiento del profesor sobre el contenido para la enseñanza que están en continua reestructuración. Su dinámica se ve enriquecida por el contexto en que sucede, como resultado de las interacciones sociales que el acto educativo implica y los distintos momentos que caracterizan la práctica docente: planteamiento del tema, transposición didáctica de los contenidos, planificación, enseñanza, evaluación, revisión de los procesos, etc. (véase la figura 1). En definitiva, el *Modelo Didáctico de Razonamiento y Acción* es un modelo dinámico y cíclico de reflexión y acción docente.

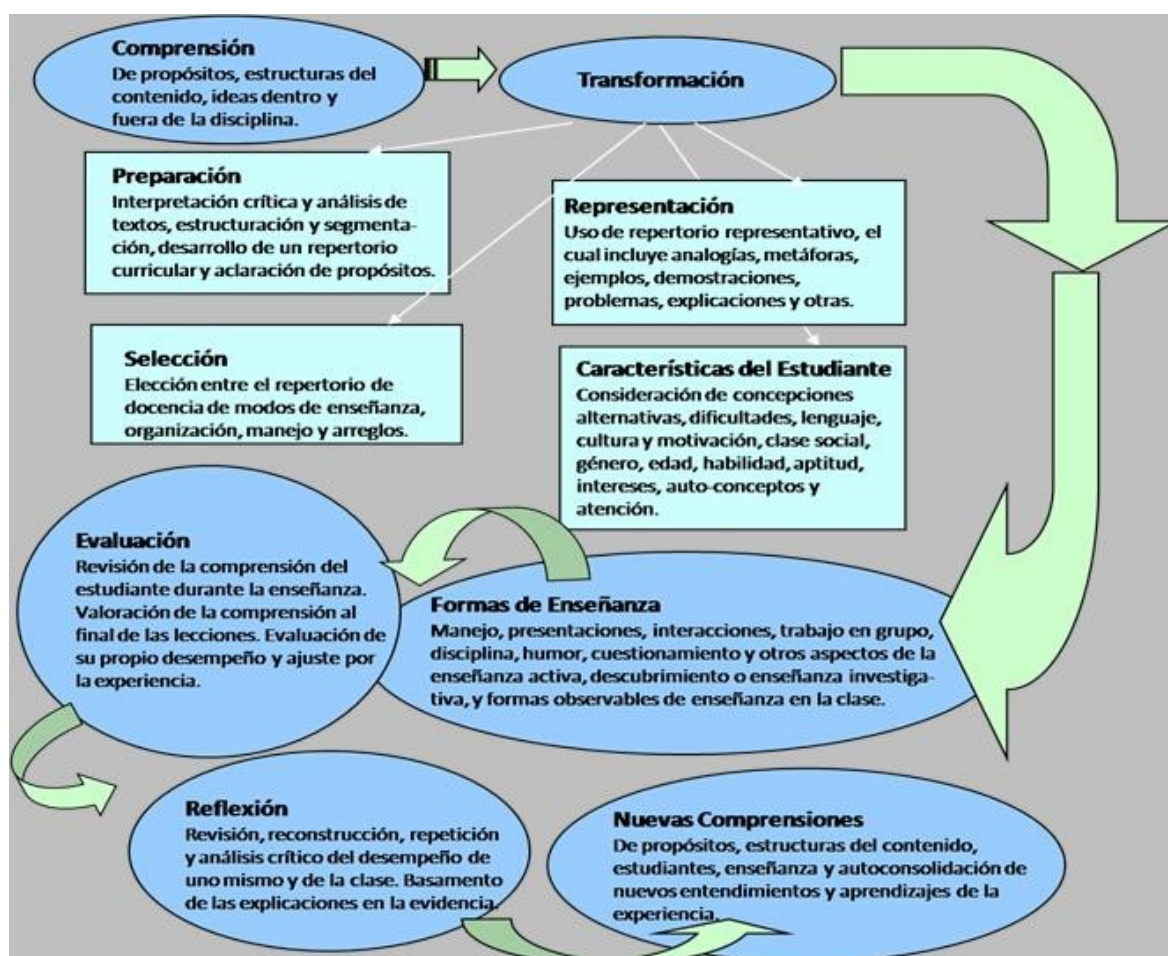


Figura 1.- Modelo Didáctico de Razonamiento y Acción propuesto por Shulman (1987) y adaptado por Salazar (2005).

Según Shulman (1987), el *conocimiento base para la enseñanza*[4] de un profesor debe incluir al menos siete categorías de conocimiento diferentes[5]: (i) conocimiento del contenido, (ii) conocimiento didáctico general, (iii) conocimiento curricular, (iv) conocimiento didáctico del contenido, (v) conocimiento de las características, los aspectos cognitivos, la motivación, etc. de los estudiantes, (vi) conocimiento de los contextos educativos y (vii) conocimiento de las finalidades educativas, los valores educativos y los objetivos.

Estos siete tipos de conocimiento base se volvieron a definir posteriormente por Grossman (1990) –una colaboradora de Shulman– en cuatro grupos más generales: (i) conocimiento didáctico general, (ii) conocimiento del contenido, (iii) conocimiento didáctico del contenido y (iv) conocimiento del contexto. Según algunos autores, una noción más inclusiva del CDC es mejor que una demasiado extensa (Hashweh, 2005).

De los distintos tipos de conocimiento señalados, la atención va a centrarse aquí en el CDC, cuyo estudio puede facilitar la comprensión de cómo un profesor principiante que “conoce una materia” se convierte poco a poco en “maestro de la materia” (Clermont, Borko y Krajcik, 1994; Marcelo, 2001; Mulholland y Wallace, 2005). El interés por el CDC se debe, sobre todo, a que implica un conjunto de saberes que permite al profesor trasladar a la enseñanza el contenido de un determinado tópico; esto es, hacer la transposición didáctica del conocimiento especializado de un tema a conocimiento escolar objeto de enseñanza y aprendizaje (Chevallard, 1985).

Para Shulman (1987, p. 8 de la versión original en inglés; p. 11 de la traducción en castellano, 2005), el CDC representa:

“[...] la mezcla entre el contenido y la didáctica por la que se llega a una comprensión de cómo determinados temas y problemas se organizan, se representan y se adaptan a los diversos intereses de los alumnos, y se exponen para la enseñanza.”

Es decir, el CDC es una combinación adecuada entre el conocimiento de la materia a enseñar y el conocimiento pedagógico y didáctico relativo a cómo enseñarla (Marcelo, 2001). Así mismo, (Shulman, 1986, p. 9) incluye en el CDC:

“[...] las formas más útiles de representación [...], analogías, ilustraciones, ejemplos, explicaciones y demostraciones, es decir, las formas de representar y formular el tema que lo hacen comprensible a los otros [...] además de la comprensión de lo que hace fácil o difícil el aprendizaje de un tema concreto: las concepciones e ideas previas que los estudiantes de diferentes edades traen al aprendizaje.”

De otra forma, es necesario prestar atención especial al modo de definir y comprender el contenido del tema a enseñar y la didáctica, así como a la relación entre ambos. Tal y como afirma Shulman (1999, p. xi):

“[...] la enseñanza como transformación de la comprensión [del contenido de un tema] se apoya en la profundidad, calidad y flexibilidad del conocimiento del contenido y en la capacidad de hacer poderosas representaciones y reflexiones sobre ese conocimiento.”

El CDC es un concepto complejo y poliédrico, no sólo como conjunto de conocimientos y destrezas, sino también por las diversas interpretaciones que se han hecho del

mismo (Abd-El-Khalick, 2006; Berry, Loughran y Van Driel, 2008). Desde el primer momento, el CDC fue objeto de discusión por la ambigüedad con que Shulman lo citó al principio, pues entonces no hizo alusión al modo en que podía hacerse operativo y, menos aún, a los elementos que permitían definirlo (Geddis *et al.*, 1993; Gess-Newsome, 1999a; Grossman, 1990). En efecto, Shulman distinguió la primera vez solamente dos componentes básicos del CDC: el conocimiento que tiene un profesor (i) de los estudiantes como aprendices y (ii) de la enseñanza de temas concretos.

El primero incluye el conocimiento detallado de las ideas previas de los estudiantes sobre un tema, las dificultades que surgen en la construcción de ciertos contenidos y en su aprendizaje, así como el interés y la motivación que pueden suscitar esos contenidos. Un buen conocimiento de los estudiantes permite al profesor interpretar mejor sus ideas y acciones, de tal modo que podrá organizar la enseñanza con más eficacia, enfocando las estrategias didácticas hacia mejores representaciones del contenido.

Por otro lado, el conocimiento suficientemente detallado de un tema facilita al profesor anticipar los componentes y relaciones entre los contenidos que pueden presentar más problemas para su comprensión (Shulman, 1986, 1987, 1993). Un buen conocimiento de la asignatura que se imparte significa saber que *algo es así*, comprender *por qué lo es* y saber *bajo qué circunstancias es válido* el conocimiento correspondiente: “*Esto será importante en las consiguientes decisiones didácticas que consideren el énfasis curricular*” (Shulman, 1986, p. 9). No obstante, el conocimiento a fondo del tema será infructuoso si los puntos de vista de los estudiantes sobre sus contenidos no se tienen en cuenta. Así mismo, la relación entre el conocimiento significativo y la selección de estrategias de enseñanza debe considerar las diferencias entre las diversas materias que pueden ser objeto de enseñanza y aprendizaje. De otra forma, cada disciplina tiene una dimensión didáctica que no está separada de su contenido, por lo que resulta imprescindible cambiar la atención desde los enfoques más genéricos hacia otros más específicos de la asignatura en la formación del profesorado, lo que supone reivindicar la importancia de las didácticas específicas en esta formación.

El uso de actividades significativas de aprendizaje, que incluyan demostraciones, analogías, metáforas, etc. para ampliar la comprensión del contenido del tema, depende de las propias características del contenido, del dominio que el profesor tenga del mismo y del conocimiento previo del tema que tengan los estudiantes, entre otras cosas. Estas actividades pueden ayudar a los estudiantes a relacionar sus ideas previas con la nueva información recibida y, de esta forma, desarrollar nuevas ideas más adecuadas. Así mismo, estos saberes también permiten al profesor tener mayor fluidez en su discurso y la identificación de aplicaciones del tema que conecten con la vida cotidiana de sus estudiantes (Gess-Newsome, 1999b).

Posteriormente, como consecuencia de las investigaciones que llevó a cabo, Grossman (1990) concluyó que los componentes del CDC también implican conocimiento del currículo y del contexto de aprendizaje, además de conocimiento sobre los estudiantes y las estrategias didácticas. El principal valor del CDC está en la posibilidad que tiene un profesor de integrar todos estos componentes, puesto que el CDC debe entenderse de manera holística.

Unos años después, Gess-Newsome (1999a) desarrolló dos modelos teóricos para intentar explicar la formación del CDC: (i) el modelo integrador y (ii) el modelo transformativo. El primero (representado como diagrama de Venn en la figura 2) considera el CDC como resultado de la intersección entre la didáctica, el contenido y el contexto. Por el contrario, el segundo contempla el CDC como el resultado de una transformación del conocimiento didáctico, del contenido de la materia y del contexto (figura 3). Para esta autora, ambos modelos representan los extremos de un continuo, en el que el modelo integrador expresa un marco donde los conocimientos sobre el tema, la didáctica y el contexto pueden desarrollarse por separado para integrarse después en la acción docente, mientras que el modelo transformativo no se ocupa tanto del desarrollo de estos conocimientos, sino de cómo se transforman en CDC en la práctica docente, como conocimiento base para la enseñanza. Ambos modelos son un buen punto de partida para analizar los planes de formación del profesorado, sean profesores principiantes o con alguna experiencia docente (Nilsson, 2007, 2008), pero por desgracia todavía no han sido desarrollados suficientemente ni aún tienen todo el apoyo empírico que sería deseable (Abd-El-Khalick, 2006).

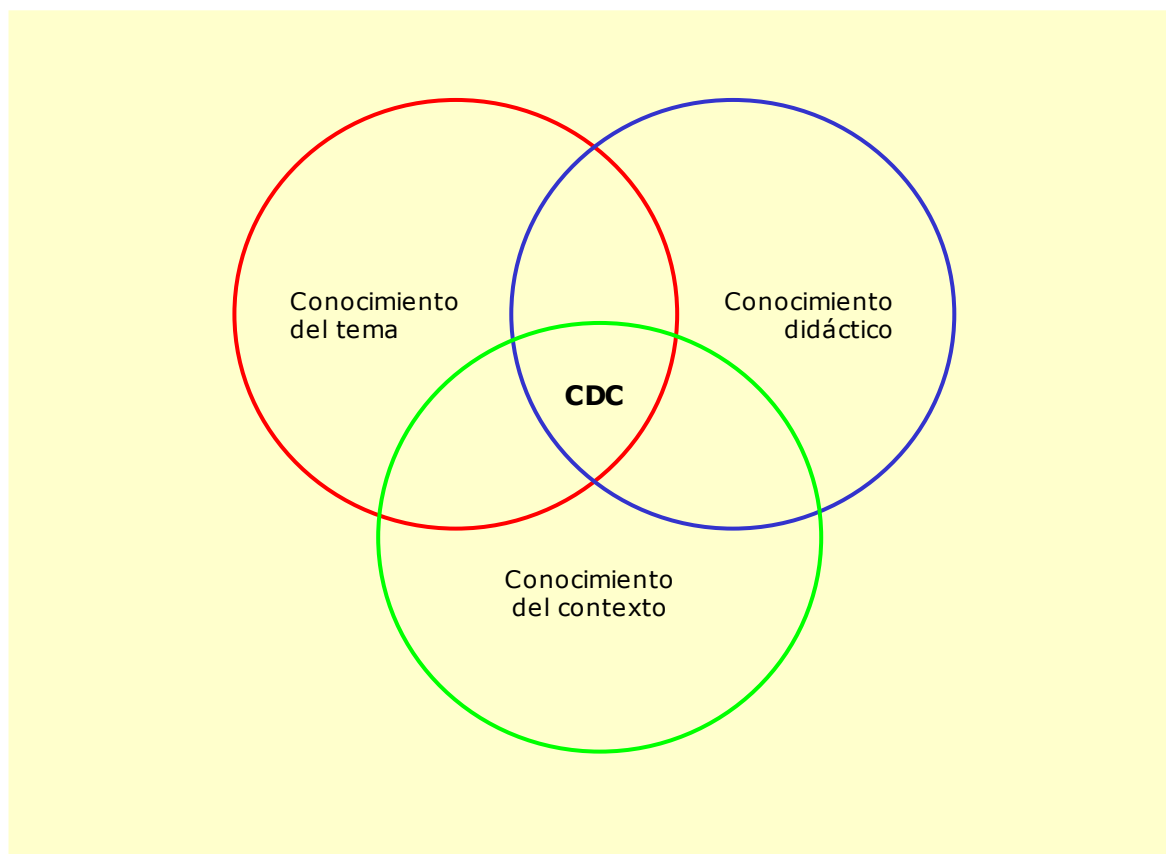


Figura 2.- Modelo integrador del CDC según Gess-Newsome (1999a).

Por otra parte, Morine-Dershimer y Kent (1999) han discutido las fuentes del conocimiento didáctico y del CDC. La figura 4 muestra un esquema de las relaciones entre diversas facetas del conocimiento didáctico, que es uno de los elementos del CDC, mientras que las relaciones mutuas entre los distintos tipos de conocimiento que configuran el CDC pueden contemplarse en el esquema de la figura 5.

En el ámbito de la enseñanza de las ciencias, Magnusson, Krajcik y Borko (1999) han esbozado también los rasgos principales del CDC. A partir del modelo de Grossman (1990), proponen cinco componentes del CDC en forma de conocimientos y creencias sobre: (i) finalidades y objetivos que se pretenden con la enseñanza de las ciencias, que los autores denominan como orientaciones hacia la enseñanza, (ii) currículo, (iii) evaluación, (iv) comprensión de los temas de ciencias por los estudiantes y (v) estrategias de enseñanza. Puede observarse cierta similitud entre estos componentes del CDC y los aspectos señalados por Morine-Dershimer y Kent (1999). En ambos casos se destaca la importancia del conocimiento de la evaluación, los aprendices, el currículo y las estrategias de enseñanza.

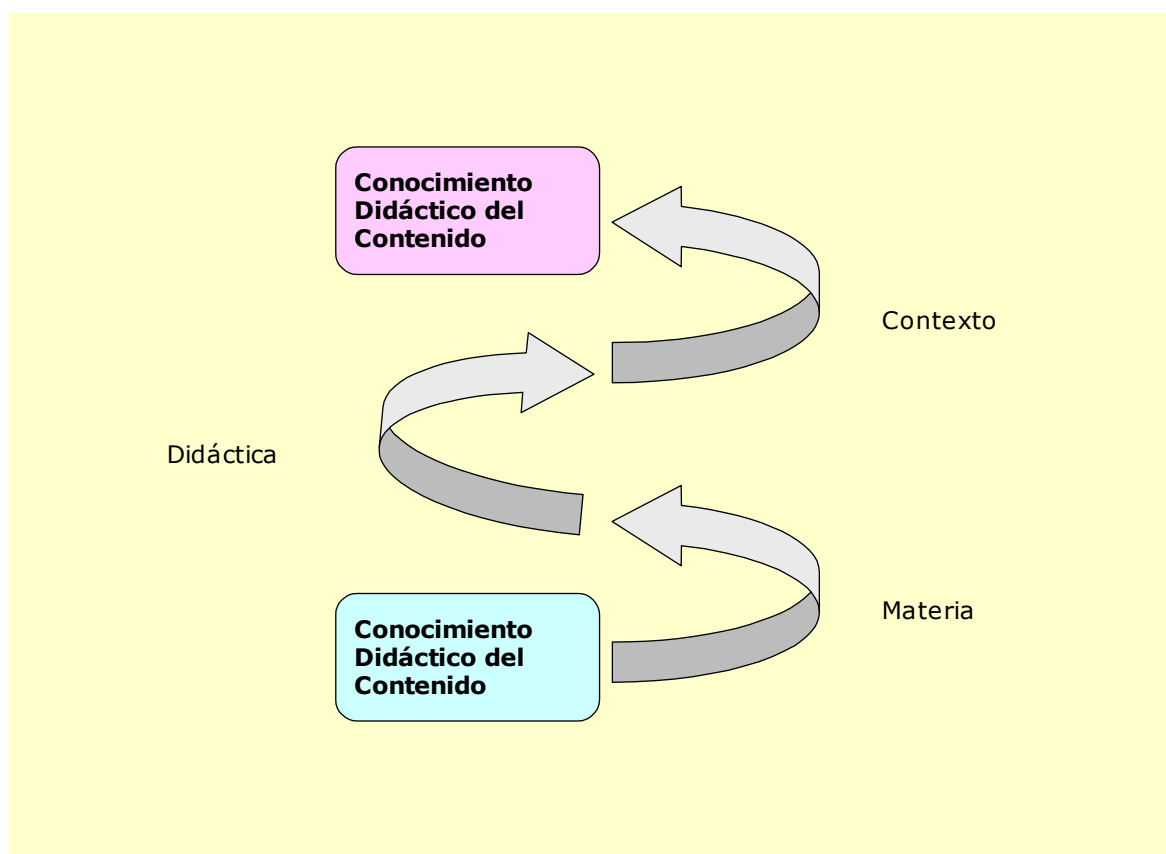


Figura 3.- Modelo transformativo del CDC según Gess-Newsome (1999a).

En resumen, el concepto del CDC en sí mismo y su relación con otros ámbitos del conocimiento del profesor han sido muy debatidos en la bibliografía, pero hay un acuerdo general en que el desarrollo del CDC está ligado sobre todo a la práctica docente y la reflexión sobre ésta (Da-Silva *et al.*, 2007; Nilsson, 2007, 2008). De este modo, se puede afirmar que los profesores que tienen éxito en la enseñanza del contenido de un tema específico probablemente han conseguido desarrollar un CDC adecuado del mismo. Con otras palabras, la noción del CDC incluye la idea de que los profesores con éxito en la enseñanza del contenido de determinado tema tienen una especial comprensión del conocimiento de ese contenido y de la didáctica necesaria para su enseñanza.

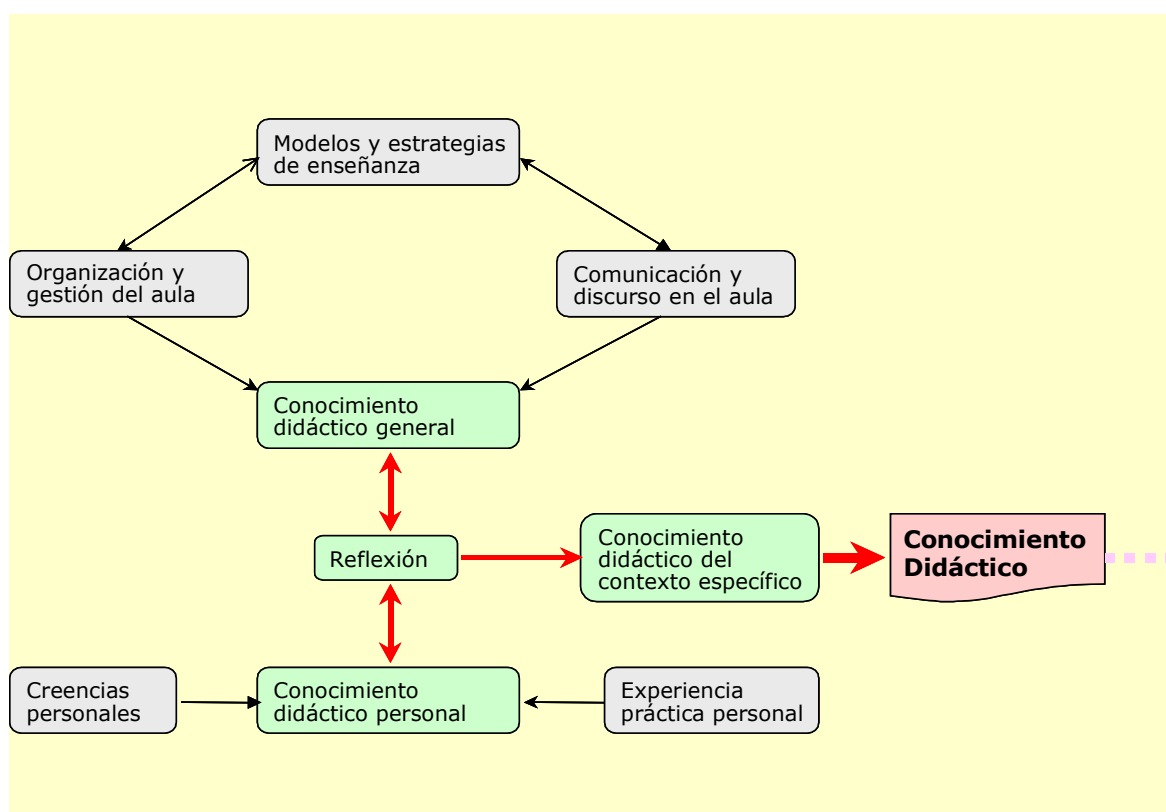


Figura 4.- Diversas facetas del conocimiento didáctico según Morine-Dersheimer y Kent (1999).

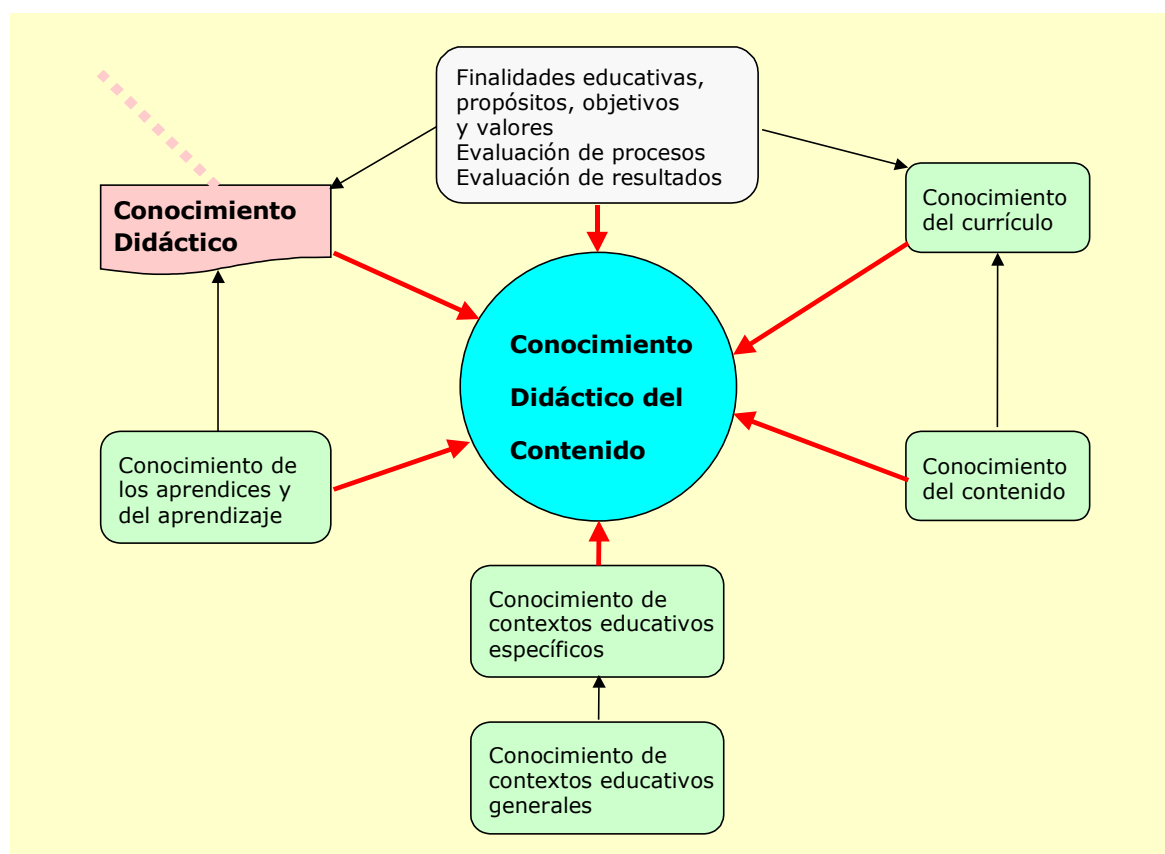


Figura 5.- Tipos de conocimientos que contribuyen al CDC según Morine-Dersheimer y Kent (1999).

El recorrido conceptual realizado en torno al CDC en esta sección tendría que haber permitido si quiera vislumbrar la importancia de revisar los planes de formación del profesorado desde la perspectiva de este modelo. Además, no debería olvidarse que hay una particularidad disciplinar que impregna a los contenidos y la propia dimensión didáctica, lo que confiere una relevancia especial a las didácticas específicas. De acuerdo con ello, en la próxima sección, se comentarán brevemente las fuentes documentales del CDC tal y como se viene usando en la didáctica de las ciencias para la formación del profesorado de ciencias.

UNA BREVE REVISIÓN DEL CONOCIMIENTO DIDÁCTICO DEL CONTENIDO EN LA DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS Y SUS FUENTES DOCUMENTALES

El CDC empezó a utilizarse como marco teórico en la formación del profesorado de ciencias en EE.UU. poco tiempo después de su formulación inicial (Gess-Newsome y Lederman, 1993, 1995; Lederman y Gess-Newsome, 1992; Lederman, Gess-Newsome y Latz, 1994; Lederman y Latz, 1995) y actualmente, casi un cuarto de siglo después, se continúa considerando muy útil y con una elevada capacidad de uso potencial en la investigación del desarrollo profesional docente (Abell, 2008)[6].

Durante las dos últimas décadas, se han hecho –y siguen haciéndose hoy– estudios del CDC en diferentes países sobre:

(i) Aspectos diversos del CDC en sí mismo como modelo teórico para la investigación sobre la formación del profesorado de ciencias (Abd-El-Khalick, 2006; Abd-El-Khalick y BouJaoude, 1997; Abell *et al.*, 2007; Appleton, 2003; Barnett y Hodson, 2001; Berry, Loughran y Mulhall, 2006; Carlsen, 1999; Clermont, Borko y Krajcik, 1994; Corrigan, 2007; Everett, Luera y Otto, 2008; Friedrichsen *et al.*, 2007; Geddis y Wood, 1997; Kendir, 2007; Lederman y Gess-Newsome, 1999; Lee, 2007a,b; Lee y Luft, 2008; Loughran, Mulhall y Berry, 2008; Magnusson, Krajcik y Borko, 1999; Mellado, 1994, 1995, 1996, 1998; Mulholland y Wallace, 2005; Nilsson, 2007, 2008; Smith, 1999; Talanquer, 2004; Van Driel, De Jong y Verloop, 2002; Van Driel, Verloop y De Vos, 1998; Veal y MaKinster, 1999; Wang y Volkmann, 2007; Zeidler, 2002; entre otros).

(ii) La aplicación del CDC en la enseñanza de temas de ciencias habituales en el currículo escolar (Bond-Robinson 2005; De Jong y Van Driel, 2001, 2004; De Jong, Van Driel y Verloop, 2005; De Jong, Veal y Van Driel, 2002; Drechsler y Van Driel, 2007; García-Franco y Garritz, 2006; Garritz, Padilla *et al.*, 2007; Garritz, Porro *et al.*, 2007; Geddis, 1993; Geddis *et al.*, 1993; Hoz, Tomer y Tamir, 1990; Justi y Van Driel, 2005; K  p  yl  , Heikkinen y Asunta, 2008 in press; Loughran, Berry y Mulhall, 2006; Loughran *et al.*, 2001; Loughran, Mulhall y Berry, 2004; Luera, Everett y Otto, 2007; Mulhall, Berry y Loughran, 2003; Ochanji, 2007; Padilla *et al.* 2007, 2008; Parker y Heywood, 2000; Reyes y Garritz, 2006; Rollnick *et al.*, 2008; Sánchez-Blanco y Valcárcel, 2000; Smith y Neale, 1989; Sprotte y Eilks, 2007; Van Driel y Verloop, 1999; Veal y Kubasko 2003; entre otros).

(iii) El uso del CDC en la enseñanza de temas de los currículos de ciencias reformados (Aydeniz, 2008; Henze, Van Driel and Verloop, 2007a,b, 2008; Garritz, 2007; Moreland, Jones y Cowie, 2006; Seker, 2007; Van Driel, Beijgaard y Verloop, 2001; Velázquez y Garritz, 2008).

(iv) E incluso su utilización en la enseñanza de una asignatura completa (Abd-El-Khalick, 2006).

Los trabajos relativos al CDC están aumentando mucho en los últimos años (Garritz, 2006) y el CDC muestra gran vitalidad en la actualidad. No obstante, todavía es necesaria mucha más investigación sobre el CDC en determinados temas de ciencias (Abell, 2007; De Jong, Veal y Van Driel, 2002; Magnusson, Krajcik y Borko, 1999) y sobre el propio CDC como modelo en sí mismo (Abell, 2007, 2008).

Al igual que sucede en otras didácticas específicas, el CDC se usa en didáctica de las ciencias, por un lado, como modelo para describir e interpretar el modo en que los profesores en formación inicial y principiantes aprenden a interpretar y transformar el contenido de un tema en significados comprensibles para un grupo de estudiantes en el aula (Van Driel, Verloop y De Vos, 1998). Por otro lado, aunque el CDC parece ser idiosincrásico de cada profesor, varias investigaciones sobre el CDC de profesores de ciencias defienden la posibilidad de hacer algunas generalizaciones potencialmente útiles para la formación de otros profesores de ciencias (Garritz, 2007; Loughran, Berry y Mulhall, 2006; Loughran *et al.*, 2001; Loughran, Mulhall y Berry, 2004; Mulhall, Berry y Loughran, 2003; Van Driel, 2007; Van Driel, Verloop y De Vos, 1998).

Desde el punto de vista del diseño de una investigación, se han sugerido distintos procedimientos, métodos e instrumentos de recogida de datos para intentar sacar a la luz y describir el CDC del profesorado. Baxter y Lederman (1999) los clasifican en tres tipos principales: (i) procedimientos inferenciales y convergentes (p.e., cuestionarios de elección múltiple y abiertos; Schuster *et al.*, 2008), (ii) mapas conceptuales y representaciones gráficas (Da-Silva *et al.*, 2007, y (iii) evaluaciones por métodos múltiples (Van Driel y De Jong, 2001) o mixtos (Chatterji, 2004).

Por su parte, Abell (2008) señala las siguientes fuentes documentales escritas: (i) la preparación de lecciones (Abell *et al.*, 2007; Van der Valk y Broekman, 1999) y (ii) los sistemas de matrices como recursos escritos para la representación del CDC relativo a la enseñanza de los temas de ciencias (Loughran *et al.*, 2001; Loughran, Mulhall y Berry, 2008), que serán abordados con más detalle a continuación por su amplio uso.

Como es sabido, las representaciones de la práctica docente han intentado describir e interpretar las principales características de la experiencia docente del profesorado mediante narraciones. La utilización de la narrativa en la investigación proporciona abundantes detalles de la experiencia docente de modo holístico, incluyendo su peculiaridad, complejidad e indeterminación; también permite abrir a otros profesores la información conseguida. Sin embargo, como han apuntado Baxter y Lederman (1999), la identificación del CDC de un profesor es un proceso muy complejo debido, entre otras cosas, a que se trata de un conjunto de conocimientos implícitos que primero hay que hacer explícitos, lo cual es algo plagado de dificultades. Además, hay que tener en cuenta que el CDC de un profesor es dinámico y no estático (Nilsson, 2007, 2008; Wang y Volkmann, 2007) y que la articulación del CDC de un profesor suele requerir un amplio periodo de tiempo en general (Loughran, Berry y Mulhall, 2006; Loughran, Mulhall y Berry, 2004; Nilsson, 2007, 2008; Henze *et al.*, 2008), que suele superar con creces el disponible en los cursos de formación (Abd-El-Khalick, 2006).

La representación del CDC de un tema de ciencias pretende hacer explícita la toma de decisiones de un profesor a la hora de enseñar un contenido científico determinado, lo cual es un aspecto clave del CDC. Loughran *et al.* (2001) han desarrollado dos formas complementarias de recoger y representar por escrito la información relacionada con el CDC (véanse también Berry, Loughran y Mulhall, 2006; Loughran, Berry y Mulhall, 2006; Loughran, Mulhall y Berry, 2004, 2008; Mulhall, Berry y Loughran, 2003; entre otros), las cuales suelen ser muy utilizadas en la investigación sobre el CDC:

(i) Las Representaciones del Contenido (ReCo en adelante; en inglés *Content Representations*, CoRes).

(ii) Los Repertorios de experiencia Profesional y Didáctica, (Re-PyD en adelante; en inglés *Pedagogical and Professional-experience Repertoires*, PaP-eRs)[7].

Las ReCo son una generalización de las respuestas del profesorado que dan una visión global, expresada en forma de proposiciones, acerca del modo en que los profesores enfocan la enseñanza de un tema y las razones respecto a por qué lo hacen así; esto es, sobre qué contenido van a impartir, cómo lo van a hacer y por qué lo van a hacer de ese modo. También proporcionan alguna comprensión de las decisiones que los profesores pueden tomar cuando enseñan un tema, incluyendo los vínculos existentes entre el contenido, los estudiantes y la práctica docente. Ahora bien, puesto que la información se representa en forma de proposiciones, las ReCo dan una información limitada sobre la comprensión de la experiencia de la práctica docente. Tal vez por ese motivo, Mulhall, Berry y Loughran (2003) desarrollaron también los Re-PyD (véase también Loughran, Berry y Mulhall, 2006).

Los Re-PyD son narraciones que dan cuenta de algunas partes de los contenidos, que se obtienen a partir de observaciones en el aula y entrevistas a los profesores. De otra forma, los Re-PyD intentan proporcionar comprensión de una pequeña parte del CDC de un profesor. Los Re-PyD pretenden representar asimismo el razonamiento de los profesores; esto es, su pensamiento y acciones cuando tienen éxito en la enseñanza de un determinado aspecto de cierto contenido científico. En suma, los Re-PyD tratan de capturar la naturaleza holística y compleja del CDC que no es posible conseguir con las ReCo. Por lo tanto, ReCo y Re-PyD son dos representaciones complementarias del CDC de los profesores sobre la enseñanza de un tema concreto. Otros investigadores han utilizado representaciones del CDC por otros métodos (p.e., Van Driel, Verloop y De Vos, 1998), pero que son consistentes con las que se acaban de mencionar.

Ambas formas de representación del CDC de los profesores tienen sus limitaciones. Así, por ejemplo, no permiten predecir la enseñanza en acción o conocer a fondo la forma en que las creencias del profesorado influyen en su práctica docente. No obstante, representan parcialmente el CDC del profesorado. Además, puesto que gran parte del conocimiento del profesorado sobre la docencia es conocimiento implícito[8] y los profesores apenas tienen suficientes oportunidades para reflexionar sobre lo que hacen en el aula y por qué lo hacen, las ReCo y los Re-PyD son instrumentos útiles que pueden proporcionar una ayuda potencial al profesorado en formación para lograr el desarrollo de su CDC por medio de la reflexión explícita sobre su propia práctica docente (Loughran, Mulhall y Berry, 2008)[9].

Como indica Marcelo (1993), cuando la reflexión sobre la práctica docente se entiende relacionada con el CDC, se facilita a los profesores el auto-análisis sobre sus propias concepciones relativas a la materia que enseñan, así como respecto a las formas de representación seleccionadas para facilitar la comprensión de los correspondientes conocimientos del tema por parte de los alumnos.

EPÍLOGO DE LA PRIMERA PARTE

En las décadas de los ochenta y noventa del siglo XX, la atención de la investigación didáctica se centró primero en el "*conocimiento del profesorado*" y, poco después, en lo que "*deben saber y saber hacer los profesores*" o, de otra forma, en determinar los componentes del conocimiento base que debe tener un profesor para la enseñanza de su disciplina (Shulman, 1987). De este modo, se dio una nueva orientación a la formación del profesorado, en particular en las didácticas específicas destinadas a la formación de profesores de educación secundaria. La investigación dirigió entonces su mirada al desarrollo del conocimiento profesional del profesorado (Abell, 2007) y, al mismo tiempo, a la transposición didáctica de los contenidos que conducen a buenas prácticas docentes en la enseñanza de una disciplina (Bolívar, 2007).

Como se ha puesto de manifiesto en este artículo, el marco teórico derivado del CDC introducido por Shulman hace casi un cuarto de siglo ha producido, y lo continúa haciendo hoy, numerosas investigaciones fructíferas en educación y, en particular, en el ámbito de las didácticas específicas, como la didáctica de las ciencias. Sin embargo, a pesar de tratarse de un intento bien intencionado por favorecer la profesionalidad docente (Bolívar, 2005a), sobre todo en la enseñanza secundaria, no puede obviarse que el marco teórico de Shulman también ha recibido las críticas de diversos autores, que lo han tachado de estar demasiado centrado en los aspectos más académicos de la enseñanza y haber olvidado otros que tienen gran importancia actualmente para la profesionalización del profesorado de educación secundaria, tales como la capacidad de establecer relaciones transversales más allá de la propia disciplina, el trabajo colegiado, la consideración de las dimensiones ideológica y social de las prácticas docentes, etc. (Escudero, 1993, Bolívar, 1993a, 2005a, 2006), así como otros más propios del aprendizaje, como la dimensión afectiva, los aspectos motivacionales, etc.

Es cierto que el pensamiento del profesor es un asunto muy complejo, por lo que la práctica docente no resulta fácil de predecir. Lederman y Gess-Newsome (1992) han subrayado esta dificultad mediante una analogía entre el CDC de un profesor y la ley de un gas ideal. Así, del mismo modo que la ley de un gas ideal no describe perfectamente el comportamiento de los gases reales, el modelo de Shulman sobre el conocimiento de los profesores tampoco puede describir ni, menos aún, predecir la enseñanza en el aula con perfección y tiene limitaciones. A pesar de ello, el modelo del gas ideal es una aproximación útil y el CDC también lo puede ser para la mejora de la enseñanza en general y de la enseñanza de las ciencias en particular.

En efecto, el CDC se ocupa de las creencias, actitudes, disposiciones y sentimientos del profesorado respecto a la materia que enseñan y cómo influyen estos aspectos en los contenidos que se seleccionan y la manera de enseñarlos, en los temas preferidos y los que no les gusta enseñar a los profesores, así como en el autoconcepto relativo a

la capacidad para enseñar una disciplina determinada. Además, el marco teórico del CDC también permite explicar mejor algunas fases que median entre la planificación de la enseñanza y la práctica docente. Por lo tanto, el CDC puede resultar un marco teórico útil para analizar cómo puede hacerse una implantación más adecuada de la enseñanza de la NdC, venciendo los numerosos obstáculos que hay que superar para ello. Esto podrá verse en la segunda parte de este estudio, la cual se publicará en el próximo número de esta revista.

AGRADECIMIENTOS

Desde estas páginas, quiero expresar mi agradecimiento y reconocimiento más profundo a mi amigo Andoni Garritz, que leyó una primera versión de este trabajo mientras navegaba por el Mediterráneo. Sus valiosos comentarios, sugerencias y aportaciones han contribuido, sin duda, a la mejora de este artículo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABD-EL-KHALICK, F. (2006). Preservice and experienced biology teachers' global and specific subject matter structures: implications for conceptions of pedagogical content knowledge. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 2(1), 1-29, <http://www.ejmste.com/>.
- ABD-EL-KHALICK, F. y BOUJAOUDE, S. (1997). An exploratory study of the knowledge base for science teaching. *Journal of Research in Science Teaching*, 34(7), 673-699.
- ABELL, S. K. (2007). Research on science teacher knowledge. En S. K. Abell y N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 1105-1149). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- ABELL, S. K. (2008). Twenty years later: Does pedagogical content knowledge remain a useful idea? *International Journal of Science Education*, 30(10), 1405-1416.
- ABELL, S. K., GAGNON, M., HANUSCIN, D. L., LEE, M. H. y PARK-ROGERS, M. (2007). Methods or madness: preparing the next generation of elementary science teacher educators. Paper presented at the Annual International Conference of the Association for Science Teacher Education. Clearwater Beach, FL (January 4-6).
- ACEVEDO, J. A., VÁZQUEZ, A., MANASSERO, M. A. y ACEVEDO, P. (2007a). Consensos sobre la naturaleza de la ciencia: fundamentos de una investigación empírica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 4(1), 42-66, <http://www.apac-eureka.org/revista/Larevista.htm>.
- ACEVEDO, J. A., VÁZQUEZ, A., MANASSERO, M. A. y ACEVEDO, P. (2007b). Consensos sobre la naturaleza de la ciencia: aspectos epistemológicos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 4(2), 202-225, <http://www.apac-eureka.org/revista/Larevista.htm>.
- AYDENIZ, M. (2008). What is hindering reform-based teaching: cultural constraints or professional limitations? Paper presented at the Annual Meeting of the National

- Association for Research in Science Teaching. Baltimore, BA (March 30 – April 2).
- APPLETON, K. (2003). How do beginning primary school teachers cope with science? Toward an understanding of science teaching practice. *Research in Science Education*, 33, 1-25.
- BARNETT, J. y HODSON, D. (2001). Pedagogical context knowledge: toward a fuller understanding of what good science teachers know. *Science Education*, 85(4), 426-453.
- BAXTER, J. A. y LEDERMAN, N. G. (1999). Assessment and measurement of pedagogical content knowledge. En J. Gess-Newsome y N. G. Lederman (Eds.), *Examining pedagogical content knowledge: the construct and its implications for science education* (pp. 147-161). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- BERRY, A., LOUGHRAN, J. y MULHALL, P. (2006). Developing science teachers' pedagogical content knowledge using resource folios. Paper presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching (NARST). San Francisco, CA (April 3-6).
- BERRY, A., LOUGHRAN, J. y VAN DRIEL, J. H. (2008). Revisiting the roots of pedagogical content knowledge. *International Journal of Science Education*, 30(10), 1271-1279.
- BLANCO, L. y RUIZ, C. (1995). Conocimiento Didáctico del Contenido y formación del profesorado. En L. Blanco y V. Mellado (Eds.), *La formación del profesorado de ciencias y matemáticas en España y Portugal* (pp. 55-66). Badajoz: Diputación Provincial.
- BOLÍVAR, A. (1993a). Conocimiento de contenido pedagógico y didáctica específica. En L. Montero y J. M. Vez (eds.), *Las didácticas específicas en la formación del profesorado* (pp. 579-585). Santiago de Compostela: Tórculo.
- BOLÍVAR, A. (1993b). Conocimiento didáctico del contenido y formación del profesorado: El programa de L. Shulman. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 16, 113-124.
- BOLÍVAR, A. (2005a). Conocimiento didáctico del contenido y didácticas específicas. *Profesorado. Revista de currículum y formación del profesorado*, 9(2), <http://www.ugr.es/~recfpro/rev92ART6.pdf>.
- BOLÍVAR, A. (2005b). Presentación del monográfico "El conocimiento para la enseñanza". *Profesorado. Revista de Currículum y Formación de Profesorado*, 9(2), <http://www.ugr.es/~recfpro/rev92ed.pdf>.
- BOLÍVAR, A. (2006). La formación inicial del profesorado y el desarrollo de las instituciones de formación. En Escudero, J. M. y Luis-Gómez, A. (Eds.), *La formación del profesorado y la mejora de la educación. Políticas y prácticas*, (pp. 123-154) Barcelona: Octaedro.

- BOLÍVAR, A. (2007). La formación del profesorado: entre la posibilidad y la realidad. En Romero-Morante, J. y Luis-Gómez, A. (Eds.), *La formación del profesorado a la luz de una "profesionalidad democrática"* (pp. 79-120). Santander: Consejería de Educación de Cantabria.
- BOND-ROBINSON, J. (2005). Identifying pedagogical content knowledge (PCK) in the chemistry laboratory. *Chemistry Education Research and Practice*, 6(2), 83-103.
- BULLOUGH, R. V. Jr. (2001). Pedagogical content knowledge circa 1907 and 1987: a study in the history of an idea. *Teaching and Teacher Education*, 17(6), 655-666.
- CARLSEN, W. (1999). Domains of Teacher Knowledge. En J. Gess-Newsome y N. G. Lederman (Eds.), *Examining pedagogical content knowledge: The construct and its implications for science education* (pp. 133-144). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- CHATTERJI, M. (2004). Evidence on "what works": an argument for extended-term mixed-method (ETMM) evaluation design. *Educational Researcher*, 33(9), 3-13.
- CHEVALLARD, Y. (1985). *Le transposition didactique. Du savoir savant au savoir enseigné*. Grenoble: La Pensée Sauvage. Traducción castellana (1991), *La transposición didáctica. Del saber sabio al saber enseñado*. Buenos Aires: Aique.
- CLERMONT, C. P., BORKO, H. y KRAJCIK, J. S. (1994). Comparative study of the pedagogical content knowledge of experienced and novice chemical demonstrators. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(4), 419-441.
- COCHRAN-SMITH, M. y LYTLE, S. L. (1990). Research on teaching and teacher research: the issues that divide. *Educational Researcher*, 19(2), 2-10.
- CORRIGAN, D. (2007). A frame for the development of preservice science teachers. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 8(1), <http://www.ied.edu.hk/apfslt/>.
- DA-SILVA, C., MELLADO, M., RUIZ, C. y PORLÁN, R. (2007). Evolution of the conceptions of a secondary education biology teacher: longitudinal analysis using cognitive maps. *Science Education*, 91(3), 461-491.
- DE JONG, O. y VAN DRIEL, J. H. (2001). Developing preservice teachers' content knowledge and PCK of models and modelling. Paper presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching. St. Louis, MO.
- DE JONG, O. y VAN DRIEL, J. H. (2004). Exploring the development of student teachers' PCK of the multiple meanings of chemistry topics. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 2(4), 477-491.
- DE JONG, O., VAN DRIEL, J. H. y VERLOOP, N. (2005). Preservice teachers' pedagogical content knowledge of using particle models in teaching chemistry. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(8), 947-964.

- DE JONG, O., VEAL, W. R. y VAN DRIEL, J. H. (2002). Exploring chemistry teachers' knowledge base. En J. K. Gilbert, O. De Jong, R. Justi, D. F. Treagust, J. H. Van Driel (Eds.), *Chemical Education: towards research-based practice* (pp. 369-390). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- DRECHSLER, M. Y VAN DRIEL, J. H. (2007). Experienced Swedish teachers' pedagogical content knowledge of teaching acid-base chemistry. En "Pedagogical content knowledge of experienced science teachers and its development in the context of curriculum reform", Symposium presented at the 6th Conference of the European Science Education Research Association (ESERA). Malmö University, Malmö, Sweden (August 21st - August 25).
- ESCUADERO, J. M. (1993). La construcción problemática de los contenidos de la formación de los profesores. En L. Montero y J. M. Vez (eds.), *Las didácticas específicas en la formación del profesorado* (pp. 71-91). Santiago de Compostela: Tórculo.
- EVERETT, S. LUERA, G. y OTTO, C. (2008). Investigating the pedagogical content knowledge of pre-service elementary teachers concerning models. Paper presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching. Baltimore, BA (March 30 - April 2).
- FRIEDRICHSEN, P., LANKFORD, D., BROWN, P., PAREJA, E., VOLKMANN, M. y ABELL, S. K. (2007). *The PCK of future science teachers in an alternative certification program*. Paper presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching, New Orleans, LA (April 15-17).
- GARCÍA-FRANCO, A. y GARRITZ, A. (2006). Desarrollo de una unidad didáctica: el estudio del enlace químico en el bachillerato. *Enseñanza de las Ciencias*, 24(1), 111-124.
- GARRITZ, A. (2006). Historia y retos de la formación de profesores (Algo más sobre Lee Shulman). *Educación Química*, 17(3), 322-326.
- GARRITZ, A. (2007). Análisis del conocimiento pedagógico del curso "Ciencia y Sociedad" a nivel universitario. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 4(2), 226-246, <http://www.apac-eureka.org/revista/Larevista.htm>.
- GARRITZ, A., PADILLA, K., PONCE-DE-LEÓN, A. y REMBADO, F. (2007). The Pedagogical content knowledge of Latin-American chemistry professors on the magnitude "amount of substance" and its unit "mole". Paper presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching. New Orleans, LA (April 15-17).
- GARRITZ, A., PORRO, S., REMBADO, F. M. y TRINIDAD, R. (2007). Latin-American teachers' pedagogical content knowledge of the particulate nature of matter. *Journal of Science Education*, 8(2), 79-84.
- GARRITZ, A. y TRINIDAD-VELASCO, R. (2004). El conocimiento pedagógico del contenido. *Educación Química*, 15(1), 98-103.

- GEDDIS, A. N. (1993). Transforming subject-matter knowledge: the role of pedagogical content knowledge in learning to reflect on teaching. *International Journal of Science Education*, 15(6), 673-683.
- GEDDIS, A. N., ONSLOW, B., BEYNON, C. y OESCH, J. (1993). Transforming content knowledge: learning to teach about isotopes. *Science Education*, 77(6), 575-591.
- GEDDIS, A. N. y WOOD, E. (1997). Transforming subject matter and managing dilemmas: A case study in teacher education. *Teaching and Teacher Education*, 13, 611-626.
- GEISS-NEWSOME, J. (1999a). Pedagogical content knowledge: an introduction and orientation. En J. Geiss-Newsome y N. G. Lederman (Eds.), *Examining pedagogical content knowledge: the construct and its implications for science education* (pp. 3-17). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- GEISS-NEWSOME, J. (1999b). Secondary teachers' knowledge and beliefs about subject matter and their impact on instruction. En J. Geiss-Newsome y N. G. Lederman (Eds.), *Examining pedagogical content knowledge: the construct and its implications for science teaching* (pp. 51-94). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- GEISS-NEWSOME, J. y LEDERMAN, N. G. (1993). Preservice biology teachers' knowledge structures as a function of professional teacher education: a year-long assessment. *Science Education*, 77(1), 25-45.
- GEISS-NEWSOME, J. y LEDERMAN, D. (1995). Biology teachers' perceptions of subject matter structure and its relationship to classroom practice. *Journal of Research in Science Teaching*, 32(3), 301-325.
- GROSSMAN, P. L. (1990). *The making of a teacher: teacher knowledge and teacher education*. New York: Teachers College Press.
- GUDMUNSDOTTIR, S. (1991). Ways of seeing are always of knowing. The pedagogical content knowledge of an expert English teacher. *Journal of Curriculum Studies* 23(5), 409-421.
- HASHWEH, M. Z. (2005). Teacher pedagogical constructions: a reconfiguration of pedagogical content knowledge. *Teachers and Teaching: theory and practice*, 11(3), 273-292.
- HENZE, I., VAN DRIEL, J. H. y VERLOOP, N. (2007a). Experienced Dutch teachers' knowledge development in the context of implementing "Public Understanding of Science". En "Pedagogical content knowledge of experienced science teachers and its development in the context of curriculum reform", Symposium presented at the 6th Conference of the European Science Education Research Association (ESERA). Malmö University, Malmö, Sweden (August 21st - August 25).
- HENZE, I., VAN DRIEL, J. H. y VERLOOP, N. (2007b). Science teachers' knowledge about teaching models and modelling in the context of a new syllabus on Public Understanding of Science. *Research in Science Education*, 37(2), 99-122.

- HENZE, I., VAN DRIEL, J. H. y VERLOOP, N. (2008). Development of experienced science teachers' pedagogical content knowledge of models of the solar system and the universe. *International Journal of Science Education*, 30(10), 1321-1342.
- HOZ, R., TOMER, Y. y TAMIR, P. (1990). The relations between disciplinary and pedagogical knowledge and the length of teaching experience of biology and geography teachers. *Journal of Research in Science Teaching*, 27(10), 973-985.
- JUSTI, R. y VAN DRIEL, J. (2005). The development of science teachers' knowledge on models and modelling: promoting, characterizing, and understanding the process. *International Journal of Science Education*, 27(5), 549-573.
- KAGAN, D. M. (1990). Ways of evaluating teacher cognition: inferences concerning the Goldilocks Principle. *Review of Educational Research*, 60(3), 419-469.
- KENDIR, S. S. (2007). Teachers' pedagogical content knowledge. Paper presented at the Annual International Conference of the Association for Science Teacher Education. Clearwater Beach, FL (January 4-6).
- KÄPYLÄ, M., HEIKKINEN, J-P. y ASUNTA, T. (2008 in press). Influence of content knowledge on pedagogical content knowledge: the case of teaching photosynthesis and plant growth. *International Journal of Science Education*.
- KUHN, T. S. (1962 b). *The structure of scientific revolutions*. Chicago, IL: University of Chicago Press. Traducción de A. Contín (1971), *La estructura de las revoluciones científicas*. México DF: FCE.
- LEDERMAN, N. G. y GESS-NEWSOME, J. (1992). Do subject matter knowledge, and pedagogical content knowledge constitute the ideal gas law of science teaching? *Journal of Science Teacher Education*, 3(1), 16-20.
- LEDERMAN, N. G. y GESS-NEWSOME, J. (1999). Reconceptualizing secondary science teacher education. En J. Gess-Newsome y N. G. Lederman (Eds), *Examining pedagogical content knowledge* (pp. 199-213). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- LEDERMAN, N. G., GESS-NEWSOME, J. y LATZ, M. S. (1994). The nature and development of preservice science teachers' conceptions of subject matter and pedagogy. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(2), 129-146.
- LEDERMAN, N. G. y LATZ, M. S. (1995). Knowledge structures in the preservice science teacher: Sources, development, interactions, and relationships to teaching. *Journal of Science Teacher Education*, 6(1), 1-19.
- LEE, E. (2007a). Experienced secondary science teachers' conceptualizations of PCK. Paper presented at the Annual International Conference of the Association for Science Teacher Education. Clearwater Beach, FL (January 4-6).
- LEE, E. (2007b). The roles of curriculum materials in instructional decision making process. Paper presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching. New Orleans, LA (April 15-17).

- LEE, E y LUFT, J. A. (2008). Experienced secondary science teachers' representation of pedagogical content knowledge. *International Journal of Science Education*, 30(10), 1343-1363.
- LOUGHRAN, J. J., BERRY, A. y MULHALL, P. (2006). *Understanding and developing science teachers' pedagogical content knowledge*. Rotterdam, The Netherlands: Sense Publishers.
- LOUGHRAN, J., MILROY, P., BERRY, A., GUNSTONE, R., y MULHALL, P. (2001). Documenting science teachers' pedagogical content knowledge through PaPeRs. *Research in Science Education*, 31(2), 289-307.
- LOUGHRAN, J., MULHALL, P. y BERRY, A. (2004). In search of pedagogical content knowledge in science: developing ways of articulating and documenting professional practice. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(4), 370-391.
- LOUGHRAN, J., MULHALL, P. y BERRY, A. (2008). Exploring pedagogical content knowledge in science teacher education. *International Journal of Science Education*, 30(10), 1301-1320.
- LUERA, G., EVERETT, S. y OTTO, C. (2007). Developing a measure to assess the pedagogical content knowledge of pre-service elementary teachers concerning models. Paper presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching. New Orleans, LA (April 15-17).
- MAGNUSSON, S., KRAJCIK, J. y BORKO, H. (1999). Nature, sources and development of pedagogical content knowledge for science teaching. En J. Gess-Newsome y N. G. Lederman (Eds.), *Examining pedagogical content knowledge: the construct and its implications for science teaching* (pp. 95-132). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- MARCELO, C. (1993). Cómo conocen los profesores la materia que enseñan. Algunas contribuciones de la investigación sobre Conocimiento Didáctico del Contenido. En L. Montero y J. M. Vez (Eds.), *Las didácticas específicas en la formación del profesorado* (pp. 151-186). Santiago de Compostela: Tórculo.
- MARCELO, C. (1995). Investigación sobre formación del profesorado: el conocimiento sobre aprender a enseñar. En L. Blanco y V. Mellado (Eds.), *La formación del profesorado de ciencias y matemáticas en España y Portugal* (pp. 1-35). Badajoz: Diputación Provincial.
- MARCELO, C. (2001). El aprendizaje de los formadores en tiempos de cambio. La aportación de las redes y el caso de la Red Andaluza de Profesionales de la Formación. *Profesorado. Revista de Currículum y Formación de Profesorado*, 5(1), <http://www.ugr.es/~recfpro/rev51ART2.pdf>.
- MELLADO, V. (1994) Análisis del conocimiento didáctico del contenido, en profesores de ciencias de primaria y secundaria en formación inicial. Tesis de doctorado. Universidad de Sevilla, Sevilla.
- MELLADO, V. (1995). Concepciones de los profesores de ciencias en formación y práctica de aula. En L. Blanco y V. Mellado (Eds.), *La formación del profesorado*

- de ciencias y matemáticas en España y Portugal* (pp. 309-325). Badajoz: Diputación Provincial.
- MELLADO, V. (1996). Concepciones y prácticas de aula de profesores de ciencias, en formación inicial de primaria y secundaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 14(3), 289-302.
- MELLADO, V. (1998) The classroom practice of preservice teachers and their conceptions of teaching and learning science, *Science Education*, 82(2), 197-214.
- MELLADO, V. y CARRACEDO, D. (1993). Contribuciones de la filosofía de la ciencia a la didáctica de la ciencia. *Enseñanza de las Ciencias*, 11(3), 331-339.
- MELLADO V. y GONZÁLEZ T. (2000). La formación inicial del profesorado de ciencias. En J. Perales y P. Cañal (Dir.), *Didáctica de las ciencias experimentales. Teoría y práctica de la enseñanza de las ciencias* (pp. 535-555). Alcoy: Marfil.
- MORELAND, J., JONES, A. y COWIE, B. (2006). Developing pedagogical content knowledge for the new sciences: the example of biotechnology. *Teaching Education*, 17(2), 143-155.
- MORINE-DERSHIMER, G. y KENT, T. (1999). The complex nature and sources of teachers' pedagogical knowledge. En J. Gess-Newsome y N. G. Lederman (Eds.), *Examining pedagogical content knowledge: the construct and its implications for science teaching* (pp. 21-50). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- MULHALL, P., BERRY, A., y LOUGHRAN, J. (2003). Frameworks for representing science teachers' pedagogical content knowledge. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 4(2), <http://www.ied.edu.hk/apfslt/>.
- MULHOLLAND, J. y WALLACE, J. (2005). Growing the tree of teacher knowledge: ten years of learning to teach elementary science. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(7), 767-790.
- NILSSON, P. (2007). Teaching for understanding – The complex nature of PCK in pre-service education. En “*The development of a professional knowledge base for teaching science*”, Symposium presented at the 6th Conference of the European Science Education Research Association (ESERA). Malmö University, Malmö, Sweden (August 21st - August 25).
- NILSSON, P. (2008). Teaching for understanding: The complex nature of pedagogical content knowledge in pre-service education. *International Journal of Science Education*, 30(10), 1281-1299.
- NRC, NATIONAL RESEARCH COUNCIL (1996). *National Science Education Standards*. National Washington, DC: Academic Press.
- NRC, NATIONAL RESEARCH COUNCIL (1997). *Science teaching reconsidered: a handbook*. Washington, DC: National Academy Press.

- NRC, NATIONAL RESEARCH COUNCIL (2001). *Educating teachers of science, mathematics, and technology: new practices for the new millennium*. Washington, DC: National Academy Press.
- NSTA, NATIONAL SCIENCE TEACHERS ASSOCIATION (1999). *NSTA Standards for science teacher preparation*. Washington, DC: NSTA.
- OCHANJI, M. K. (2007). There is no such thing as "getting cold": one teacher's journal through developing pedagogical content knowledge necessary to teach the concept of heat energy. Paper presented at the Annual International Conference of the Association for Science Teacher Education. Clearwater Beach, FL (January 4-6).
- PADILLA, K., PONCE-DE-LEÓN, A. M^a, REMBADO, F. M. y GARRITZ, A. (2007). Undergraduate professors' PCK of "amount of substance". En "*The development of a professional knowledge base for teaching science*", Symposium presented at the 6th Conference of the European Science Education Research Association (ESERA). Malmö University, Malmö, Sweden (August 21st - August 25).
- PADILLA, K., PONCE-DE-LEÓN, A. M., REMBADO, F. M. y GARRITZ, A. (2008). Undergraduate professors' pedagogical content knowledge: The case of 'amount of substance'. *International Journal of Science Education*, 30(10), 1389-1404.
- PARKER, J. y HEYWOOD, D. (2000). Exploring the relationship between subject knowledge and pedagogic content knowledge in primary teachers' learning about forces. *International Journal of Science Education*, 22(1), 89-111.
- PORLÁN, R. y RIVERO, A. (1998). *El conocimiento de los profesores. Una propuesta formativa en el área de ciencias*. Sevilla: Díada.
- REYES, F. y GARRITZ, A. (2006). Conocimiento pedagógico del concepto de "reacción química" en profesores universitarios mexicanos. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 11(31), 1175-1205.
- ROLLNICK, M., BENNETT, J., RHEMTULA, M., DHARSEY, N. y NDLOVU, T. (2008). The place of subject matter knowledge in pedagogical content knowledge: A case study of South African teachers teaching the amount of substance and chemical equilibrium. *International Journal of Science Education*, 30(10), 1365-1387.
- SALAZAR, S. F. (2005). El conocimiento pedagógico del contenido como categoría de estudio de la formación docente. *Actualidades investigativas en educación*, 5(2), <http://revista.inie.ucr.ac.cr/>.
- SÁNCHEZ-BLANCO, G. y VALCÁRCEL, M. V. (2000). Relación entre el conocimiento científico y el conocimiento didáctico del contenido: un problema en la formación inicial del profesor de secundaria. *Alambique*, 24, 78-86.
- SCHUSTER, D., COBERN, W., APPLGATE, B., SCHWARTZ, R., UNDEIU, A., y VELLOM, P. (2008). Design and development of an instrument to assess pedagogical content knowledge of inquiry science teaching. Paper presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching. Baltimore, BA (March 30 - April 2).

- SEKER, H. (2007). Levels of connecting pedagogical content knowledge with pedagogical knowledge of history of science. Paper presented at the Ninth History, Philosophy and Science Teaching Conference (IHPST). Calgary, Canadá (June 24-28).
- SHULMAN, L. S. (1986). Those who understand: knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4-14. Traducción castellana (2005): El saber y entender de la profesión docente. *Estudios Públicos*, 99, 195-224.
- SHULMAN, L. S. (1987). Knowledge and teaching: foundations of the new reform. *Harvard Educational Review*, 57(1), 1-22. Traducción castellana (2005): Conocimiento y enseñanza: fundamento de la nueva reforma. *Profesorado. Revista de Currículum y Formación de Profesorado*, 9(2), <http://www.ugr.es/~recfpro/rev92ART1.pdf>.
- SHULMAN, L. S. (1993). Renewing the pedagogy of teacher education: The impact of subject-specific conceptions of teaching. En L. Montero y J. M. Vez (Eds.), *Las didácticas específicas en la formación del profesorado* (pp. 53-69). Santiago de Compostela: Tórculo.
- SHULMAN, L. S. (1999). Foreword. En J. Gess-Newsome y N. G. Lederman (Eds.), *Examining pedagogical content knowledge: the construct and its implications for science teaching* (pp. ix-xii). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- SMITH, D. C. (1999). Changing our teaching: the role of Pedagogical Content Knowledge in elementary science. En J. Gess-Newsome y N. G. Lederman (Eds.), *Examining pedagogical content knowledge: the construct and its implications for science education* (pp. 163-197). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- SMITH, D. C. y NEALE, D. C. (1989). The construction of subject matter knowledge in primary science teaching. *Teaching and Teacher Education*, 5(1), 1-20.
- SPROTTE, J. y EILKS, I. (2007). Experienced German teachers' PCK of models and modelling in the framework of introducing the particulate nature of matter. En "Pedagogical content knowledge of experienced science teachers and its development in the context of curriculum reform", Symposium presented at the 6th Conference of the European Science Education Research Association (ESERA). Malmö University, Malmö, Sweden (August 21st - August 25).
- TALANQUER, V. (2004). ¿Qué conocimiento distingue a los buenos maestros de química? *Educación Química*, 15(1), 52-57.
- TAMIR, P. (1989). Subject matter and related pedagogical knowledge in teacher education. Paper presented at the Annual Meeting of the American Educational Research Association (AERA). Washington, DC.
- VAN DER VALK, A. E. y BROEKMAN, H. (1999). The lesson preparation method: A way of investigating pre-service teachers' pedagogical content knowledge. *European Journal of Teacher Education*, 22, 11-22.

- VAN DRIEL, J. H. (2007). Overall introduction. En "The development of a professional knowledge base for teaching science", Symposium presented at the 6th Conference of the European Science Education Research Association (ESERA). Malmö University, Malmö, Sweden (August 21st - August 25).
- VAN DRIEL, J. H., BEIJAARD, D. y VERLOOP, N. (2001). Professional development and reform in science education: the role of teachers' practical knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, 38(2), 137-158.
- VAN DRIEL, J. H. y DE JONG, O. (2001). Investigating the development of pre-service teachers' pedagogical content knowledge. Paper presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching. St. Louis, MO.
- VAN DRIEL, J. H., DE JONG, O. y VERLOOP, N. (2002). The development of preservice chemistry teachers' pedagogical content knowledge. *Science Education*, 86(4), 572-590.
- VAN DRIEL, J. H. y VERLOOP, N. (1999). Teachers' knowledge of models and modelling in science. *International Journal of Science Education*, 21(11), 1141-1153.
- VAN DRIEL, J. H., VERLOOP, N. y DE VOS, W. (1998). Developing science teachers' pedagogical content knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, 35(6), 673-695.
- VÁZQUEZ, A., ACEVEDO, J. A. y MANASSERO, M. A. (2004). Consensos sobre la naturaleza de la ciencia: evidencias e implicaciones para su enseñanza. *Revista Iberoamericana de Educación*, edición electrónica, <http://www.rieoei.org/deloslectores/702Vazquez.PDF>.
- VÁZQUEZ, A., ACEVEDO, J. A., MANASSERO, M. A. y ACEVEDO, P. (2001). Cuatro paradigmas básicos sobre la naturaleza de la ciencia. *Argumentos de Razón Técnica*, 4, 135-176. Versión digital en *Sala de Lecturas CTS+I de la OEI*, 2003, <http://www.oei.es/salactsi/acevedo20.htm>.
- VÁZQUEZ, A., MANASSERO, M. A., ACEVEDO, J. A. y ACEVEDO, P. (2007a). Consensos sobre la naturaleza de la ciencia: la ciencia y la tecnología en la sociedad. *Educación Química*, 18(1), 38-55.
- VÁZQUEZ, A., MANASSERO, M. A., ACEVEDO, J. A. y ACEVEDO, P. (2007b). Consensos sobre la naturaleza de la ciencia: la comunidad tecnocientífica. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 6(2), 331-363, <http://www.saum.uvigo.es/reec/>.
- VÁZQUEZ, A., MANASSERO, M. A., ACEVEDO, J. A. y ACEVEDO, P. (2008). Consensos sobre a natureza da ciência: a ciência e a tecnologia na sociedade. *Química Nova na Escola*, 27, 34-50.
- VÁZQUEZ-BERNAL, B. (2005). La interacción entre la reflexión y la práctica en el desarrollo profesional de profesores de ciencias experimentales de Enseñanza Secundaria. Estudio de casos. Tesis de doctorado. Departamento de Didáctica de las Ciencias y Filosofía, Universidad de Huelva.

- VÁZQUEZ-BERNAL, B., JIMÉNEZ-PÉREZ, R. y MELLADO, V. (2007a). El desarrollo profesional del profesorado de ciencias como integración de la reflexión y la práctica. La hipótesis de la complejidad. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 4(3), 372-393, <http://www.apac-eureka.org/revista/Larevista.htm>.
- VÁZQUEZ-BERNAL, B., JIMÉNEZ-PÉREZ, R. y MELLADO, V. (2007b). La reflexión en profesoras de ciencias experimentales de enseñanza secundaria. Estudio de casos. *Enseñanza de las Ciencias*, 25(1), 73-90.
- VEAL, W. R. y KUBASKO, W. R. (2003). Biology and geology teachers' domain-specific pedagogical content knowledge of evolution. *Journal of Curriculum and Supervision*, 18, 34-352.
- VEAL, W. R., MAKINSTER, J. G. (1999). Pedagogical content knowledge taxonomies. *Electronic Journal of Science Education*, 3(4), <http://unr.edu/homepage/crowther/ejse/ejsev3n4.html>.
- VELÁZQUEZ, P. y GARRITZ, A. (2008). *El conocimiento didáctico del contenido aplicado a la biotecnología*. Conferencia no publicada. Ciclo de conferencias "La formación del profesorado: ¿Innovación versus investigación? Luces y sombras". Curso de Máster "Investigación en la Didáctica de las Ciencias Experimentales". Huelva: Universidad de Huelva (27 de febrero).
- VERLOOP, N., VAN DRIEL, J. H. y MEIJER, P. (2001). Teacher knowledge and the knowledge base of teaching. *International Journal of Educational Research*, 35, 441-461.
- WANG, C-Y. y VOLKMANN, M. (2007). Dynamic model of pedagogical content knowledge. Paper presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching. New Orleans, LA (April 15-17).
- ZEIDLER, D. L. (2002). Dancing with maggots and saints: visions for subject matter knowledge, pedagogical knowledge, and pedagogical content knowledge in science education reform. *Journal of Science Teacher Education*, 13(1), 27-42.

[1] No es éste el lugar para hacer una discusión acerca de los puntos de vista actuales y el consenso logrado en la didáctica de las ciencias sobre la NdC. El lector interesado podrá encontrar una amplia información sobre este asunto en los trabajos de Acevedo *et al.* (2007a,b), Vázquez, Acevedo y Manassero (2004) y Vázquez *et al.* (2001, 2007a,b, 2008), entre otros más. Estos artículos también incluyen una amplia bibliografía sobre el tema señalado.

[2] Se ha traducido “*pedagógica*” como “*didáctica*”, de acuerdo con lo que es habitual desde 1993 entre formadores del profesorado de didáctica general (Bolívar, 1993a,b; Marcelo, 1993, 1995) y de didácticas específicas en España (p.e., Blanco y Ruiz, 1995; Mellado, 1994, 1995, 1996; Mellado y Carracedo, 1993; Mellado y González, 2000). Otros autores iberoamericanos prefieren la traducción literal *Conocimiento Pedagógico del Contenido* (p.e., Garritz, 2006, 2007; Garritz y Trinidad-Velasco, 2004).

[3] Shulman dio a conocer su programa de investigación en la ponencia presidencial del *Annual Meeting of the American Educational Research Association* (AERA), celebrado en 1985 (Bolívar, 2005b). Sin embargo, la idea del CDC tiene una larga historia para algunos investigadores, al menos en la tradición educativa estadounidense (Bullough, 2001).

[4] Diversos trabajos recientes se han ocupado de establecer el conocimiento base para distintos contenidos de la enseñanza de las ciencias desde la perspectiva del CDC (De Jong, Veal y Van Driel, 2002; García-Franco y Garritz, 2006; Garritz, 2007; Loughran, Berry y Mulhall, 2006; Reyes y Garritz, 2006; Verloop, Van Driel y Meijer, 2001; entre otros).

[5] Los siete tipos de conocimiento de Shulman (1987) tienen alguna semejanza con los propuestos por Tamir (1989) para articular adecuadamente el conocimiento base para la enseñanza que necesitan los profesores de ciencias en formación inicial, el cual incluye conocimiento de: (i) la materia, (ii) la didáctica general, (iii) la didáctica específica de la asignatura, (iv) la educación avanzada general, (v) el desempeño personal y (vi) los fundamentos de la enseñanza.

[6] Sandra K. Abell considera que el CDC se encuentra próximo al estado de un paradigma en el sentido kuhniano del término (Kuhn, 1962), al menos en los EE.UU. de Norteamérica, en un reciente y excelente artículo de análisis y reflexión crítica sobre el uso y las posibilidades del CDC en la didáctica de las ciencias (Abell, 2008). Desde esta perspectiva, formula una serie de importantes preguntas de investigación que deberían resolverse en el marco del CDC.

[7] Mulhall, Berry y Loughran (2003) han mostrado ejemplos de las ReCo y los Re-PyD de profesores de ciencias australianos respecto a la enseñanza de las reacciones químicas. Los Re-PyD de profesores de ciencias alemanes correspondientes a la enseñanza de la naturaleza corpuscular de la materia han sido expuestos por Sprotte y Eilks (2007). Rollnick *et al.* (2008) han aplicado las ReCo y los Re-PyD para estudiar el CDC de dos profesores de ciencias sudafricanos respecto a la enseñanza del mol y del equilibrio químico. Las ReCo y los Re-PyD de profesores de ciencias mexicanos acerca de la enseñanza de las reacciones químicas pueden consultarse en Reyes y Garritz (2006), las ReCo y los Re-PyD de profesores argentinos y mexicanos acerca de la enseñanza de la naturaleza corpuscular de la materia en Garritz, Porro *et al.* (2007), y las ReCo de profesores argentinos y mexicanos sobre la enseñanza del mol como cantidad de sustancia en Garritz, Padilla *et al.* (2007) y Padilla *et al.* (2007, 2008).

[8] El CDC de un futuro profesor no se inicia cuando comienza su formación, sino que hay que tener en cuenta sus conocimientos previos aprendidos por observación en sus experiencias personales anteriores como alumno; si bien este “aprendizaje por observación” no es consciente ni explícito sino tácito (Kagan, 1990; Marcelo, 1993) y puede llegar a plantear algunas resistencias durante la formación inicial (Grossman, 1990).

[9] Vázquez-Bernal, Jiménez-Pérez y Mellado (2007a,b) han teorizado sobre el desarrollo profesional del profesorado de ciencias como resultado de una integración entre los procesos de reflexión y práctica docente. Para ello, utilizan la denominada *hipótesis de la complejidad* (Vázquez-Bernal, 2005).

PEDAGOGICAL CONTENT KNOWLEDGE FOR NATURE OF SCIENCE TEACHING (I): THE THEORETICAL FRAMEWORK

SUMMARY

Nature of science (NOS) is a critical content in recent science education reform efforts of several countries worldwide. In this paper, first part of the study, we propose the Pedagogical Content Knowledge (PCK) framework in order to guide science teacher education for NOS teaching. We expose an extensive understanding of the PCK suggested by Lee S. Shulman and other authors. Lastly, the PCK used in science education is briefly summarized.

Key words: *Pedagogical Content Knowledge; nature of science; teachers' professional development; science education.*