

Análisis del conocimiento didáctico del contenido de tres profesores universitarios

Analysis of the Pedagogical Content Knowledge of Three University Lecturers

DOI: 10.4438/1988-592X-RE-2011-360-131

José Luis Medina Moya

Beatriz Jarauta Borrasca

Universidad de Barcelona. Facultad de Pedagogía. Departamento de Didáctica y Organización Educativa. Barcelona, España.

Resumen

Este artículo presenta algunos de los procesos y resultados de un proyecto de investigación¹ cuya finalidad ha sido el estudio y análisis del conocimiento didáctico del contenido (CDC) de los profesores universitarios. En concreto, el artículo muestra cómo aquellos docentes altamente competentes transforman sus conocimientos disciplinares en formas y estructuras accesibles y comprensibles para los estudiantes y cómo este proceso responde a un tipo de razonamiento pedagógico -en ocasiones de carácter intuitivo-, que permite al docente reorganizar y transformar los saberes profesionales de los que dispone para enseñar una asignatura, tema o tópico concretos. La investigación se ha desarrollado en dos fases. En la primera, se ha recurrido a múltiples fuentes e instrumentos de recogida de información para identificar a una muestra de profesores de la Universidad de Barcelona (UB) que fueran reconocidos por su preparación y elevado dominio del contenido de enseñanza y por su relevante capacidad para motivar al

⁽¹⁾ Proyecto *El conocimiento profesional del profesorado universitario: procesos de construcción y transferencia a la práctica docente* (EDU-2008-05964-C03-01/EDUC), Ministerio de Ciencia e Innovación. Dirección General de Programas y Transferencia de Conocimiento.

alumnado hacia el aprendizaje. La segunda fase, planteada mediante un estudio de casos múltiple, se centra en analizar las manifestaciones del conocimiento didáctico del contenido en la fase interactiva de la enseñanza de tres profesores universitarios reconocidos por su excelencia docente. Tomando la observación en el aula como principal estrategia de recogida de datos, pero sin desestimar las aportaciones procedentes de otros instrumentos –como las entrevistas en profundidad y las entrevistas grupales–, la investigación ofrece información relevante acerca de algunas manifestaciones del conocimiento didáctico del contenido en la Enseñanza universitaria y acerca de los razonamientos prácticos y de los fundamentos teóricos que impulsaban y acompañaban la práctica docente de los profesores que participaron en el estudio.

Palabras clave: Educación Superior, conocimiento del profesorado, conocimiento didáctico del contenido, formación del profesorado, conocimiento de la materia, desarrollo del conocimiento de la enseñanza, docentes experimentados.

Abstract

This paper presents some of the processes and results of a research project aimed at studying and analyzing pedagogical content knowledge (PCK) in university teaching staff. Highly competent teaching professionals transform their knowledge of their discipline into forms and structures that are accessible and comprehensible for their students. This process is based on a kind of pedagogical reasoning (sometimes done intuitively) which enables them to reorganize and transform their professional knowledge to better teach a particular subject, issue or topic. The research was done in two stages: 1) sample identification and selection: multiple sources and instruments were used for information collection with the aim of identifying a sample of teaching professionals at the University of Barcelona (UB) who were known for their excellent preparation and command of content and for their great capacity to encourage their students to learn; and 2) a multiple case study focussing on analyzing signs of PCK in the interactive stage of teaching in three UB lecturers known for their teaching excellence. Classroom observation was the main data collection strategy, yet the contributions of other instruments, such as in-depth and group interviews, were used as well. Significant information is reported about some signs of PCK in university teaching and about the practical reasoning and theoretical fundamentals behind the teaching practice of the lecturers who took part in this study.

Key words: higher education, teachers' knowledge, pedagogical content knowledge, teacher training, subject matter knowledge, development of knowledge of teaching, experienced teachers.

Introducción

Las profundas transformaciones que está experimentando la Enseñanza universitaria como consecuencia de la creación del Espacio Europeo de Educación Superior, la propuesta de nuevos métodos de enseñanza más centrados en el aprendizaje que en los contenidos disciplinares y la nueva concepción del trabajo del profesorado que emerge tras estos cambios están generando unas exigencias pedagógico-didácticas sin parangón en la reciente historia de la universidad española. Se exige ahora un nuevo perfil docente en el que se considera clave la capacidad de fomentar que los alumnos aprendan a aprender y desarrollen competencias transversales y aprendizajes significativos, habilidades de pensamiento superior, competencias para el desarrollo del pensamiento reflexivo.

En este trabajo ofrecemos algunas pruebas que permiten dar una respuesta adecuada a estas nuevas exigencias académicas y que contribuyen a comprender mejor qué significa una Enseñanza universitaria de calidad. Nuestro objetivo es poner de manifiesto y hacer visibles aquellas formas de enseñanza que realmente se centran en los alumnos, en su proceso de construcción de conocimientos y que obtienen buenos resultados en términos de aprendizajes y competencias.

Para alcanzar esa meta, hemos partido de un enfoque de investigación inédito en la Educación Superior cuya repercusión y cuyo potencial para la mejora de la enseñanza y de la formación del profesorado universitario están todavía por explorar: los estudios sobre el conocimiento didáctico del contenido. Este poderoso y multidimensional constructo describe la capacidad de un docente para transformar pedagógicamente el conocimiento del contenido disciplinar que posee en formas y estructuras comprensibles para los estudiantes (Shulman, 2005; Bolívar, 2005; Grossman, 2005; Marcelo, 2009).

Antecedentes y fundamentación teórica

El conocimiento didáctico del contenido (CDC) alude a la capacidad de un docente para encontrar y recrear representaciones del contenido que tengan virtualidad pedagógica. Este constructo, propuesto inicialmente por Shulman en 1983, muestra que existen diferencias entre el conocimiento de la materia necesario para su enseñanza y el conocimiento de la materia per se. El CDC incluye (Shulman, 1986):

[...] 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 (p. 9).

Construido en la práctica y desde la práctica y a través de un proceso de organización y transformación, implica comprender lo que significa la enseñanza de un tópico particular y de los principios, técnicas y maneras de representar didácticamente ese contenido (Abell, 2008). El CDC es aquel conocimiento específico que poseen los docentes acerca de cómo enseñar un contenido concreto a un grupo de estudiantes para promover la comprensión y adquisición de competencias. Es fruto de un largo proceso y algunos autores lo sitúan como propio de los docentes expertos (Gudmundsdóttir, 1991; Bolívar, 1993; Mulhall, Berry y Loughran, 2003). Para explicar el proceso de elaboración y utilización del CDC, Shulman (1986) propone su «modelo de razonamiento pedagógico y acción». Según este modelo, los profesores, con mayor o menor grado de conciencia, transforman el contenido en algo enseñable y comprensible para los alumnos. Una vez determinado el contenido que se va a enseñar, los docentes lo *transforman* seleccionando los materiales que utilizan, los ejemplos, las analogías, las explicaciones y las metáforas de que van a hacer uso para *adaptar* el contenido a los alumnos teniendo en cuenta sus preconcepciones, edades, intereses, etc. Esto implica una comprensión que no es exclusivamente técnica, ni reflexiva (Grossman, 2005). No es solo el conocimiento del contenido, ni el dominio de las técnicas didácticas. Es una mezcla de todo lo anterior orientada pedagógicamente (Shulman, 1986). En otras palabras, este conocimiento se construye mediante una síntesis idiosincrásica entre el conocimiento de la materia, el conocimiento pedagógico general y el conocimiento de los alumnos. Además, también se ve afectado por la biografía personal del profesor (Gess-Newsome, 1999).

Este conocimiento se plasma en la habilidad para comprender todos los niveles y formas de la materia, de tal manera que el profesor pueda hacerla después comprensible al alumno. No solo incluye la comprensión de la disciplina, en sus niveles sintáctico (los procesos de investigación propios de cada disciplina) y sustantivo (los hechos, fenómenos, conceptos, teorías, modelos y paradigmas de cada disciplina), sino también su ubicación en el plan de estudios, su relación con otras materias, los elementos que potencian o dificultan su aprendizaje, las preconcepciones del alumnado, etc. (Wang y Volkman, 2007).

El conocimiento didáctico del contenido ha sido objeto de estudio tanto en España como en el ámbito anglosajón aunque con un claro predominio de las investigaciones

y publicaciones centradas en el profesorado de los niveles de educación obligatoria (Appleton, 2003; Barnett y Hodson, 2001; Berry, Loughran y Van Driel, 2008; De Jong, Van Driel y Verloop, 2005; Drechsler y Van Driel, 2007; García-Franco y Garritz, 2006; Loughran, Mulhall y Berry, 2008; Veal y Kubasko, 2003). En nuestra opinión, la escasez de estudios realizados en el ámbito de la Enseñanza universitaria justifica la pertinencia de todas aquellas propuestas que empiecen a arrojar información acerca de las competencias que permiten a los profesores universitarios transformar sus saberes disciplinares en estructuras comprensibles para los alumnos.

Por otra parte, la mayoría de estudios sobre el CDC muestran la enorme dificultad que existe a la hora de establecer vínculos entre la práctica docente y los conocimientos que poseen los profesores. En primer lugar, para muchos docentes (si no para todos ellos) algunos los saberes que justifican sus acciones pedagógicas son difícilmente accesibles debido a su naturaleza tácita (Gigerenzer, 2008). Además, los docentes no suelen percibir la necesidad de hacer explícitos esos saberes por lo que no existe un vocabulario común acerca de las razones didácticas que justifican el trabajo pedagógico (Tardif, 2004). Sí que es cierto que los profesores comparten actividades de innovación y procedimientos de enseñanza, pero no suelen reflexionar sobre las razones pedagógicas que hay tras ellos (Chanock, 2007). Por último, la creciente intensificación del trabajo docente en la universidad reduce la posibilidad de que los profesores se embarquen en procesos colectivos de reflexión que les permitan articular y explicitar sus saberes empíricos para examinarlos y compartirlos (Biggs, 2005). En suma, de manera paradójica, observamos que, aunque el CDC es un constructo incuestionable para la comunidad académica, existen escasos ejemplos que ilustren y muestren esta importante faceta del conocimiento profesional del docente universitario. La escasez de ejemplos del CDC se debe fundamentalmente a la naturaleza elusiva del conocimiento del profesorado, lo cual dificulta sobremanera su articulación, documentación y formalización (Mulhall et ál., 2003). Con las precauciones metodológicas que se derivan de las anteriores constataciones, nos embarcamos en el desarrollo del estudio que a continuación describimos.

Metodología de investigación y sujetos participantes

Las investigaciones sobre el conocimiento didáctico del contenido se han desarrollado a través de una variada gama de métodos y estrategias de recogida de información entre los que

destacan la observación en el aula y las entrevistas (Van Driel y De Jong, 2001). Esta pluralidad metodológica se debe fundamentalmente a la naturaleza multidimensional y compleja del CDC, la cual ha llevado a autores como Van Driel y De Jong (2001) a proponer un enfoque 'multimétodo' para su estudio. Nosotros hemos tenido en cuenta tal sugerencia en este trabajo.

Dado que el CDC es, en esencia, un saber 'práctico-personal' (Van Driel, Verloop, y De Voos, 1998) su estudio exigía una aproximación metodológica fuertemente fenomenológica que nos permitiese acceder a las prácticas de enseñanza desde la perspectiva de sus propios protagonistas. El estudio de casos múltiple (Stake, 1998) se mostraba como la opción más idónea. Una vez determinado el enfoque esencial de la investigación, decidimos las características de los sujetos que participarían en el estudio. En concreto, seleccionamos a profesores reconocidos por sus propios colegas por su elevada preparación y dominio del contenido de enseñanza, por su compromiso con la mejora e innovación docente y porque sus alumnos obtienen reiteradamente buenos resultados de aprendizaje. Simultáneamente, debían ser reconocidos por los alumnos como 'buenos docentes'. Al igual que Loughran et ál. (2008), pensamos que docentes altamente reconocidos dispondrían de un elevado desarrollo en su CDC y serían capaces de ayudarnos a documentarlo y formalizarlo.

La selección de los sujetos de la investigación, apelando a estos criterios, se convirtió en un proceso complejo que requirió del uso de múltiples instrumentos y fuentes de obtención de información articulados en dos fases. En primer lugar, encuestamos a 90 profesores experimentados, a 11 profesores noveles (con una experiencia universitaria de menos de 5 años) y a 301 alumnos pertenecientes a las facultades de Física, Farmacia, Odontología, Filología, Ciencias Económicas y Empresariales, Psicología, Derecho y a la Escuela Universitaria de Estudios Empresariales de la Universidad de Barcelona. Mediante un cuestionario, los participantes debían citar el nombre de cuatro buenos profesores y las razones por las que estos docentes recibían tal consideración. Una vez analizada la información y tras haber obtenido un único listado en el que aparecían los docentes mejor considerados tanto por profesores como por alumnos, con la colaboración del vicerrector de Política Docente y con la de la Unidad Organizativa de Información, Evaluación y Prospectiva (IAP)², se trianguló esta información con la procedente del análisis retrospectivo³ de las encuestas de opinión del alumnado sobre los docentes que aparecían en la lista. Al final, la IAP nos facilitó el nombre de 22 profesores que alcanzaban altas puntuaciones en las respectivas escalas de valoración. De todos ellos se seleccionaron los tres que presentaban las más elevadas.

² Unidad de refuerzo a los órganos de gobierno de la Universidad de Barcelona que tiene como misión principal el desarrollo de proyectos institucionales en los ámbitos de la Información, Evaluación y Prospectiva.

³ Desde el curso 2000-01 hasta el curso 2005-06.

Uno de los docentes seleccionados pertenecía a la Escuela Universitaria de Estudios Empresariales y los otros dos pertenecían a la Facultad de Biología. Los tres eran profesores experimentados, pero diferían entre sí por la antigüedad en el ejercicio de la docencia (18, 36 y 20 años, respectivamente) y por su categoría profesional (profesor titular de escuela universitaria, catedrático de universidad, profesor titular de universidad, respectivamente). Las asignaturas observadas fueron las de Matemáticas Financieras II, Histología Vegetal y Animal, Regulación del Metabolismo y Avances en Biología y Bioquímica Molecular.

Las estrategias de recogida y análisis de la información

Por los objetivos de la investigación y por la naturaleza del fenómeno que se estudiaba, era importante que nos aproximásemos a la realidad docente de cada participante y que nos inscribiésemos en ella. Por ello, optamos por la observación como estrategia principal de recogida de datos. Sin embargo, entendimos que la observación era una estrategia insuficiente para proporcionarnos datos ricos de un fenómeno que es, en parte, interno e inobservable (Fenstermacher y Richardson, 1993). Se hacía pues necesario recurrir a la entrevista para que los profesores pudieran mostrarnos dimensiones internas de su CDC. Del mismo modo, como el objetivo final de la enseñanza es hacer comprensibles unos saberes al neófito, se creyó conveniente entrevistar a los alumnos para valorar su opinión sobre los aprendizajes alcanzados en cada una de las asignaturas observadas. El uso combinado de observación y entrevista se desarrolló del siguiente modo.

La recogida de datos se realizó durante los cursos académicos 2007-08 y 2008-09. Aproximadamente, tras dos meses de observaciones en el escenario natural en el que cada profesor desarrollaba su labor docente, realizamos las entrevistas en profundidad. Estas se llevaron a cabo cuando los datos obtenidos en las observaciones empezaban a ser redundantes (saturación) y apenas aportaban información relevante y novedosa para la investigación. Mediante las entrevistas pretendíamos contrastar o corroborar las interpretaciones que el equipo investigador había realizado de las actividades docentes observadas con el significado que los profesores y alumnos les atribuían. Con este fin, presentamos a los docentes fragmentos o episodios didácticos (Mulhall et ál., 2003), es decir, segmentos de las sesiones de clase observadas que según nuestra perspectiva parecían aportar elementos de análisis importantes para el objeto de estudio. Estos segmentos eran unidades de sentido didáctico que habíamos identificado, de manera reiterada, en las sesiones de clase de los tres profesores

participantes. Estos segmentos conformaron el guion de la entrevista, el cual se entregó previamente a cada profesor. Con cada uno de ellos se pactó un plazo de dos semanas para leer el guion y analizar los episodios didácticos que acompañaban o justificaban cada una de las cuestiones que les planteábamos. Las entrevistas grupales a los alumnos se realizaron cuando finalizaba el período de observación con cada uno de los profesores participantes. Las preguntas que se formularon a los alumnos respondían a los objetivos de la investigación y a ciertas cuestiones que surgieron del análisis preliminar que se realizó de la información obtenida de las observaciones de aula.

El método seguido para analizar los datos fue el de las comparaciones constantes propuesto por Glaser y Strauss (1967). Este es un método generativo, constructivo e inductivo en el que se combina la codificación inductiva de categorías con la comparación constante entre ellas. El objetivo final de tal modalidad analítica es la generación inductiva de constructos teóricos que, junto con los núcleos temáticos y las categorías, conformen un entramado conceptual que subsuma todos los aspectos de la realidad estudiada y les asigne un significado nuevo. De ese modo, hemos podido identificar similitudes y diferencias entre los distintos fenómenos que han aparecido durante el trabajo de campo, lo cual nos ha permitido definir las propiedades básicas de las categorías, así como clarificar sus límites y relaciones. Para recuperar las unidades de significado, comparación y depuración de la matriz final se utilizó el software de análisis de datos cualitativos Atlas-ti (v. 5.2).

Finalmente, obtuvimos la siguiente matriz de categorías:

TABLA I. Metacategorías y categorías del estudio

	Categorías
Manifestaciones del CDC en las prácticas de enseñanza	1. Identificación y explicitación de los errores y dificultades más comunes en el aprendizaje de la asignatura
	2. Transferencia del contenido de enseñanza a la futura práctica profesional
	3. Anticipación y recapitulación de los contenidos de enseñanza y secuenciación en red
	4. Enseñanza de contenidos abstractos y familiares a través del uso de la analogía
	5. El ejemplo como recurso didáctico: origen, finalidad y forma
	6. Conocimiento empírico y cultural para la enseñanza del contenido disciplinar: el relato de historias anecdóticas en el aula
	7. El antropomorfismo como recurso de 'humanización' de la disciplina de enseñanza

De estas siete categorías y por razones de espacio, presentaremos de una manera más detallada los resultados de aquellas que han sido más recurrentes y significativas en nuestro trabajo. A lo largo del proceso de observación, además de las evidencias que a continuación mostraremos, también hemos encontrado indicios de que este constructo multidimensional tiene una dimensión inédita: el componente reflexivo. Como hemos indicado en páginas anteriores, existe consenso en afirmar que el desarrollo del CDC está vinculado directamente a la práctica docente y a la reflexión que sobre ella se efectúe (Acevedo, 2009). Esto quiere decir que su origen y destino es la propia acción en el aula. Sin embargo, pese a este elevado acuerdo en la comunidad académica, no conocemos estudios que arrojen luz acerca de las relaciones entre los procesos reflexivos que se dan durante el trabajo docente y el CDC. Por nuestra parte, en la actualidad estamos explorando fenómenos como el 'diálogo reflexivo', el uso de la 'interrogación didáctica' en el aula, la 'traducción dialógica' o el fomento del 'conflicto cognitivo' como pruebas de la dimensión reflexiva del CDC.

Resultados: manifestaciones del CDC en las prácticas de enseñanza universitaria

A lo largo de los dos cursos que duró la parte empírica de la investigación, observamos, durante las sesiones de clase de los profesores participantes, actuaciones que revelaban un gran dominio del contenido, así como la habilidad de buscar, en cada momento, aquellas estrategias y técnicas más adecuadas para su enseñanza. Cada uno de ellos y con estilos diferentes, intentaba hacer próxima e interesante la materia de estudio y lograr que los aprendizajes de los alumnos fueran más allá de los contenidos estipulados en el programa docente. Cabe decir que en tres de las cuatro asignaturas observadas la enseñanza se hacía mediante una clase magistral ante un auditorio numeroso. Sin tener más remedio que plantear su enseñanza de este modo, los tres profesores combinaban la exposición de información con sesiones más interactivas y dinámicas en las que, junto a los alumnos, abordaban un problema o cuestión dilemática relacionados con los temas de la asignatura.

Como podrá verse a continuación, las acciones que los tres profesores emprendían en el aula constituían un modo de mostrar parte de su conocimiento, de revelar sus concepciones y creencias y de depositar en sus actuaciones trazos de una serie

de saberes disciplinares y pedagógicos que se fusionaban, integraban y transformaban para dar forma y sentido didáctico a las materias de enseñanza.

El sistema de notación utilizado para citar las unidades de significado que sustentan las interpretaciones realizadas por el equipo investigador incluyen una referencia numérica mediante la cual identificamos al profesor (P1, P2, P3). Además, E significa entrevista; O, Observación; y EA equivale a fragmentos extraídos de las entrevistas a los alumnos. Asimismo, mostraremos en un recuadro aquellos fragmentos procedentes de las observaciones de clase.

Conocimiento de las dificultades de aprendizaje y explicitación de los errores más comunes en la comprensión de la materia

La información obtenida a lo largo de las diferentes sesiones de observación muestra que los tres profesores, además de conocer profundamente sus respectivas disciplinas, poseían un amplio conocimiento, práctico y empírico, de los alumnos y de las características de su aprendizaje respecto a la asignatura que impartían. Como revelaron los profesores del estudio, ese conocimiento era un elemento determinante en las decisiones que tomaban en el aula:

Llegan muy engañados a la investigación. En una licenciatura como Bioquímica, una parte muy importante de los estudiantes acaba haciendo tesis doctorales porque el objetivo de un estudiante de Bioquímica es hacer una tesis doctoral y dedicarse a la investigación. Y llegan sabiendo muy poco del ámbito de la investigación. Si te has fijado a lo largo del curso he ido metiendo cuñas que no tenían que ver directamente con el artículo que estábamos discutiendo sino sobre cómo es el mundo de la investigación para intentar sobre todo desarrollar un cierto espíritu crítico [...]. Y por eso ha habido muchos ejemplos, mucha interpretación de gráficos (E1P3, 640-656).

Es oportuno aclarar que ese conocimiento surgía de una genuina preocupación por comprender cómo aprendían los estudiantes y que, en los tres casos, se manifestaba en una fuerte sensibilidad fenomenológica que les permitía recrear en su mente el mundo interior de los estudiantes y, en concreto, la lógica y las dinámicas que seguían para aprender:

Lo que procuro es ponerme en el papel de los estudiantes, analizar cómo ellos van a recibir la información: si la recibiera de esta forma yo no entendería nada. Por tanto, no la puedo dar de esta manera. Si la explico de esta otra manera, el punto débil va a estar aquí y aquí (E1P3, 195-200).

Este fuerte compromiso con el aprendizaje de los alumnos les exigía tomar como material de estudio y reflexión no solo el contenido de la materia, sino también –y al mismo nivel– las concepciones que los alumnos tenían de esta. Extraían de ese modo un conocimiento que, tomado como referencia, les permitía explicitar, ante los estudiantes, los errores y dificultades más comunes en el aprendizaje del contenido. El siguiente episodio muestra cómo, a partir de un ejemplo de suma financiera en la asignatura de Matemáticas Financieras II, el docente indica a los alumnos un error habitual que cometen cuando resuelven la ecuación de la suma financiera:

CUADRO I. Fragmento de observación. Explicitación de los errores de aprendizaje

o2P1, 108-112 (Tema «Suma financiera»)

$\{(1000,1), (500,2), (300,3)\}$, Calcula su suma financiera en $T = 0$ con $f(T,T') 0 (1,12)^{T-T'}$

P: En estos ejercicios el gráfico ayuda mucho a clarificar. Quiero valorar todos estos capitales financieros en 0. Muchos alumnos se equivocan porque piensan que la T es anterior a la T'.

Con esta explicitación, el profesor pretendía «ayudar a los alumnos a acelerar su proceso de aprendizaje» (E2P1, 120-121). Algo que, según dijo el docente, no haría si contara con más tiempo para potenciar el aprendizaje autónomo en el aula.

Yo muchas veces aviso de un problema con el que se pueden encontrar. Sería bonito que el alumno aprendiera de sus errores. Esto queda mucho más grabado. Pero tenemos el problema del tiempo, el tiempo que tenemos para que el alumno asimile esta asignatura [...] No das la oportunidad al alumno de hacer esta práctica de ensayo y error. Y entonces por eso haces estas pautas, «aquí hay el agujero, eh, cuidado», para que no caiga (E2P1, 121-128).

Como puede observarse en el anterior fragmento, y corroborando los resultados obtenidos por Baxter y Lederman (1999), el CDC depende, entre otros factores, del contexto particular en que se ejecuta la enseñanza. En este caso, observamos cómo una variable contextual como el tiempo asignado a la materia genera la necesidad

de explicitar los errores de aprendizaje en el aula. Tal explicitación ayudaba a que los estudiantes identificaran aquellos puntos de la materia que debían estudiarse con mayor cautela:

Cuando repasas y estudias te fijas mucho más en aquellos temas de la asignatura que te pueden hacer equivocar y que P1 nos ha dicho (EA1P1, 144-149).

Estos hallazgos también son consistentes con las aportaciones de McEwan (1987, citado en Grossman, Wilson y Shulman, 2005, p. 7), quien sugiere que uno de los aspectos clave de la enseñanza son las 'interpretaciones didácticas' que el docente hace de la materia, las cuales se fundamentan, entre otras cosas, en el conocimiento que los profesores tienen de las creencias del estudiante acerca de la materia. McEwan insiste en que una condición necesaria para realizar poderosas interpretaciones didácticas del contenido es el conocimiento adecuado de las creencias del estudiante; este conocimiento incluye las preconcepciones del alumno y, como hemos visto aquí, sus concepciones erróneas. En suma, tal y como aconseja la máxima de Ausubel, «averigüe qué sabe el alumno y enséñele en consecuencia», vemos aquí que conocer bien a los estudiantes permite al profesor interpretar mejor sus ideas y acciones y elaborar representaciones del contenido que posibiliten su comprensión.

De la anticipación y recapitulación de los contenidos de enseñanza a la secuenciación en red

Con frecuencia, el uso de la anticipación de los contenidos de enseñanza permitía a los docentes dar a conocer en el aula parte de los elementos que se iban a elaborar de manera inmediata a lo largo de la sesión o en sesiones sucesivas. Esta estrategia era también un buen modo de despertar la curiosidad de los estudiantes por el tema que iban a tratar o por el problema que los docentes pretendían abordar:

CUADRO II. Fragmento de observación. Anticipación de contenidos

07P2, 129-131

P: La vellosidad intestinal se apoya en una lámina basal. No explico ahora cosas que hay dentro de los pliegues porque pertenecen a otros tejidos, pero sí las señalo.

Por otro lado, la recapitulación de contenidos se produjo sobre todo en aquellos momentos en los que los profesores realizaban una síntesis de aspectos que habían sido trabajados con anterioridad y que se consideraban prerrequisitos para comprender las nociones que se estaban abordando en ese momento:

CUADRO III. Fragmento de observación. Recapitulación de contenidos

03P1, 315-334
Punto 1.4. Derivada según un vector, según una dirección. Derivadas parciales

(Comienza haciendo un recordatorio):

P: ¿Cómo definiríamos la derivada de una función en un punto?

(Es un contenido que ya trabajaron. Recuerda la definición a través de una fórmula):

$$f'(a) = \lim_{h \rightarrow 0} \frac{f(a+h) - f(a)}{h}$$

P: Recordad esta definición. Lo que queremos es extender esta definición, ya vista, de una variable a varias.

(Definición de la derivada según un vector. La escribe en la pizarra):

Sea f: $A = \mathbb{R}^n$ \mathbb{R}^m (escalar o vectorial)

En el episodio anterior, puede observarse que el docente recupera parte del contenido estudiado en sesiones anteriores y lo convierte en punto de paso necesario, cuya omisión podría conducir a una comprensión inadecuada del nuevo contenido. Nótese que, en este fragmento, aparece la distinción entre el conocimiento de la materia per se, propio de un especialista en la misma, de aquel otro conocimiento de la materia imprescindible para que el alumno la pueda comprender con efectividad. Por el mero recurso a la experiencia discente y sin necesidad de apelar a estudio empírico alguno, es fácil constatar las diferencias apuntadas por el mismo John Dewey (1983) cuando afirmaba que cualquier disciplina posee dos dimensiones: una para el científico y la otra para el docente. Aunque no se oponen, tampoco coinciden plenamente. Es cierto que, como en el ejemplo anterior, parte de lo que nuestro docente requería conocer sobre las Matemáticas Financieras se superponía con el conocimiento que podría poseer un especialista en Matemáticas. Pero este saber no genera por sí mismo ideas de cómo presentarlo y explicarlo para lograr que un grupo específico de estudiantes lo comprendan. Nuestro docente reconstruía la materia

específicamente para promover el aprendizaje, acción que no se puede presumir que un especialista realice, pues ambos persiguen finalidades distintas: el docente pretende fomentar la comprensión de la materia y el científico quiere desarrollar el conocimiento disciplinar o aplicarlo a una práctica profesional.

Intentando ir más allá del estudio descontextualizado de los episodios concretos en que los docentes utilizaban la anticipación y la recapitulación de contenidos, se realizó un análisis más profundo que mostrara el alcance real de estas estrategias en cada uno de los casos analizados, ya no siempre aparecían con la misma frecuencia ni bajo la misma forma en cada una de las asignaturas. Los profesores de la Facultad de Biología recurrían a estas estrategias con mayor frecuencia que el profesor de la Escuela Universitaria de Estudios Empresariales y las utilizaban de manera combinada y en momentos diferentes de clase. Así pues, el uso frecuente de la anticipación y de la recapitulación de contenidos confería a las asignaturas de Biología un dinamismo y una continuidad que fueron palpables a lo largo de todo el curso. Con gran habilidad, los dos profesores desplegaron un sutil mecanismo que lograba dotar a sus asignaturas de un carácter holístico que rompía con la tradicional simplificación analítica de los contenidos en partes fragmentadas e independientes entre sí. Formalmente, partían de una secuenciación lineal de los contenidos, consensuada y explicitada en un programa docente, pero el desarrollo del currículo en el aula respondía a una secuenciación flexible y holística, basada en la relación dinámica entre los diferentes temas de la asignatura. Todos estos matices, detectados en el momento de analizar el juego entre anticipación y recapitulación, nos hicieron entender que existían diferencias en el modo de representar, secuenciar y tratar los contenidos en el aula entre el profesor de Matemáticas Financieras y los dos profesores de Biología, cuya formas de representar el contenido se asemejaban mucho más la una a la otra. En parte, estas diferencias aparecían como un reflejo de las que existen entre las arquitecturas conceptuales o teóricas de los campos disciplinares de la Matemática y la Biología (Capra, 2002). Al final, nuestros datos corroboran los resultados de trabajos que como los de Abell (2008) y Berry et ál. (2008) insisten en el papel central que la estructura de la disciplina desempeña en la enseñanza. En lo que sigue, se muestra cómo se manifestó esta influencia en los tres profesores.

P1 recurría a una secuenciación temática de los contenidos y utilizaba estrategias de visión de conjunto, repaso y resumen. Hacía un uso lineal de la anticipación y de la recapitulación. Los elementos anticipados se abordaban en el aula de inmediato y las recapitulaciones se referían a contenidos que se habían tratado en una misma sesión. Las síntesis y recapitulaciones normalmente eran utilizadas al inicio o final de la clase y funcionaban a modo de prerrequisito para el desarrollo de sucesivos aprendizajes:

Lo hago, más que nada, para centrar a los alumnos y dar una continuidad de una sesión a otra. Se trata de ayudarlos a dar continuidad a aquello que se ha trabajado el día anterior, sobre todo si estamos en el mismo tema (E2P2, 9-14).

Por su parte, P2 optaba por un enfoque sistémico en la secuenciación de contenidos que adoptaba la forma de elaboración conceptual (Reigeluth, 2000). Los diferentes tópicos aparecían de manera reiterada a lo largo de un tema o bloque de la materia de tal modo que, como si de un puzzle se tratara, su aparición y encaje permitía ir avanzando en la comprensión de las diferentes estructuras biológicas que componían la asignatura.

CUADRO IV. Fragmento de observación. Secuenciación y presentación de contenidos I

○6P2, 25-26

P2: Vamos a empezar la histología animal. Iré dando conceptos que posteriormente irán encajando los unos con los otros.

Para lograr una mayor integración de los contenidos de la asignatura, era frecuente observar que P2 hacía alusión a la necesidad de que los estudiantes fueran capaces de ir vinculando las diferentes partes de la materia (véase Cuadro V).

CUADRO V. Fragmento de observación. Secuenciación y presentación de contenidos II

○8P2, 65-70

P2: Las células Langerhans saldrán en diversos 'parajes' del cuerpo. Reciben estímulos de tipo químico y se transmiten en el sistema inmunológico. Son presentadores de linfosis, sistema inmune en líneas generales. Ahora haremos un puzzle. Después iremos vinculando las diferentes partes.

En el caso de P3, nos encontramos ante una secuenciación que iba más allá de la secuencia lineal de P1 y la sistémica de P2 y se introducía en el enfoque argumentativo de la complejidad (Vilar, 1997). Este profesor usaba una secuencia reticular y recursiva en la que los productos y efectos eran a su vez causas y productores de aquello que los producía y en la que la diversidad se hallaba en el seno de la unidad. Como si de un hipertexto se tratara, el profesor presentaba una trama conceptual para dar cuenta de los fenómenos bioquímicos relativos al metabolismo, en la que relaciones de distinta

índole se alternaban, superponían y combinaban y acababan por determinar que su explicación adoptase la forma de una red dinámica de acontecimientos interrelacionados. El profesor presentaba de manera casi simultánea una gran diversidad de elementos del metabolismo que mantenían entre sí una gran variedad de relaciones y que, a través de interacciones lineales y no lineales, sincrónicas y diacrónicas, mantenían el sistema en un estado de equilibrio dinámico. Además, ninguna de las propiedades de esos elementos del proceso metabólico era fundamental; todas se derivaban de las propiedades de los demás elementos y los constantes bucles de retroalimentación determinaban la estructura de todo el proceso. El profesor, al igual que P1, podría haber abordado los contenidos en una secuencia lineal, pero, justamente por la naturaleza de la materia que impartía, parecía que le interesaba mostrar en el aula que –a diferencia de una máquina en la que sus partes solo existen unas *para* las otras y se apoyan mutuamente en un todo funcional– en un organismo vivo las partes existen, además, *por medio* de las otras y se producen recíprocamente.

Cuando le planteamos esta cuestión, P3 justificó este modo de presentar los contenidos en el aula, por el propio carácter y naturaleza de la disciplina que impartía: «No es que mis clases tengan que ser un hipertexto, es que la célula lo es. La célula es así» (E2P3, 868-869).

Ahora ya es fácil darse cuenta de que cada saber disciplinar posee una dimensión pedagógica que va inextricablemente unida a la estructura de su contenido. Al percibir los procesos metabólicos como una red de relaciones, las descripciones y explicaciones del profesor formaban también una red interconectada de conceptos y modelos en los que no existían jerarquías ni unos elementos más importantes que otros:

Y lo que sí me gusta es que tengan, como el hipertexto, esas referencias que te permiten tirar hacia delante y hacia atrás. Eso sobre todo lo hacía cuando tenía el curso de Bioquímica porque lo tenía entero. Entonces, cuando en el primer tema les explicaba «estructura de proteínas», ya sabía que el último tema era «síntesis de proteínas» y, por tanto, me podía anticipar. «Fijaos en esta estructura, ¿vale? Dentro de cuatro meses volveré justamente a este punto». Y cuando llegaba al tema de síntesis de proteínas les decía: «¿Recordáis lo que os dije el primer día de clase de la estructura de las proteínas?, pues mirad donde está, venía de aquí». En el caso de Regulación, aunque no pueda llevar todo el curso, sé que el concepto va a salir en algún momento, con lo cual intento establecer ese mismo sistema de referencia. Por ejemplo, a principio de curso, les explico la zonación hepática. No tienen ni idea. «Vale, pero apuntadlo. Cuando

lleguéis a hablar del metabolismo del hígado, cuando veáis el metabolismo de la glucosa y el metabolismo de la glutamina en hígado, que son los temas 9 y 12, volveréis a este punto. Cuando lleguéis recordad esto». Yo sé que llegarán a ese punto y cuando lleguen tanto si soy yo como si es otro profesor, espero que eso les sirva como eso, como una parte de un hipertexto (E2P3, 889-912).

Ninguna de estas formas de plantear la enseñanza y la materia es ni superior ni más adecuada que las demás. Se trata simplemente de formas de actuar que respetan y presentan la naturaleza de las disciplinas de enseñanza. Y siempre, los docentes han tenido la habilidad suficiente para dejar que las materias hablen o actúen a través de ellos. P1 mostró, en su manera de enfocar las clases, cómo el desarrollo de las Matemáticas se sustentaba en conocimientos previos que permitían al estudiante ir construyendo nociones y expresiones matemáticas cada vez más complejas. Parecía un movimiento de vaivén en línea recta, con paradas discontinuas que, en todo caso, eran necesarias para recuperar conocimientos y destrezas ya consolidados. P2 hacía de la histología un gran rompecabezas, cuyas piezas debían encajar, con precisión, para constituir la relación e integración que biológicamente existía entre ellas. Y, finalmente, P3 hacía de su asignatura un hipertexto porque, como dijo, los procesos vitales –entre ellos los de la regulación del metabolismo– se desarrollan y articulan en forma de red.

Enseñanza de contenidos abstractos mediante el uso de la analogía y los ejemplos

Las analogías se utilizaron, con frecuencia, para hacer comprender nociones abstractas y poco familiares (dominio blanco) a través de otras ya conocidas (dominio análogo), y por tanto más accesibles al sentido y nivel de comprensión de los estudiantes. Era el modelo mental que el alumno poseía del dominio conocido (análogo) lo que lo ayudaba a convertir los saberes eruditos (dominio blanco) –en un principio alejados y desconocidos– en algo conocido y susceptible de ser asimilado en sus estructuras cognitivas. A modo de ejemplo, se adjuntan en el Cuadro VI algunas de las analogías utilizadas por P3 en la asignatura de Regulación del Metabolismo de la Licenciatura de Biología:

CUADRO VI. Fragmento de observación. Uso de la analogía

<p>05A1P3, 90-101</p> <p>P3: Los transportadores activos tienen una característica más. Deben estar acoplados a un gasto energético, a algún proceso que suponga un gasto energético. Utilizando esta última característica, tenemos dos tipos de transportadores activos: (i) primario y (ii) secundario. Los dos son transportadores con peaje. El primero, cuando pasas, tienes que pagar, el segundo pagas con tarjeta. Posponemos el pago, pero pagamos.</p> <p>BLANCO: Transporte a través de una membrana</p> <p>ANÁLOGO: Peaje</p>
<p>010A2P3, 111-116</p> <p>P3: Como ya decíamos en nuestro magnífico esquema de siete puntos de lo que debe ser un sistema de comunicación de células, llegamos al punto 7, último punto del sistema de comunicación, hay que colgar el teléfono porque mientras no cuelgues, ese sistema queda inutilizado.</p> <p>BLANCO: Comunicación entre células</p> <p>ANÁLOGO: Teléfono</p>

Como manifestaron los docentes participantes, en todo este proceso era necesaria su intervención, que se orientaba a ayudar a los estudiantes a identificar las similitudes que se daban entre los diferentes conceptos. De no ser así, y como corroboraron P1 y P3, las analogías en la enseñanza pueden conducir a situaciones poco beneficiosas para el aprendizaje, en tanto que los alumnos, en ocasiones, muestran dificultades para separar el contenido científico de la forma de diálogo en que este se ha expresado. Es decir, existe el peligro de que el alumno interiorice la analogía, ejemplo o historia sin llegar a construir una comprensión del mensaje que implícitamente encierra: «Se ha de vigilar porque a veces el alumno no sabe distinguir entre la palabra y el mensaje, se queda con la historieta» (E2P1, 734-743).

Tiene un riesgo. Probablemente yo utilizaría más metáforas y analogías, pero hay un riesgo, que pierdas el contacto con la realidad. Es evidente que el transporte a través de una membrana se parece enormemente a un peaje. Pero se corre el riesgo de que se queden con lo del peaje y se olviden del transporte a través de membranas (E2P3, 27-31).

Si el estudiante no logra esta conexión, el modelo carece de valor. Por lo tanto, no se trata de lanzar la analogía, a modo de apéndice, sino que es importante que los docentes justifiquen ante los estudiantes las razones de esa analogía y el punto en el que se hallan las similitudes entre uno y otro dominio.

Utilizo analogías porque facilitan enormemente el entendimiento de los alumnos. En una autovía no hay peaje: difusión facilitada, pero hay autovía, por tanto hay algo que te permite transportar, pero no te cobra el peaje. Eso es el transporte pasivo. En las otras hay que pagar. No es lo mismo que llegues allí y tengas que poner el dinero a que pagues con teletac. No has pagado en el momento, pero pagarás. Esa analogía es lo que exactamente ocurre con el transporte de membrana. Tienes una vía de transporte que no gasta energía, por lo tanto no paga peaje. Es decir, difusión facilitada. Hay otras en las que sí que hay peaje. Ahora bien, con ese peaje pueden pasar dos cosas: que lo pagues in situ (hay transportadores en los que debes sacar las monedas y pagar) o [que estés ante] otro tipo de transportadores en los que aparentemente no se da ese gasto de ATP o que activan otra vía en la que sí se va a gastar ATP. Como conclusión, utilizar esta vía de transporte provoca un gasto de ATP, es como la tarjeta de crédito o el teletac (E2P3, 31-50).

También los ejemplos fueron representaciones que los profesores utilizaban, con elevada frecuencia, para ilustrar o mostrar situaciones, fenómenos, relaciones u objetos, normalmente reales, que eran representativos de aquellos conocimientos científicos que se discutían o presentaban. Sin embargo, no todos los ejemplos tienen la misma virtualidad pedagógica. El CDC implica mostrar básicamente aquellos ejemplos que poseen potencialidad didáctica y que efectivamente permiten que los alumnos logren una comprensión adecuada de los contenidos de enseñanza. Así, en el siguiente fragmento, aparece la conexión entre la noción de hemólisis y una situación de la vida cotidiana de los alumnos:

CUADRO VII. Fragmento de observación. Uso del ejemplo

09P2, 125-132

(La docente pone el ejemplo del botellón):

Si hicierais un botellón, pero en lugar de alcohol tomarais agua, deberías ir al hospital; pero en este caso no por un coma etílico sino por una hemólisis. Si ingerimos dos o tres litros de agua habrá una dilución del plasma sanguíneo. Los glóbulos rojos aumentan de tamaño a la vez que la membrana se rompe. Esto es una hemólisis que provoca un cuadro típico de una anemia.

Uno de los aspectos más abordados en las entrevistas fue el relativo al origen de los ejemplos que los docentes desarrollaban en el aula. Los tres profesores coincidieron en considerar que su procedencia era múltiple y diversa. A veces eran espontáneos y,

por su potencialidad y porque eran bien recibidos por los estudiantes, habían pasado a formar parte del repertorio de recursos que los docentes utilizaban año tras año:

[...] Y otros fueron espontáneos en algún momento y ahora ya los has incorporado, y ahora ya no son espontáneos. Un día fueron espontáneos. Este es el caso del ejemplo de la barra de hierro utilizado para explicar un plano tangente. Este ejemplo fue espontáneo hace cosa de cuatro años. A veces los vuelves a recuperar, a veces no los dices siempre (E2P1, 726-732).

Hay de todo. Alguna vez se me ocurren in situ. Estoy allí trabajando y me viene el ejemplo a la cabeza. Con el ejemplo del teléfono me pasó esto. Empecé a hablar, yo lo tenía muy bien definido, y cuando estaba escribiendo y explicando, vi que a través de este ejemplo era mucho más sencillo. Este se me ocurrió sobre la marcha [...] (E2P3, 1062-1066).

Como puede verse en el fragmento anterior, y a propósito de la dimensión reflexiva del CDC, mientras argumenta, el profesor es capaz de pensar sobre su propia forma de razonar, evaluando su calidad. Se trata, como se aprecia en el siguiente fragmento, de una competencia que permite mantener una atención flotante hacia sus propios procesos de pensamiento y hacia las ideas de los estudiantes. La improvisación in situ que el profesor realiza le permite, a modo de sondeo exploratorio, *conversar con la situación* novedosa que él mismo ha creado, la cual, a través de la respuesta que dan los alumnos, modifica su manera de comprenderla. En este caso lo ayuda a ampliar su repertorio de ejemplos, esto es, a hacer más rico y complejo su conocimiento didáctico del contenido:

Algún otro histórico, por ejemplo de cinética y que lo utilizo en Bioquímica también fue espontáneo. Estaba explicando: «porque la molécula A, la molécula B». Iba escribiendo en la pizarra lo que iba explicando. Y sobre la marcha borré la A y puse el simbolito femenino, borré la B y puse el simbolito masculino, y a ver: «Si sube la temperatura en una discoteca, ¿qué pasará con estas moléculas?». Se rieron, pero entendieron el ejemplo. A veces te viene la imagen, la utilizas, funciona, y entonces sí, ya la incorporas al repertorio (E2P3, 1066-1072).

Conclusiones y prospectiva

Los resultados expuestos, derivados de la observación en las aulas y del trabajo directo con tres profesores experimentados, nos hacen concluir que el conocimiento didáctico del contenido, tal como se manifestó en los casos estudiados, es estructuralmente un conocimiento práctico, en el que el marco disciplinar bajo el que actúan los profesores y el nivel de comprensión que poseen de este afecta a la calidad de las transformaciones que realizan para representar didácticamente el contenido. El CDC se vincula a las materias y contextos concretos en los que los profesores desarrollan su labor docente. Se adquiere y perfecciona con la práctica y requiere que se confronten de manera empírica y reflexionada las estructuras disciplinares y el conocimiento de las situaciones de enseñanza y de las características del aprendizaje de los alumnos. Es un tipo de conocimiento que, a medida que se va desarrollando, permite al docente generar más y mejores transformaciones y procesos de razonamiento didáctico. A su vez, el CDC resulta cada vez más elaborado a medida que los docentes adquieren una mayor comprensión del contenido y de los contextos de enseñanza y a medida que se enfrenten a situaciones en las que deban utilizarlo para analizar y revisar sus prácticas docentes o para planificar o crear nuevas formas de representación didáctica.

Es oportuno señalar que la comprensión que los profesores tienen del conocimiento del contenido ejerce una gran influencia tanto en el modo de secuenciar y presentar los diferentes temas de una asignatura como en las estrategias y dinámicas que utilizan en el aula. De este modo, el conocimiento del contenido se constituye como un elemento fundamental para la consecución de una docencia actualizada, pero también como un tipo de conocimiento que es determinante para muchas de las decisiones y acciones que los profesores desarrollan en la enseñanza. Es un tipo de saber que los profesores universitarios poseen –puesto que son científicos que pertenecen a una rama especializada del conocimiento–, pero a su vez es un dominio que, contrastado con las características concretas de las situaciones de enseñanza, se utiliza para enseñar. En todo este proceso de transformación, mediado por el CDC, el conocimiento que los profesores tienen de las creencias del estudiante acerca del aprendizaje de la materia desempeña un papel fundamental. Este saber permite a los profesores aproximarse e interrogar el contenido disciplinar desde la perspectiva del sujeto que aprende, para lograr convertir los dilemas, dificultades y preferencias del estudiante tanto en objeto de la enseñanza como en medio para el aprendizaje.

Finalmente, como futuras líneas de análisis e indagación aparecen temas que podrían arrojar información interesante acerca de qué es lo que conoce el profesorado

universitario y cómo lo conoce. En este sentido, es oportuno realizar estudios que analicen las manifestaciones y variaciones del CDC en función de la trayectoria profesional del docente universitario (noveles, iniciados y experimentados), que exploren la dimensión reflexiva del CDC y que analicen los cambios que se están produciendo en la identidad y en el conocimiento profesional del profesorado tras la implementación del Espacio Europeo de Educación Superior.

Referencias bibliográficas

- Abell, S. K. (2008). Twenty Years Later: Does Pedagogical Content Knowledge Remain a Useful Idea? *International Journal of Science Education*, 30 (10), 1405-1416.
- Acevedo, J. A. (2009). Conocimiento didáctico del contenido para la enseñanza de la naturaleza de la ciencia I: el marco teórico. *Revista Eureka*, 6 (1), 21-46.
- 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, G. (Eds.). (1999). *Examining Pedagogical Content Knowledge: The Construct And Its Implications for Science Education*. Dordrecht: Kluwer.
- 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.
- Biggs, J. (2005). *Calidad del aprendizaje universitario*. Madrid: Narcea.
- Bolívar, A. (1993). Conocimiento didáctico del contenido y formación del profesorado: el programa de Lee Shulman. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 16, 113-124.
- (2005). Conocimiento didáctico del contenido y didácticas específicas. *Profesorado. Revista de Currículum y Formación del Profesorado*, 9 (2), 1-39.
- Capra, F. (2002). *La trama de la vida*. Barcelona: Anagrama.
- Chanock, K. (2007). What Academic Language and Learning Advisers Bring to the Scholarship of Teaching and Learning: Problems and Possibilities for Dialogue with the Disciplines. *Higher Education Research & Development*, 26 (3), 269-280.

- 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.
- Dreschler, M. y Van Driel, J. H. (2007). *Experienced Swedish Teachers' Pedagogical Content Knowledge of Teaching Acid-Base Chemistry*. European Science Education Research Association (ESERA). Malmö University, Malmö, Sweden, August 21st - August 25th.
- Dewey, J. (1983). The Child and the Curriculum. En J. A. Boydston (Ed.), *John Dewey: The Middle Works, 1899-1924*, 273-291. Carbondale (Illinois): Southern Illinois University Press.
- Fenstermacher, G. y Richardson, V. (1993). Elicitation and Reconstruction of Practical Arguments in Teaching. *Journal of Curriculum Studies*, 25, 101-114.
- 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.
- Gess-Newsome J. (1999). Secondary Teachers' Knowledge and Beliefs about Subject Matter and their Impact on Instruction. En J. Gess-Newsome y N. G. Lederman (Eds.), *Examining Pedagogical Content Knowledge: the Construct and its Implications for Science Teaching*, 51-94. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Gigerenzer, G. (2008). *Decisiones instintivas. La inteligencia del inconsciente*. Barcelona: Ariel.
- Glaser, B. y Strauss, A. (1967). *The Discovery of Grounded Theory*. Chicago: Aldine.
- Grossman, P. (2005). Un estudio comparado: las fuentes del conocimiento didáctico del contenido en la enseñanza del inglés en Secundaria. *Profesorado. Revista de Currículum y Formación del Profesorado*, 9 (2), 1-18.
- , Wilson, S. y Shulman, L. (2005). Profesores de sustancia: el conocimiento de la materia para la enseñanza. *Profesorado. Revista de Currículum y Formación del Profesorado*, 9 (2), 1-24.
- Gudmundsdóttir, S. (1991). Ways of Seeing are Ways of Knowing. The Pedagogical Content Knowledge of an Expert English Teacher. *Journal of Curriculum Studies*, 23 (5), 409-421.
- 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.
- Marcelo, C. (2009). Formalidad e informalidad en el proceso de aprender a enseñar. *Revista de Educación*, 340, 31-55.

- McEwan, H. (1987). *Interpreting the Subject Domains for Students: Towards a Rhetorical Theory of teaching*. Tesis doctoral inédita. University of Washington, Seattle.
- 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). Recuperado de <http://www.ied.edu.hk/apfslt/v4/issue2/mulhall/index.htm>
- Reigeluth, C. (2000). La teoría elaborativa: orientación para la toma de decisiones sobre el alcance y la secuenciación. En C. Reigeluth (Ed.), *Diseño de la instrucción. Teorías y modelos*, 449-479. Madrid: Aula XXI.
- Shulman, L. (1986). Those who Understand: Knowledge Growth in Teaching. *Educational Researcher*, 15 (2), 4-14.
- (2005). Conocimiento y enseñanza: fundamentos de la nueva reforma. *Profesorado. Revista de Currículum y Formación del Profesorado*, 9 (2), 1-31.
- Stake, R. (1998). *Investigación con estudio de casos*. Madrid: Morata
- Tardif, M. (2004). *Los saberes del docente y su desarrollo profesional*. Madrid: Narcea.
- Van Driel, J. H. y De Jong, O. (2001). *Investigating the Development of Pre-Service Teachers' Pedagogical Content Knowledge*. Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Saint Louis.
- Van Driel, J. H., Verloop, N. y De Voos, W. (1998). Developing Science Teachers' Pedagogical Content Knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, 35, 673-695.
- Veal, W. R. y Kubasko, D. S. (2003). Biology and Geology Teachers' Domain-Specific Pedagogical Content Knowledge Evolution. *Journal of Curriculum & Supervision*, 18 (4), 334-352.
- Vilar, S. (1997). *La nueva racionalidad. Comprender la complejidad con métodos transdisciplinarios*. Barcelona: Kairós.
- Wang, C. y Volkman, M. (2007). *Dynamic Model of Pedagogical Content Knowledge*. Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching, New Orleans, April, 15-17.

Dirección de contacto: José Luis Medina Moya. Universidad de Barcelona. Facultad de Pedagogía. Departamento de Didáctica y Organización Educativa. Passeig Vall d'Hebron, 171, campus Mundet, edificio de Levante, 2.º piso; 08035 Barcelona, España. E-mail: jlmedina@ub.edu