

CONOCIMIENTO CIENTÍFICO CONOCIMIENTO DIDÁCTICO. UNA TENSIÓN PERMANENTE EN LA FORMACIÓN DOCENTE

Science Knowledge and Education Knowledge. A Continuous Strain in Teachers' Education

Susana García Barros
Universidade da Coruña

Correspondencia:
Mail: susg@udc.es

Recibido: 01/07/2016; Aceptado: 01/09/2016

Resumen

En este trabajo se presenta una reflexión sobre cómo debe ser la formación del profesorado de ciencias y se describe cómo es la formación de los maestros de Educación Primaria en las universidades españolas. Concretamente se presentan datos sobre el número de créditos que los planes de estudio dedican a las asignaturas obligatorias asociadas a las ciencias de la naturaleza. También se estudia qué características tienen esas asignaturas a partir del análisis de los contenidos incluidos en las guías docentes, atendiendo a la integración entre el ámbito científico y didáctico que expresan. El análisis muestra que los grados en Educación Primaria dedican al estudio de las ciencias y/o su enseñanza/aprendizaje una media de 15 créditos ECTS obligatorios y que la integración de los citados ámbitos no es una característica completamente extendida. Se discuten los inconvenientes de esta falta de integración científico/didáctica en la formación del docente de primaria.

Palabras clave: formación docente; enseñanza de las ciencias; educación primaria

Abstract

In this project the question about how the Science Teachers' Education should be is addressed, and the Primary Education Teachers' training in the Spanish Universities is described. Specifically, data about the number of credits in different curriculums that are dedicated to mandatory courses related to Natural Sciences is presented. Furthermore, characteristics of these courses are also analyzed attending to their integration of the fields of Science and Education. The analysis of these data shows that degrees dedicate an average of 15 mandatory ECTS credits to courses related to the theoretical study of Science, the combination of learning and teaching Science or the addition of both types of courses. The results also show that integration of both fields is not completely incorporated in Spain. Limitations derived from the lack of integration of Science and Education in the Primary Teachers training is discussed.

Keywords: teachers training; science education; primary education

LA NECESIDAD DE UNA ADECUADA FORMACIÓN DOCENTE

Toda mejora e innovación del modelo educativo demanda la intervención de profesionales preparados e implicados en ella que garantice su éxito, de ahí que la formación docente sea un tema sensible sobre el que se pronuncian diferentes organismos e instituciones. Así, hace apenas dos años el Consejo de la Unión Europea presentó “*Conclusions on effective teacher education*”, destacando el papel crucial de la formación inicial de los profesores y la necesidad de mejorar los programas formativos y los procesos de selección de estos profesionales. Así mismo se recomienda que los centros destinados a la formación inicial profundicen en la investigación sobre el desarrollo de competencias del profesorado, al tiempo que impulsan la colaboración y el diálogo con los centros de enseñanza y otras instituciones vinculadas al mundo de la educación. Se espera que todo ello permita perfilar y desarrollar marcos de competencia profesional que serán necesariamente flexibles para adaptarse a los trepidantes cambios de la sociedad actual.

Esta preocupación por la formación docente también ha inspirado en las últimas décadas la investigación en el área de la didáctica de las ciencias, constituyendo una de las líneas de investigación caracterizada por su gran vitalidad. De hecho este particular tiene su presencia en los conocidos y ampliamente citados *handbooks*, al que dedican capítulos específicos con distintas denominaciones - *Teacher Education* (Fraser y Tobin, 1998); *Science Teaching* (Abell y Lederman, 2007); o *Teacher education and professional development* (Fraser, Tobin, y McRobbie, 2011).

Como resultado de tantos años de investigación se ha ido dando respuesta a una pregunta clave, ¿qué debe saber y saber hacer el profesorado de ciencias?, que hoy podríamos traducir en que debe saber y saber hacer el profesor de ciencias para adquirir la deseable competencia profesional. La respuesta no ha sido ni es sencilla, pues el saber profesional ha de ser necesariamente amplio, complejo, interdisciplinar..., pues el profesorado debe desarrollar destreza y habilidades múltiples para tomar decisiones fundamentadas sobre qué, cómo y cuándo enseñar/evaluar, así como para desarrollar la acción educativa en el aula. Esta consiste en llevar a cabo los diseños seleccionados/elaborados y en dar respuestas inmediatas a problemas diversos de los estudiantes. Lo indicado exige una capacidad reflexiva basada en el marco teórico disponible, que ha de ponerse en juego en momentos de “*calma*”, es decir, fuera del aula, para después disponer de los recursos necesarios para elaborar las respuestas inmediatas que el alumnado requiere.

En el caso concreto de la enseñanza de las ciencias, el conocimiento científico resulta indiscutiblemente imprescindible, sin embargo no es suficiente, siendo necesaria su conjugación con el saber pedagógico en lo que ya Shulman (1986) denominó el conocimiento pedagógico del contenido, cuya intención última es ayudar a otros a aprender.

Cabe indicar que en nuestro país diversos equipos han dado pasos importantes dirigidos a perfilar y definir la competencia profesional del profesorado de ciencias (por ejemplo: Gil, Carrascosa, Furió y Martínez Torregrosa, 1991; Mellado y González, 2000; Porlán, Martín del Pozo, Rivero, Harres y Pizzato, 2010; Cañal, 2012; Carrascosa, Domenech, Martínez Torregrosa, Osuna y Verdú, 2014). Haciendo un resumen no exhaustivo de sus aportaciones, se presentan a continuación a grandes rasgos cuales son las capacidades que debemos poner en juego cualquier docente de ciencias en el desarrollo de nuestra profesión y que por tanto deben ser atendidas por la formación docente:

- **Tomar decisiones sobre qué enseñar.** Estas decisiones tiene como referente el saber científico en un sentido amplio. Este debe contemplar: a) la estructura, organización y jerarquización conceptual, así como la actualización científica en los nuevos descubrimientos; b) una visión adecuada de la naturaleza de la ciencia y su metodología; c) la interacción entre el saber científico y los problemas y situaciones históricas que los promovieron/dificultaron, así como entre este saber y los fenómenos observables del ámbito natural/cotidiano que explica; d) la interacción del saber científico y las inquietudes tecnológicas y medioambientales de la sociedad actual y e) las capacidades y actitudes que junto con los conocimientos resultan inherentes a la competencia científica.

Otro referente insoslayable de esta toma de decisiones sobre qué enseñar es el propio alumnado, sus características, ideas, capacidades cognitivas, actitudes, necesidades, medio sociológico, etc. Conocer estos aspectos resulta imprescindible para adaptar los contenidos al nivel del estudiante y promover propuestas de progresión, así como para seleccionar contextos y situaciones próximos y significativos para el que aprende, aspecto este imprescindible para su motivación, pues facilita que los contenidos seleccionados resulten un saber deseado y no un mero saber para otros –para rendir un examen, agradar a los padres ... –.

- **Tomar decisiones sobre cómo enseñar.** El profesorado ha de ser capaz de analizar/seleccionar/diseñar secuencias de enseñanza coherentes con los objetivos formulados en términos de capacidades que han de mostrarse en situaciones y contextos determinados. Se han de concretar una serie de actividades con distinta orientación dependiendo de su finalidad en el marco de la secuencia (presentación de problemas, fenómenos o situaciones sobre los que detectar ideas personales, presentación de nuevos conocimientos, estructuración de los mismos o aplicación/síntesis de lo aprendido). Además estas actividades deben resultar suficientemente variadas para atender a los distintos contenidos a enseñar, a las dificultades del aprendizaje y a los diferentes estilos de aprendizaje del alumnado. Así mismo deben brindar la posibilidad de servir como instrumento de evaluación integrada en el proceso de enseñanza, pues así ésta cumple su función formativa y autoformativa (Sanmartí, 2007). En la selección y diseño de actividades no se debe olvidar la especificidad que tiene el aprendizaje científico en cuanto al imprescindible acercamiento a los fenómenos observables, a la experimentación, indagación, interpretación mediante modelos teóricos, discusión de ideas y resultados con otras personas empleando un discurso argumentativo, etc., sin dejar de lado, por supuesto, el acercamiento a las nuevas tecnologías.
- **Tomar de decisiones sobre qué y cómo evaluar.** Esta tarea, la más rechazada por docentes y discentes, es sin embargo especialmente relevante, pues en ella cristalizan las verdaderas intenciones del profesorado, apreciándose su coherencia real con las finalidades declaradas. Por ello una importante capacidad docente es saber formular criterios de evaluación coherentes con los objetivos de enseñanza y con lo que realmente se ha enseñado, así como diseñar instrumentos de evaluación (pruebas, observaciones,...) adecuados para los fines perseguidos. Además ha de saber analizar los resultados con objeto de ofrecer al alumnado una evaluación justificada dando las recomendaciones oportunas que promuevan el necesario feedback. Cabe indicar que todo ello sigue siendo todavía hoy un importante reto para la innovación en el aula de ciencias.
- **Desarrollar la acción educativa.** La clave del éxito de una buena propuesta es sin duda la capacidad del docente para desarrollarla interaccionando con el alumnado. El profesorado ha de ser capaz de favorecer el aprendizaje, de desarrollar el interés del estudiante y de aportarle la ayuda necesaria. Los problemas que surgen en el aula son a veces previsibles, pues muchos de ellos están recogidos en los catálogos de dificultades que encierran la comprensión de determinados conceptos o habilidades, pero otras veces aparecen por “sorpresa” y el profesor/a, como ya se indicó, ha de disponer de la capacidad necesaria para responder con la inmediatez que la actividad de aula demanda.
- **Evaluar la enseñanza y promover el propio desarrollo profesional.** La labor docente dista mucho de responder a una técnica o a un conjunto de leyes universales, pues es un proceso amplio y complejo, de ahí que la reflexión sobre la acción y la extracción de las consecuencias oportunas sean destrezas incuestionables de la formación docente. Tales destrezas trascienden la formación inicial pues deben extenderse a lo largo de la vida profesional. La práctica reflexiva juega aquí un papel central que ha de relacionarse con el marco teórico y con los avances en la investigación en la didáctica de las ciencias. Otro foco insoslayable de la autoevaluación es la discusión con otros, la capacidad del trabajo colaborativo entre profesores se visualiza como un factor imprescindible en la innovación y mejora educativa.

LA INVESTIGACIÓN EN LA FORMACIÓN DOCENTE EN LA DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS

Centrándonos ahora en la investigación en la formación docente podemos afirmar que en ella se ha seguido diferentes líneas de trabajo, una especialmente amplia se dirige a describir que ideas o dificultades científicas muestran los docentes en ejercicio o en formación respecto a diferentes temas, como por ejemplo ecología, fotosíntesis, problemas ambientales (Carlsson, 2002; Ekborg, 2003; Jaen, y Navarro, 2011); respiración (Sanders, 1993), fuerzas y/o energía (Kruger, Palacio y Summers, 1992; Trumper, 1997); astronomía (Kallery, 2001; Gil Quílez y Martínez Peña, 2005); la materia y sus estados (Leite, Mendoza, y Borsese, 2007), etc. Otra línea se centra en el desarrollo del conocimiento o construcción de modelos científicos de los futuros docentes a lo largo de un proceso formativo (Trundle, Alwood, y Chistopher, 2002; Bell y Trundle, 2008; Bonil y Pujol, 2008). Otros trabajos especialmente abundantes se orienta a describir las ideas de los profesores en ejercicio o en formación sobre qué/como se enseñan o se deben enseñar diferentes temas (Jiménez Aleixandre, 1994; Furió, Calatayud, Guisasola y Furió-Gómez, 2005; García Barros y Martínez Losada, 2011; Rivadulla, García Barros, y Martínez Losada, 2011), así como sobre que deben saber o que necesitan profesionalmente hablando ellos mismos (Martínez Chico, López-Gay, Jiménez Liso y Acher, 2013; Martín del Pozo, Fernández Lozano, González Ballesteros, y De Juanas Oliva 2013). También se orientan a determinar los cambios, progresos de las ideas (Benarroch y Marín 2011) incluso en estudios longitudinales a largo plazo (Da-Silva., Mellado, Ruiz, y Porlan, 2007; Arzi, y White; 2008;). También se proponen estudios en los que se conjuga la formación científico didáctica en trabajos dirigidos a la formación de maestros o de profesores de secundaria, sirvan de ejemplo algunos realizados por nuestro grupo (Fuentes, García Barros y Martínez Losada, 2009; Martínez Losada y García Barros 2013; Rivadulla, García Barros y Martínez Losada, 2016).

A pesar de que el esfuerzo en la investigación ha sido bastante amplio, se siguen escuchando voces críticas sobre su eficacia en la innovación y mejora educativa, pues el profesorado continúa considerándola como algo ajeno a su actividad profesional. Lo indicado debería constituir una llamada de atención para los propios investigadores y para los agentes sociales y políticos que articulan la formación docente, lo que nos obliga a no ser complacientes con el impacto del conocimiento generado, pero tampoco con su alcance y diversificación. En la actualidad, la investigación en formación docente en didáctica de las ciencias aún está muy dirigida al ámbito de la Educación Primaria y secundaria, siendo todavía minoritaria en infantil y en la universidad, exceptuando la propia formación del profesorado de los e niveles obligatorios. Además es aún insuficiente a la hora de dar respuesta a cuestiones como por ejemplo, ¿cómo es y cómo se articula la formación docente en nuestras universidades?, ¿cuál es el pensamiento de los formadores?, ¿estamos innovando en la formación docente?, ¿hasta qué punto nos está influyendo la investigación, cuando realmente estamos implicados en el desarrollo de la misma? En este sentido, con relación a la primera pregunta y a raíz de la implantación del master de secundaria, se han hecho algunos esfuerzos dirigidos a visualizar qué áreas o que especialistas están impartiendo dicho master en las universidades españolas. Concretamente la asociación APICE celebró unas jornadas sobre este particular en Madrid en enero de 2011. Así mismo la *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* en el año 2013 publicó un monográfico específico en relación a este nuevo master. Por otra parte y en esta misma revista dos años antes ya se habían publicado los resultados de las opiniones de profesores participantes en el citado master, definiéndose las luces y las sombras de esa primera experiencia (Benarroch, 2011). Concretamente se consideró como fortaleza el avance que estos estudios de posgrado supusieron frente al antiguo CAP, el reforzamiento de las relaciones entre centros de secundaria, la satisfacción del alumnado respecto a la conexión de las asignaturas de didácticas específicas con el conocimiento profesional, etc. Por el contrario se apuntaron como debilidades la insuficiente participación de las áreas didácticas específicas en el módulo específico y en el prácticum, la falta de coordinación entre el profesorado y la falta de coherencia entre los modelos de enseñanza utilizados y los que se pretenden que los futuros profesores apliquen en sus aulas.

Cabe indicar que esta preocupación por analizar la situación de la formación docente inicial en secundaria no se ha trasladado con igual intensidad a los nuevos grados de primaria. De hecho y a pesar de que estos nuevos títulos han sido sometido a los procesos de verificación por la ANECA, lo que les otorga un reconocido nivel de calidad, todavía quedan diversas cuestiones que se deberían acometer, como por ejemplo: ¿qué sabemos del currículum de la formación específica en enseñanza de las ciencias o en el ámbito científico?, ¿que se contempla concretamente en los nuevos grados?, ¿qué piensan o pensamos los formadores sobre cómo ha de ser dicha formación?, ¿cuáles son sus luces y sus sombras después de la graduación de las primeras promociones?

LA FORMACIÓN EN DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS EN EL GRADO EN EDUCACIÓN PRIMARIA

A continuación, y con la intención de aportar respuestas a alguna de las cuestiones suscitadas, se presenta este apartado que muestra algunos datos que permitirá abrir un debate sobre la adecuación de la formación de maestros en el ámbito de la enseñanza de las ciencias en nuestro país. Más concretamente se trata de responder a las siguientes preguntas: ¿Cuál es la presencia de las materias obligatorias dedicadas a las ciencias y/o a la enseñanza/aprendizaje de las ciencias en los planes de estudios de los grados en Educación Primaria en las universidades españolas? y ¿en qué medida estas materias conjugan el estudio del ámbito didáctico con el científico?

Para elaborar las contestaciones a estas preguntas se han analizado las guías docentes de grado en Educación Primaria correspondientes a 35 universidades de carácter público que representan todas las comunidades autónomas del estado español. En total se analizaron las guías de 86 asignaturas obligatorias relativas al ámbito científico y su enseñanza/aprendizaje.

La guía docente es un documento profesional y público que si bien no puede considerarse un reflejo exacto de la actividad formativa, pues siempre hay una importante distancia entre el currículum diseñado y el ejecutado, resulta útil para hacer una aproximación a la intención y características de las materias. Estas guías fueron elaboradas por equipos de especialistas en la formación del profesorado de ciencias, que son los últimos encargados de seleccionar los contenidos y de perfilar las finalidades de enseñanza tomando como referentes una serie de competencias profesionales prefijadas oficialmente a nivel estatal para esta titulación.

En el análisis se atiende en primer lugar al número de materias obligatorias y al número de créditos que cada universidad dedica a la formación del maestro de primaria en el ámbito de las ciencias de la naturaleza. En segundo lugar se estudia el nivel de acercamiento más concreto al ámbito científico y/o el específico de didáctica de las ciencias de cada una de las asignaturas estableciendo las siguientes posibilidades: a) materias que solo atienden al ámbito didáctico sin especificar contenidos científicos o refiriéndose a ellos en términos exclusivamente genéricos (biología/geología; física/química); b) materias en que el contenido científico y didáctico está explícitamente interrelacionado; c) materias que se contemplan ambos contenidos de forma completamente inconexa y d) materias que solo incluyen conocimiento científico, aunque pueden hacer referencias mínimas a recurso/técnicas de enseñanza. Por otra parte, y tomando como referente los planes de estudios del grado en Educación Primaria, se clasifican las universidades en función de la mayor o menor presencia de los tipos de asignaturas antes definidos. En tercer lugar se profundiza en el análisis de los contenidos de las guías docentes de cada materia. Para ello se establecen categorías centradas en el ámbito de la didáctica de las ciencias y en el de las ciencias de la naturaleza. Las primeras toman como referente los grandes temas que la didáctica de las ciencias experimentales ha definido como esenciales para formación del profesorado, aunque también se consideran

otros aspectos que se deducen empíricamente del propio análisis de las guías. Concretamente se contempla:

- La naturaleza de la ciencia
- El currículum
- El alumno/a, las características de su pensamiento, la construcción del conocimiento, sus ideas sobre los fenómenos del mundo, etc.
- La selección de objetivos/contenidos incluyendo la progresión de modelos, especificación de habilidades, ...
- Estrategias, actividades, recursos.
- Desarrollo de valores.
- La evaluación concepto y/o estrategias.
- Los modelos de enseñanza en la educación científica.
- Aspectos genéricos. Aquí se incluyen referencias diversas a las competencias docentes, como por ejemplo, la aproximación didáctica al estudio de determinados temas, la didáctica de las ciencias como área de conocimiento específica, etc.

Las categorías del ámbito científico se asocian a las cuatro áreas (biología; geología, física y química) haciendo subdivisiones en función de la mayor concreción detectada, así mismo se contempla como categoría específica las referencias relativas a la educación ambiental, desarrollo sostenible, etc. (ver detalles en la tabla 6).

El análisis de resultados pone de manifiesto que los nuevos grados en Educación Primaria de las universidades española dedican a las ciencias de la naturaleza en su ámbito científico y/o didáctica una media de 15 créditos obligatorios (desviación típica 3,45), siendo el número mínimo de seis y el máximo de 24 créditos. Por otra parte, el número de materias obligatorias centradas en ciencias de la naturaleza y/o su enseñanza oscila entre una y cuatro, siendo lo más habitual que se incluyan dos o tres asignaturas (tabla 1). Esta presencia puede considerarse suficiente habida cuenta de la diversidad disciplinar a la que debe atender la formación del profesorado de Educación Primaria, cuyo carácter es generalista y por naturaleza heterogéneo y complejo.

Tabla 1

Número de universidades que incluyen 1, 2, 3 o 4 materias obligatorias de Ciencias o de Enseñanza de las Ciencias en el plan de estudios del grado en Educación Primaria.

	Número de materias obligatorias de ciencias/enseñanza de las ciencias			
	Una	Dos	Tres	Cuatro
Nº de universidades	1	19	13	2

El análisis de las guías docentes de las 86 asignaturas de las universidades seleccionadas ofrece una visión muy diversa, apreciándose un cierto predominio del contenido exclusivamente científico. Así, mientras que el 36% de las materias relacionan de forma explícita los contenidos de ámbito científico y didáctico, el resto atienden a ambos de formas desconectada o bien se centran exclusivamente a uno de ellos, siendo más frecuentes las asignaturas que se circunscribe a tratar exclusivamente el ámbito científico (30,23%) (tabla2).

Tabla 2

Clasificación de las 86 materias en función de su orientación científica y/o didáctica

Materias centradas en el ámbito didáctico	Materias que relacionan explícitamente ámbitos científico y didáctico	Materias que tratan ámbito científico y didáctico sin conexión explícita	Materias centradas en el ámbito científico	no consideradas
17 (19.77%)	31 (36.05%)	10 (11.63%)	26 (30.23%)	2 (2.33%)

Los planes de estudios del grado en Educación Primaria de las universidades españolas se pueden caracterizar en función del tipo de asignaturas de ciencias y de enseñanza de las ciencias obligatorias que incluyen (tabla 3). Así se observa que es anecdótica la exclusiva presencia de materias que solo atienden al ámbito científico o al didáctico (2 universidades -5.71%- en cada uno de los casos). La tendencia habitual es que las universidades o bien siempre planteen el contenido científico y el relativo a la didáctica de las ciencias en materias separadas o de forma inconexa dentro de la misma asignatura (9 universidades), o bien que incluyan alguna asignatura que interrelacionan explícitamente ambos tipos de contenido (22 universidades). Siete de estas últimas universidades solo recogen en su plan de estudios asignaturas de este tipo y 15 las combinan con otras materias que atienden o bien al ámbito exclusivamente didáctico o científico, o bien a ambos (tres, cinco y siete universidades respectivamente). Cabe indicar que en estas 15 universidades donde coexisten asignaturas de distinta orientación, lo más habitual es que las materias que conjugan explícitamente aspectos científicos y didácticos representen el 50% de los créditos que el plan de estudios destina al tratamiento de las ciencias de la naturaleza y/o a su didáctica, alcanzando un porcentaje máximo y mínimo del 83% y del 20% respectivamente. Estos datos ponen de manifiesto que la necesaria integración del contenido didáctico/científico en las materias dirigidas a la formación específica del profesorado de Educación Primaria, en lo que respecta a la enseñanza de las ciencias, no están tan extendido como sería deseable.

Tabla 3

Clasificación de las universidades en función del tipo o tipos de materias de ciencias o de enseñanza de las ciencias que incluyen en el grado en maestro de primaria

Tipos de materias que incluyen las universidades en el grado en Educación Primaria		TOTAL Universidades	
Solo materias de tipo científico		2 5.71%	
Los ámbitos científico y didáctico se contemplan de forma independiente en todas las materias		9 25.71%	
Materias de tipo científico y didáctico N=31 (88.57%)	En todas las materias	7 20%	
	Los ámbitos científico y didáctico se contemplan de forma relacionada N=22 (62.86%)	Junto a otras de tipo didáctico	3 8.57%
		Junto a otras de tipo científico	5 14.29%
		Junto a otras de tipo científico y otras didáctico	7 20%
Solo materias de tipo didáctico		2 5.71%	

Ante la pregunta, ¿qué contenidos del ámbito de la didáctica de las ciencias se identifican en los planes de estudios que se están desarrollando en las universidades española?, se puede afirmar que, independientemente del tipo de asignaturas que incluyen, es decir independientemente de que estas conjuguen o no los ámbitos científico y didáctico, los contenidos didácticos responden a los aspectos recomendados por la investigación en la enseñanza de las ciencias, siendo el estudio del currículum y el de actividades/recursos los que tiene mayor presencia, identificándose en más del 80% de las universidades (tabla 4).

Tabla 4

Aspectos concretos de la didáctica de las ciencias al que atienden los planes de estudios de grado en Educación Primaria que se desarrollan en las universidades españolas

ASPECTOS DE LA DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS		TOTAL UNIVERSIDADES N=33
Naturaleza de la ciencia/método científico		18 54.54%
Currículum		27 81.82%
El alumno y el aprendizaje de las ciencias	Pensamiento infantil características, Problemas/construcción del conocimiento científico...	16 48.48%
	Concepciones iniciales, ideas previas...	15 45.45%
Qué ciencias enseñar	Selección de contenidos, objetivos, finalidades, progresión de modelos,...	20 60.61%
	Desarrollo de valores	8 24.24%
Actividades, recursos, tareas,...		29 87.88%
Cómo enseñar/evaluar	Evaluación, concepto, estrategias,...	16 48.48%
	Elaboración diseño de actividades y/o propuestas de enseñanza	19 57.58%
	Modelos/estrategias de enseñanza de las ciencias	21 63.64%
Aspectos genéricos (aproximación científico/didáctica al estudio de temas, que estudia la didáctica de las ciencias...)		5 15.15%

Por el contrario contenidos tan relevantes como los relacionados con el aprendizaje y su problemática, las ideas del alumno, con la evaluación, y especialmente con el desarrollo de valores, son menos considerados, identificándose solo entre el 45% y el 24% de los planes de las universidades analizadas. Cabe indicar que la mayoría de las universidades incluyen en las guías de las materias de grado entre 4 y 7 de los 10 aspectos de didáctica de las ciencias considerados en este estudio, siendo solo una la que recoge todos ellos (tabla 5).

Tabla 5

Número de universidades que incluyen 3, 4...y hasta 10 de los contenidos de didáctica de las ciencias considerados en el análisis.

Nº de universidades	Nº de aspectos de didáctica de las ciencias considerados							
	Tres	Cuatro	Cinco	Seis	Siete	Ocho	Nueve	Diez
Nº=33	3 9.09%	6 18.18%	7 21.21%	2 6.06%	9 27.27%	4 12.12%	1 3.03%	1 3.03%

Por otra parte, se puede afirmar que los aspectos de las ciencias de la naturaleza que se recogen explícitamente en las asignaturas que hemos denominado de carácter exclusivamente científico o científico/didáctico sin que se establezcan conexiones entre ambos ámbitos, son bastante diversos y están muy especificados en las universidades españolas, sobre todo si los comparamos con la concreción didáctica comentada en el párrafo precedente. Los contenidos relativos a las ciencias de la naturaleza se agruparon en 22 categorías diferentes asociados a biología, geología, física y química, considerándose también y de forma independiente las referencias socio-ambientales dado su carácter transversal (tabla 6). Más del 50% de las universidades que imparten el tipo de asignatura citado explicitan en sus guías aspectos biológicos (seres vivos y su diversidad; el ser humano y la salud) y físicos (la energía y las máquinas), y en un porcentaje ligeramente inferior aspectos químicos (la materia y/o los materiales). Otros contenidos relacionados con la geología (procesos geológicos, astronomía -sistema solar-), así como la clasificación de la materiales, el cambio químico, las fuerzas, la ecología o la problemática socio-ambiental son también considerados en más del 30% de estas universidades. Por otra parte, aunque en menor proporción, se identifican algunos contenidos de química (enlace químico, tabla periódica, reacción ácido-base) o de biología (genética-evolución, metabolismo celular...) de mayor complejidad y abstracción. Lo indicado pone de manifiesto que son abundantes las universidades que proponen materias obligatorias dirigidas a la formación de maestros que responden a un programa de contenidos bastante similar al que podríamos encontrar en la educación obligatoria o en el bachillerato.

Tabla 6

Contenidos científicos que se explicitan en las guías docentes de las universidades que incluyen materias de ciencias en el grado de maestro de primaria

CONTENIDOS CIENTÍFICOS		Total Universidades	Porcentaje N=23
Biología	Seres vivos, biodiversidad	14	60.87%
	Ser humano y la salud	13	56.52%
	Ecología	7	30.43%
	Herencia/evolución	4	17.39%
	Citología, metabolismo, unidad de vida...	4	17.39%
Geología	Procesos geológicos/dinámica de la Tierra	9	39.13%
	Rocas y minerales	4	17.39%
	Tierra y atmósfera	6	26.09%
	Sistema solar/astrología	8	34.78%
Física	Fuerzas	7	30.43%
	Energía/máquinas/consumo energético	14	60.87%
	Movimiento	4	17.39%
	Electricidad/magnetismo	2	8.70%
Química	Luz sonido	4	17.39%
	Materiales/materia	11	47.83%
	Enlaces...estados de agregación	4	17.39%
	Clasificación de la materia	7	30.43%
	Tabla periódica	4	17.39%
	Disoluciones/mezclas	6	26.09%
Aspectos socio-ambientales	Reacción química equilibrio ácido-base...	8	34.78%
	CTSA	7	30.43%
	Desarrollo sostenible... conservación	7	30.43%

Ante la pregunta, ¿qué relaciones específicas entre el ámbito científico y didáctico se identifican en las guías docentes de las materias de los planes de estudios de nuestras universidades?, se puede afirmar que tales relaciones son bastante diversas, aunque se centran en temas de ciencias de la naturaleza amplios y especialmente adaptados a la Educación Primaria, evitándose la exhaustiva especificación que encontramos en las materias de carácter exclusivamente “científico”. Además, se aprecia en estas relaciones una preponderancia de los tópicos biológicos (Tablas 7 y 8). En concreto se vincula especialmente el estudio los seres vivos y su diversidad y el del ser humana y la salud con aspectos como, sus problemas de aprendizaje, la selección de contenidos a enseñar y la presentación de actividades específicas para emplear en el aula. Lo indicado se puede identificar en las guías docentes de entre 5 y 8 universidades. En un número similar de universidades se encuentran relaciones entre los aspectos didácticos citados y temas como astronomía, la materia y la energía.

Cabe indicar que otras relaciones son menos frecuentes en nuestras universidades, este es el caso por ejemplo del desarrollo de valores o la evaluación, que a pesar de la importancia que tendría su concreción en temas específicos, solamente se asocian genéricamente a la biología, geología, física, química y anecdóticamente (solo una universidad) al estudio del ser humano, de los seres vivos o a temas ambientales. Otros contenidos relevantes para la didáctica de las ciencias, como la naturaleza de la ciencia o los modelos/estrategias de enseñanza de las ciencias también se relacionan únicamente con temas científicos genéricos (Biología, Física...). Esta última asociación resulta lógica habida cuenta del carácter teórico general de los aspectos didácticos señalados cuya función debe ser dirigir y justificar la toma de decisiones sobre la selección de objetivos/contenidos o el análisis y diseño de estrategias y actividades de enseñanza.

Tabla 7

Interrelaciones explícitas entre contenidos didácticos y científicos (Biología y Geología) halladas en los planes de estudios. Nº de universidades donde se identificaron tales interrelaciones.

Contenidos de Didáctica de las Ciencias		Contenidos de biología				Contenidos de Geología			
		B	V	H	C	G	At	D	As
Naturaleza de la ciencia/método científico		1	-	-	-	1	-	-	-
Currículum		3	1	1	-	3	-	-	-
El alumno y el aprendizaje de las ciencias	Pensamiento infantil características, Problemas/construcción del conocimiento científico...	1	6	6	3	-	-	1	2
	Concepciones iniciales, ideas previas...	1	4	3	-	1	2	1	2
Qué ciencias enseñar	Selección de contenidos, objetivos, ..	1	6	5	1	1	2	1	5
	Desarrollo de valores	1	-	-	-	1	-	-	-
Cómo enseñar/ evaluar	Actividades, recursos, tareas,...	3	8	6	5	3	3	1	5
	Evaluación, concepto, estrategias,...	2	1	1	-	2	-	-	-
	Elaboración diseño de actividades y/o propuestas de enseñanza	1	4	3	1	1	-	1	2
	Modelos/estrategias de enseñanza de las ciencias	2	-	-	-	2	-	-	-
Aspectos genéricos (aproximación científico/didáctica al estudio de temas, que estudia la didáctica de las ciencias...)		-	-	1	-	-	-	-	1

B (biología genérico); **V** (seres vivos/diversidad); **H** (ser humano/salud); **C** (ecología); **G** (geología genérico); **At** (atmósfera); **D** (dinámica terrestre); **As** (astronomía).

Tabla 8

Interrelaciones explícitas entre contenidos didácticos y científicos (Física y Química) halladas en los planes de estudios. N° de universidades donde se identificaron tales interrelaciones.

Contenidos de Didáctica de las Ciencias		Contenidos de Física			Contenidos de Química		E/A. Desarrollo sostenible
		F	E	L	Q	M	
Naturaleza de la ciencia/método científico		1			1		
Currículum		5	1		5	1	
El alumno y el aprendizaje de las ciencias	Pensamiento infantil características, Problemas/construcción del conocimiento científico...	3	2	1	2	4	1
	Concepciones iniciales, ideas previas...	1	2	-	1	6	
Qué ciencias enseñar	Selección de contenidos, objetivos, ..	-	6	1	-	8	1
	Desarrollo de valores	-	-	-	-	-	1
Cómo enseñar/ evaluar	Actividades, recursos, tareas,...		4		4	5	2
	Evaluación, concepto, estrategias,...	3			3		
	Elaboración diseño de actividades y/o propuestas de enseñanza	1	2		1	2	
	Modelos/estrategias de enseñanza de las ciencias	3			3		
Aspectos genéricos (aproximación científico/didáctica al estudio de temas, que estudia la didáctica de las ciencias...)			1			1	

F (Física genérico); E (energía/maquinas/aparatos); L (luz/sonido); Q (Química genérico); M (materia/materiales/cambios)

ALGUNAS CONSIDERACIONES PARA MEJORAR LA FORMACIÓN DEL PROFESORADO DE PRIMARIA EN EL ÁREA DE CIENCIAS

Una de las sombras de la formación de maestros, derivadas del análisis de las guías docentes de las materias obligatorias de los planes de estudios del Grado en Educación Primaria, es la todavía insuficiente relación que se aprecia entre el conocimiento científico del área de ciencias de la naturaleza y su conocimiento didáctico. La segunda sombra podría ser la importante presencia de asignaturas relativas al estudio exclusivo de las ciencias de la naturaleza que, con diferentes denominaciones, se caracterizan por plantear únicamente contenidos científicos muy especificados. Entendemos que la falta de integración científico didáctica responde a planteamientos congruentes con modelos consecutivos (Esteve, 2006) y su ausencia es especialmente grave para la formación docente de calidad, pues la realización de dicha integración no resulta una tarea fácil para futuro docente. En este sentido nuestro equipo dispone de algunos datos empíricos que ponen de manifiesto esta dificultad. Así por ejemplo, hemos desarrollado una actividad formativa sobre un tema sencillo -la construcción del modelo del ser vivo- con un doble objetivo: a) construir una idea adecuada de ser vivo, superando posibles reduccionismos, lo que supone recordar un conocimiento científico elemental a través de una secuencia de tareas y b) analizar una actividad de enseñanza dirigida a 4º curso de Educación Primaria sobre este mismo tema, que transcurre a través de tareas similares, identificando que ideas clave relativas a la construcción del modelo de ser vivo permite desarrollar. Los resultados de esta actividad realizada por más de 30 grupos de 3 ó 4 estudiantes del 3º curso del grado en Educación Primaria muestran que, después de las oportunas discusiones en pequeño y

en gran grupo, los participantes fueron capaces: de reconocer la diversidad de los seres vivos correspondientes a los cinco reinos; de identificar las características comunes de los seres vivos, como las funciones vitales, la composición celular y en menor medida su capacidad de evolución/cambio. Además los grupos más eficaces en esta reflexión fueron también los que definieron al ser vivo con más corrección. Sin embargo, estas capacidades no se extrapolaron fácilmente al análisis didáctico de la actividad escolar. Los niveles de adecuación alcanzados en las respuestas científicas fueron superiores a los de las respuestas didácticas, generalmente menos completas y detalladas. Lo indicado se apreció en alrededor de la mitad de los grupos participantes que, por otra parte, valoraron positivamente la actividad formativa (García Barros, 2015).

Estos resultados nos conducen a cuestionar el tiempo dedicado exclusivamente a recordar contenidos científicos en la formación de maestros, esperando que ese conocimiento se relacione fácilmente con capacidades didácticas. Lo indicado lleva consigo la desprofesionalización y el afianzamiento de los modelos sumativos o consecutivos de los que hablamos anteriormente, en los que la docencia es cuestión de saber las disciplinas y de disponer de ciertas características comunicativas que se afianzan con la práctica. Además la introducción exclusiva del conocimiento de las disciplinas de ciencias de la naturaleza de forma transmisiva y alejada del contexto profesional docente pueden tener un efecto adverso en los estudiantes de magisterio, que a menudo rechazan este tipo de materias, evitaron su elección en la educación secundaria y en el bachillerato, considerando que son asignaturas que no “se le dan bien”. Por tanto son personas que generalmente muestran emociones negativas hacia las ciencias lo que constituye un problema para su aprendizaje (Mellado, Borrachero, Jiménez, Costillo, Esteban, Bermejo y Melo, 2014). En este sentido la formación docente ha de revertir este tipo de sentimientos y posturas incidiendo, no solo en la dimensión conceptual, sino también en la ideológica y en la actitudinal (Bonil y Márquez, 2011). Así en la formación del maestro no llega con el conocimiento científico sino que es necesario desarrollar también una visión de ciencia vinculada a la sociedad como elemento de reflexión y crítica, donde se perciba el saber científico como un marco de pensamiento que justifique la acción responsable que promueva el bienestar, la justicia social, la sostenibilidad, etc. Por otra parte, la dimensión actitudinal debe favorecer actitudes positivas hacia el aprendizaje de las ciencias. Las posturas de rechazo antes citadas deben ser sustituidas por otras de interés por conocer el mundo físico y natural y por valorar ese conocimiento que ha hecho más libres a las sociedades humanas. Para ello va a ser necesario que la formación en didáctica de las ciencias neutralice el efecto de aquellos aspectos que provocan mayor desinterés por las ciencias (Lyons 2006): el modelo didáctico transmisivo; el contenido descontextualizado y la dificultad innecesaria. En el caso de la formación de maestros el modelo didáctico transmisivo puede cambiar o debería hacerlo. Desde la implantación del plan Bolonia se han ampliado las clases interactivas en pequeño grupo lo que ayuda a superar la preponderancia de clases transmitivas tan afianzada en nuestra universidad. Por otra parte, evitar el contenido descontextualizado está en nuestra mano como formadores de profesores, pues la búsqueda de situaciones profesionales donde se planteen problemas más o menos complejos que el aula requiere debe ser la marca de la casa en la citada formación. De nada sirve desarrollar programas de ciencias enciclopédicos que reproducen más o menos fielmente aquellos cursados en la educación secundaria y en el bachillerato, pues “repasar” contenidos como por ejemplo las leyes de Mendel, la tabla periódica, etc., que se recogen en las guías docentes de asignaturas obligatorias del grado en Educación Primaria, se hallan fuera del contexto de este nivel educativo y, por tanto, va a ser complicado convencer al alumnado de la necesidad de hacer el esfuerzo de aprenderlos. Además, lo indicado se puede vincular con el tercer elemento que causa desinterés por las ciencias entre los estudiantes, nos referimos a la inclusión de contenidos y conceptos de dificultad innecesaria.

Basándonos en lo señalado consideramos que la formación del profesorado de primaria debe abordar los grandes temas teóricos de la didáctica de las ciencias que sirvan de marco para la toma de decisiones, como por ejemplo la naturaleza de la ciencia, los modelos de enseñanza con su correspondiente fundamentación psicológica, epistemológica. Sin embargo, estos y otros temas deben concretarse en unidades de estudio específicas que permitan organizar los contenidos, darles una dimensión de progreso y definir las capacidades necesarias para el desarrollo de las distintas competencias, siendo una de las principales en nuestro caso la científica. Para ello la estructura de las ciencias constituyen una importante ayuda que no debemos soslayar, pues su organización, puede servir de base para determinar que contenidos resultan esenciales para enseñar en la ciencia escolar. El reto será buscar los grandes núcleos o modelos científicos estructurantes sobre los que construir el conocimiento didáctico necesario para que el futuro docente tome decisiones fundamentadas. Un paso importante en la toma de decisiones docentes es la selección de objetivos y contenidos, pues dirigen y orientan las decisiones futuras. Paralelamente es imprescindible buscar contextos, es decir fenómenos y situaciones próximas e interesantes para los niños, a los que vincular esos conceptos e ideas y hacer las preguntas interesantes para su aprendizaje. Otro punto importante que matiza y justifica la idoneidad de las decisiones tomadas, consiste en determinar el grado de dificultad que encierran los aspectos científicos seleccionados, pues las ideas de los niños y sus capacidades van a ser claves en la selección de contenidos. Posteriormente será el momento de la búsqueda de actividades para promover el aprendizaje y la toma de decisiones sobre como secuenciar las mismas en la acción educativa. Este punto provoca gran interés en el alumnado de magisterio, que tiende a empezar por él cuando prepara una propuesta de enseñanza. La búsqueda de actividades motivadoras y vistosas es uno de los aspectos a los que más atiende los futuros profesores y que más demanda el profesorado en ejercicio (Martínez Chico, et al. 2013). Sin embargo la formación debe hacer hincapié en los objetivos/contenidos a enseñar pues, como decíamos, las intenciones educativas son las que dirigen la búsqueda de las actividades, aunque el alumnado de magisterio tarda en admitirlo, al considerar el contenido a enseñar como mero elemento del currículum oficial inmune a la crítica. Finalmente y no por ser menos importante nos referimos a la evaluación entendida como una función profesional especialmente relevante si se aplica desde una óptica formadora tanto para el alumno como para el profesor.

Lo hasta ahora indicado pretende apoyar la necesidad de integrar conocimiento científico y didáctico en la formación del profesorado de ciencias superando las tradicionales, y no totalmente superadas, propuestas formativas basadas en modelos consecutivos que depositan en manos del docente en formación la difícil tarea de integrar.

REFERENCIAS

- Abell SK, y Lederman NG. (2007) *Handbook of Research on Science Education*. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Arzi, H. J., y White, R. T. (2008). Change in Teachers' Knowledge of Subject Matter: a 17-Year Longitudinal Study. *Science Education*, 92(2), 221-251
- Bell, R. L., y Trundle, K. C. (2008). The Use of a Computer Simulation to Promote Scientific Conceptions of Moon Phases. *Journal Research in Science Teaching*, 45(3), 346-372.
- Benarroch, A. (2011). Diseño y desarrollo del máster en profesorado de educación secundaria durante su primer año de implantación. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 8(1), 20-40.
- Benarroch, A., y Marín, N. (2011). Relaciones entre creencias sobre enseñanza, aprendizaje y conocimiento de Ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 29(2), 289-230.
- Bonil, J., y Márquez, C. (2011). ¿Qué experiencias manifiestan los futuros maestros sobre las clases de ciencias? Implicaciones para su formación. *Revista de Educación*, 354, 447-472.
- Bonil, J., y Pujol, R. M. (2008). Orientaciones didácticas para favorecer la presencia del modelo conceptual complejo de ser vivo en la formación inicial de profesorado de Educación Primaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 26(3), 403-418.
- Cañal, P. (2012). Saber Ciencias no equivale a tener competencia profesional para enseñar ciencias En Pedrinaci, E. (Ed.), *Once ideas clave. El desarrollo de la competencia Científica*. Barcelona: Graó.

- Carlsson, B. (2002). Ecological understanding 1: way of experiencing photosynthesis. *International Journal of Science Education*, 24(7), 681-699.
- Carrascosa, J.; Domenech, J.L.; Martínez Torregrosa, J.; Osuna, L. y Verdú, R. (2014) *Curso básico de didáctica de las ciencias enseñanza secundaria. Profesorado de ciencias en formación y en activo*. Recuperado de: <https://drive.google.com/file/d/0B72xyoVim3zVSDYtYWNvNUdVNZs/view?export=download>
- Da-Silva, C., Mellado, V., Ruiz, C., y Porlan, R. (2007). Evolution of the conceptions of a secondary education biology teacher: Longitudinal analysis using cognitive maps. *Science Education*, 91(3), 461-491.
- Ekborg, M. (2003). How student teachers use scientific conceptions to discuss a complex environmental issue. *Journal of Biological Education*, 37(3), 126-132.
- Esteve, J. M. (2006). La profesión docente en Europa: perfil, tendencias y problemática. La formación inicial. *Revista de Educación*, 340, 19-40.
- Fraser, B. J., y Tobin, K. (1998). *International Handbook of Science Education*. Dordrecht, Boston, London: Kluwer Academic Publishers.
- Fraser, B., Tobin, K., y McRobbie, C. J. (Eds.). (2011). *Second international handbook of science education* (Vol. 24). Springer Science y Business Media.
- Fuentes, M. J., García Barros, S., y Martínez Losada, C. (2009). ¿En qué medida cambian las ideas de los futuros docentes de secundaria sobre qué y cómo enseñar después de un proceso formativo? *Revista de Educación*, 349, 269-294.
- Furió, C., Calatayud, M. L., Guisasaola, J., y Furió-Gómez, C. (2005). How are the Concepts and Theories of Acid-Base Reactions Presented? Chemistry in textbooks and as Presented by Teachers. *International Journal of Science Education*, 27(11), 1337-1358.
- García Barros, S. (2015). *Integrando conocimiento científico y didáctico en/para la formación docente*. Trabajo presentado en el VII Encuentro internacional sobre aprendizaje significativo y V Encuentro iberoamericano sobre investigación en enseñanza de las ciencias, Burgos (13-17 de julio).
- García Barros, S., y Martínez losada, C. (2011). ¿Cómo valoran los profesores en ejercicio y en formación unas actividades dirigidas al estudio de la reproducción en la educación obligatoria? *Enseñanza de las Ciencias*, 29(1), 5-21.
- Gil Quilez, M. J., y Martínez Peña, B. (2005). El modelo de Sol-Tierra-Luna en el lenguaje iconográfico de estudiantes de magisterio. *Enseñanza de las Ciencias*, 23(2), 153-166.
- Gil, D., Carrascosa, J., Furió, C., y Martínez Torregrosa, J. (1991). *La Enseñanza de las Ciencias en la Educación Secundaria*. Barcelona: ICE Universidad de Barcelona. Horsori.
- Jaen, M., y Navarro, E. P. (2011). ¿Qué piensan y cómo actúan los alumnos y profesores de un Centro de Educación Secundaria sobre la gestión del agua, la energía y los residuos? *Enseñanza de las Ciencias*, 29(1), 61-74.
- Jiménez Alexandre, M. P. (1994). Teaching Evolution and Natural selection: A look at textbook and teachers. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(5), 519-535.
- Kallery, M. (2001). Early-years Educators' Attitudes to Science and Pseudo-science: the case of astronomy and astrology. *European Journal of Teacher Education*, 24(3), 329-342.
- Kruger, C., Palacio, D., y Summers, M. (1992). Surveys of English primary teachers' conceptions of force, energy, and materials. *Science Education*, 76, 339-351.
- Leite, L., Mendoza, J., y Borsese, A. (2007). Teachers' and prospective teachers' explanations of liquid-state phenomena: A comparative study involving three european countries. *Journal of Research in Science Teaching* 44(2), 349-374.
- Lyons, T. (2006). Different Countries, Same Science Classes: Students' experiences of school science in their own words. *International Journal of Science Education*, 28(6), 591-613.
- Martín del Pozo, R., Fernández Lozano, P., González Ballesteros, M., y De Juanas Oliva, A. (2013). El dominio de los contenidos escolares: competencia profesional y formación inicial de maestros. *Revista de Educación*, 360, 363-387.
- Martínez Chico, M., López-Gay, R., Jiménez Liso, R., y Acher, A. (2013). Demandas de maestros en activo y materiales curriculares para la enseñanza de las ciencias *Investigación en la Escuela*, 80 35-48.
- Mellado, V., Borrachero, A. B., Brígido, M., Melo, L.V., Dávila, M.A., Cañada, F., Conde, M.C., Costillo, E., Cubero, J., Esteban, R., Martínez, G., Ruiz, C., Sánchez, J., Garritz, A., Mellado, L., Vázquez, B., Jiménez, R. y Bermejo, M. L. (2014). Las emociones en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las ciencias*, 32(3), 0011-36.
- Mellado, V., y González, T. (2000). La formación inicial del profesorado de ciencias. In F. J. Perales y P. Cañal (Eds.), *Didáctica de las Ciencias Experimentales* (pp. 535-555). Alcoy: Marfil.
- Porlán, R., Martín del Pozo, R., Rivero, A., Harres, J., P., A., y Pizzato, M. (2010). El cambio del profesorado de ciencias I: Marco teórico y formativo. *Enseñanza de las Ciencias*, 28(1), 31-46.
- Rivadulla, García Barros, y Martínez Losada. (2011) ¿Qué deben saber los/s niños/as de educación primaria sobre la nutrición humana según los/as maestros/as en ejercicio? En: *XI Congreso Internacional Galego-Portugués de Psicopedagogía*. A Coruña: 2011, p. 3647-3655.
- Rivadulla, J. C., García Barros, S., y Martínez Losada, C. (2016). Los mapas conceptuales como instrumento para analizar las ideas de los estudiantes del Grado de Maestro de Educación Primaria sobre qué enseñar de nutrición humana en Educación Primaria. *Revista Complutense de Educación*, 27(3), 271-294.
- Sanders, M. (1993). Erroneous ideas about respiration: The teacher factor. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(8), 919-934.
- Sanmartí, N. (2007). *10 Ideas clave: evaluar para aprender*. Barcelona: Graó.
- Shulman, L. (1986). Those who understand: knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4-14.
- Trumper, R. (1997). A survey of conceptions of energy of Israeli pre-service high school biology teachers. *International Journal of Science Education*, 19(31-46).
- Trundle, K. C., Alwood, R. K., y Christopher, J. E. (2002). Preservice Elementary teachers' conceptions of Moon Phases before and after instruction. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(7), 633-658.