



¿Qué investigación didáctica en el aula de física se publica en España? Una revisión crítica de la última década para el caso de educación secundaria

What educational research in the physics classroom is published in Spain? A critical review of the last decade for the case of secondary education

Alejandro F. Manchón-Gordón

Departamento de Física de la Materia Condensada, ICMSE-CSIC, Universidad de Sevilla, España
afmanchon@us.es

Antonio García-Carmona

Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales, Universidad de Sevilla, España
garcia-carmona@us.es

RESUMEN • Se presenta un estudio exploratorio y descriptivo sobre la investigación didáctica publicada en España durante la última década relativa a la enseñanza de la física en educación secundaria. Al centrar la atención en aquellos estudios que analizan algún aspecto del proceso de enseñanza-aprendizaje en el aula, se obtiene que estos constituyen una minoría en el conjunto de la bibliografía consultada. Se encuentra también que la autoría de profesorado de secundaria en los estudios sobre didáctica de la física consultados es relativamente baja. Asimismo, en los estudios predomina un enfoque de la enseñanza de la física orientado por contenidos disciplinares que no sintonizan con los planteamientos basados en el desarrollo de competencias. Todo ello revela cierta distancia entre investigación y práctica en la enseñanza de la física.

PALABRAS CLAVE: bibliografía; educación secundaria; enseñanza de la física; investigación didáctica; relación investigación - práctica docente.

ABSTRACT • An explorative and descriptive study about educational research concerning physics teaching in secondary education, published in Spain during the last decade, is presented. When focusing on those studies oriented towards the analysis of some aspects of the teaching/learning processes within classroom, it is found that they constituted a minority in the frame of the consulted literature. It is also found that the number of studies on physics education authored by secondary teachers is relatively low. Likewise, an approach to physics teaching guided by disciplinary contents is predominant in these studies, which is not in tune with those approaches based on the development of competences. All this reveals a certain disconnection between research and practice in physics education.

KEYWORDS: literature; secondary education; physics education; educational research; research-teaching practice relationship.

Recepción: agosto 2017 • Aceptación: enero 2018 • Publicación: junio 2018

Manchón-Gordón, A. F., & García-Carmona, A. (2018). ¿Qué investigación didáctica en el aula de física se publica en España? Una revisión crítica de la última década para el caso de educación secundaria. *Enseñanza de las ciencias*, 36(2), 125-141

JUSTIFICACIÓN Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente, la didáctica de la ciencia está consolidada como un ámbito de investigación autónomo con una alta producción científica sobre numerosas cuestiones relativas a la enseñanza-aprendizaje de la ciencia. Sin embargo, existe una queja internacional en torno al hecho de que la transferibilidad del conocimiento producido por la investigación didáctica a las clases de ciencia es muy limitada (Fraser *et al.*, 2014). En España, esta limitación ha sido constatada en algunos estudios (e.g., Banet, 2010) que revelan una desconexión entre la investigación y la práctica docente habitual del profesorado de ciencia. En efecto, se observa que la educación científica predominante está caracterizada por planteamientos de enseñanza superficiales y alejados de las orientaciones sugeridas por la investigación didáctica; con lo cual, en poco favorecen el aprendizaje de la ciencia basado en competencias hoy demandado (Pedrinaci, Caamaño, Pro y Cañal, 2012).

La separación entre investigación y práctica en la enseñanza de la ciencia comienza a fraguarse en la formación inicial del profesorado; por ejemplo, en los diseños curriculares elaborados por los futuros docentes, donde suelen desatender los planteamientos teóricos tratados previamente (Pro, Sánchez y Valcárcel, 2013); o en las dificultades que, a menudo, tienen para poner en práctica innovaciones en sus primeras intervenciones docentes, básicamente porque cuentan con tutores profesionales ajenos a las sugerencias de la didáctica de la ciencia (Solbes y Gavidía, 2013). Todo ello unido a que los futuros profesores siempre comienzan su formación con ideas sobre cómo enseñar ciencia, construidas a partir de su experiencia como alumnos de ciencia, la cual está, en la mayoría de los casos, alineada con una enseñanza tradicional (García-Carmona, Cruz-Guzmán y Criado, 2014). Por tanto, qué duda cabe, ello dificulta también en los estudiantes de profesorado la asimilación de que la práctica docente debe ser algo en continua revisión, teniendo en cuenta los planteamientos teóricos emanados de la investigación didáctica (García y Angulo, 2003; García-Carmona, 2013).

Hace tres décadas, Carr y Kemmis (1988) apuntaban que la distancia entre teoría y práctica en educación se debe, en parte, a que el lenguaje de la teoría educativa es diferente al de la práctica docente. Pero, lógicamente, el problema no es solo de lenguaje. Para Latorre (2003: 13), tal distancia subsiste por dos razones principales: (i) una elección errónea de los problemas de investigación, debido a que quienes trabajan en la teoría tratan de responder a preguntas que, realmente, no se han hecho los que trabajan en la práctica educativa, y (ii) diferencias conceptuales entre el profesorado y quienes investigan, originadas por los intereses de los científicos en generar un conocimiento de carácter universal y válido experimentalmente, cuando el que requiere y usa el profesorado es un conocimiento educativo validado en la práctica y para cada contexto.

Ante este panorama, parece claro que algo debe cambiar en aras de que el profesorado de ciencia vea en los resultados de la investigación didáctica un buen *aliado* para mejorar su práctica docente; porque, obviamente, no basta con la intuición para mejorar los procesos educativos. El profesorado debe estar en contacto con las ideas más influyentes del pensamiento didáctico y llevarlas a la realidad de su aula (Whitehead, 2008) para desarrollar una actividad docente de calidad conforme a las demandas actuales de alfabetización científica (Hodson, 2014).

Todo ello requiere que la investigación didáctica se ocupe realmente de las preocupaciones y los problemas de quienes se dedican a la práctica docente (Carr y Kemmis, 1988), esto es, que consiga que el profesorado de ciencia se sienta concernido por esa investigación. Asimismo, es necesario que este adquiera un compromiso con el conocimiento teórico, no solo desde un plano informativo, sino también desde la propia acción mediante la investigación y experimentación continuada en su contexto docente (García-Carmona, 2009a). De esta manera, el profesorado de ciencia podrá utilizar tal conocimiento para solucionar los problemas que le plantea su realidad escolar, que es compleja, singular y cambiante (García-Carmona, 2009b).

A la vista de esto último, cabe preguntarse si la investigación en didáctica de la ciencia publicada en España está contribuyendo a que tales requerimientos para la mejora de la práctica docente se den. Más concretamente, resulta pertinente hacerse las siguientes preguntas:

- ¿Qué proporción de la investigación en didáctica de la ciencia, de los últimos años, se ha centrado en analizar los procesos educativos que se desarrollan en el aula?
- ¿Qué aspectos de la enseñanza de la ciencia (tópicos, problemáticas del aula, validación de planteamientos teóricos, recursos, etc.) abordan esas investigaciones didácticas?
- ¿En qué medida el profesorado de ciencia «de a pie» participa en investigaciones didácticas sobre su propia práctica docente?
- ¿Existe una colaboración frecuente entre el profesorado especialista en didáctica de la ciencia y el profesorado de ciencia en esas investigaciones sobre la práctica docente?

El presente trabajo pretende dar respuestas a estas cuestiones para el caso específico de la enseñanza de la física en educación secundaria (ESO y bachillerato).

OBJETIVOS

Con el fin de encontrar respuestas a las cuestiones anteriores, se planteó llevar a cabo un estudio, de perfil exploratorio y descriptivo, sobre el estado actual de la investigación didáctica relativa a la enseñanza de la física publicada recientemente en España. Para ello se establecieron los siguientes objetivos:

- Localizar y describir la investigación didáctica centrada en analizar procesos de enseñanza-aprendizaje de la física en clases de ESO y bachillerato publicada durante la última década en las principales revistas españolas de didáctica de la ciencia.
- Determinar el peso que tiene esa investigación, enfocada en el análisis de la práctica docente en las clases de física, en el conjunto de la investigación en didáctica de la ciencia publicada en España durante la última década.
- Averiguar el grado de participación del profesorado de física de secundaria en tales investigaciones didácticas sobre la práctica docente.
- Conocer la proporción de investigaciones sobre la práctica docente en física llevadas a cabo mediante la colaboración entre el profesorado universitario especializado en didáctica de la ciencia y el profesorado de física de secundaria.
- Valorar críticamente la medida en que la investigación actual en didáctica de la física, en España, puede estar contribuyendo a reducir o mantener la brecha entre investigación y práctica docente en la enseñanza de esta materia.

METODOLOGÍA

Para abordar los objetivos del estudio, se llevó a cabo una búsqueda bibliográfica delimitada en el periodo comprendido entre 2007 y el primer trimestre de 2017. Las revistas seleccionadas para esa búsqueda se recogen en la tabla 1.

La elección de estas revistas se justifica porque son revistas españolas específicas de didáctica de la ciencia, o porque publican frecuentemente artículos sobre esta, como es el caso de *Investigación en la Escuela* (IE). Todas ellas tienen, además, un carácter internacional con gran influencia en el ámbito iberoamericano, y reúnen los requisitos mínimos de calidad exigidos para las revistas de investigación científica en la actualidad (véanse los indicios de calidad indicados en la tabla 1). Por otro lado, se

presupone que las revistas seleccionadas son las que mejor reflejan el estado de la cuestión relativa a la investigación en didáctica de la ciencia en España, aunque en estas revistas se publican también trabajos de investigadores extranjeros y los investigadores españoles publican igualmente parte de los suyos en revistas extranjeras del área.

Tabla 1.
Relación de revistas analizadas junto con algunos indicios de su calidad científica

Revistas	Algunos indicios de calidad
<i>Enseñanza de las Ciencias</i> (EC)	Sello de calidad científica de la FECYT, indexada en el JCR de la Web of Science y en SCOPUS. Categoría CARHUS: A
<i>Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias</i> (REC)	Primer cuartil en INRECS-Educación, y categoría A2 en Qualis-Educação
<i>Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias</i> (REEDC)	Sello de calidad científica de la FECYT, indexada en el ESCI de la Web of Science y en SCOPUS
<i>Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales</i> (ALB)	Sello de calidad científica de la FECYT, indexada en ERIH PLUS. Primer cuartil en INRECS-Educación y en RESH-Educación
<i>Investigación en la Escuela</i> (IE)	Primer cuartil en INRECS-Educación y en RESH-Educación
<i>Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales</i> (DCES)	Indexada en el ESCI de la Web of Science. Primer cuartil en INRECS-Educación y RESH-Educación

De las revistas mencionadas se buscaron aquellos trabajos que hacen cualquier tipo de análisis en el aula específicamente relacionado con la enseñanza de algún tópico de física en ESO y bachillerato. La búsqueda de las investigaciones estuvo sistematizada mediante los buscadores de cada una de las revistas, con especial atención a los títulos de los trabajos, el resumen y las palabras clave. En casos de duda, se hizo una lectura más profunda de ellos. Esta búsqueda fue realizada por el primer autor. Cuando tuvo una propuesta de categorización preliminar, el segundo autor hizo su valoración, indicando sus coincidencias, dudas o desacuerdos. Los casos donde no había coincidencias fueron sometidos a discusión hasta alcanzar un consenso entre ambos. Fruto de este proceso acordaron clasificar los trabajos según los siguientes tópicos: *mecánica clásica, energía, óptica y acústica, física moderna, física de materiales y otros*.

En la categoría *mecánica clásica* se incluyen aquellos artículos destinados a estudiar aspectos de cinemática, estática y dinámica desde una perspectiva newtoniana, sin recurrir a balances energéticos. En *óptica y acústica* se incluyen los trabajos centrados en contenidos de óptica geométrica, visión, luz y sonido. La categoría *energía* aglutina todos los trabajos que se refieren a la enseñanza de la energía y sus fuentes de producción. En *física moderna* se recogen trabajos sobre relatividad y física cuántica, y *física de materiales* integra aquellos que desarrollan tópicos relacionados con las propiedades de los materiales. Por último, en la categoría *otros* se recogen todos aquellos tópicos curriculares que no encajan en ninguna de las anteriores, pero que se pueden encuadrar dentro de la enseñanza de la física.

RESULTADOS

Investigaciones sobre análisis de la práctica docente en el aula de física

La figura 1 muestra el número total de artículos publicados en la última década por cada una de las revistas analizadas, los referidos a la enseñanza de tópicos de física y la cantidad de estos últimos en los que se hace algún tipo de análisis de procesos educativos en el aula de ESO y bachillerato. Se encuentra que, con un total de 12 trabajos, EC es la revista que aporta un mayor número de trabajos con el

último requisito; si bien, ello representa solo el 19 % del total de trabajos dedicados a la enseñanza de la física. En el resto de revistas, la proporción es del 10, 22, 8, 25 y 0 % para REC, REEDC, ALB, IE y DCES, respectivamente. Conviene resaltar que, aunque el porcentaje más alto se obtiene para la revista IE, esta solo ha publicado ocho trabajos sobre enseñanza de la física en los últimos diez años, por lo que no es muy representativo. De cualquier modo, se observa que la proporción máxima de trabajos que analizan algún aspecto de la práctica docente en clase de física corresponde al 25 % del total de trabajos referidos a la didáctica de la física.

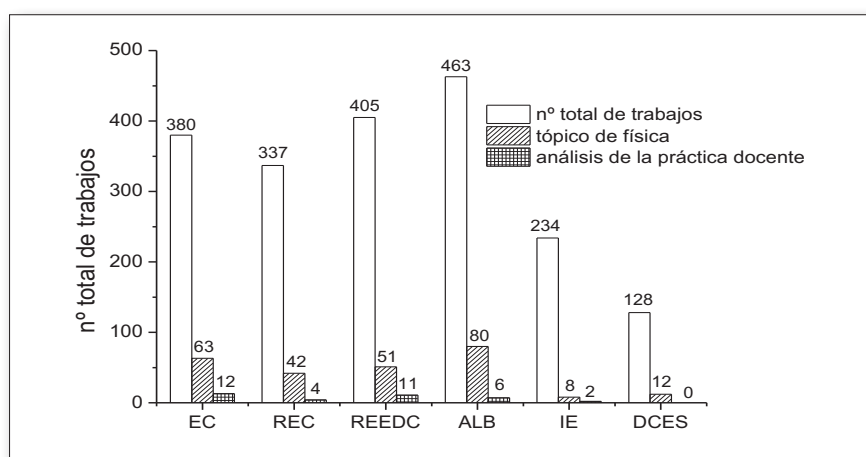


Fig. 1. Artículos publicados en cada una de las revistas durante la última década (2007-2017).

Tabla 2.

Distribución de trabajos sobre enseñanza de la física en secundaria analizados en cada revista

	Frecuencia	%
<i>Enseñanza de las Ciencias</i>	12	34
<i>Revista Electrónica Enseñanza de las Ciencias</i>	4	11
<i>Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias</i>	11	32
<i>Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales</i>	6	17
<i>Investigación en la Escuela</i>	2	6
<i>Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales</i>	0	0

El número de trabajos que se ajustan al criterio de búsqueda, sobre el total de artículos de didáctica de la física, publicados en las seis revistas consultadas es 35. En la tabla 2 se recoge la distribución de los artículos seleccionados y la contribución de cada una de las revistas al análisis. Como puede observarse, la mayor parte de los trabajos buscados se publicaron, por este orden, en las revistas EC (34 %) y REEDC (32 %), lo cual indica que posiblemente sean las revistas que mejor reflejan qué investigación sobre la práctica docente en física se está haciendo actualmente. En el lado opuesto están las revistas IE y DCES, que, al no ser revistas exclusivas de didáctica de la ciencia, tienen una contribución muy pequeña. De hecho, no se ha encontrado ningún trabajo en la última de ellas que se ajuste al requisito establecido anteriormente. Una contribución intermedia es aportada por las revistas REC (11 %) y ALB (17 %). Es llamativo el caso de esta última, pues siendo la revista que publica más artículos sobre enseñanza de la física (figura 1), su contribución al análisis sobre la práctica de la física en el aula es poco reseñable. Tal vez ello responde a que se trata de una revista que prioriza la divulgación de propuestas educativas innovadoras frente a trabajos de investigación didáctica.

Tabla 3.
Características de los autores de los trabajos revisados

		Frecuencia	%
N.º de autores (N.º total de trabajos: 35)	Uno	9	26
	Dos o tres	22	63
	Más de tres	4	11
Nivel educativo de los autores (N.º total de autores: 55)	Profesor secundaria	14	25
	Profesor universitario de Didáctica de las Ciencias Experimentales	29	53
	Profesor universitario de otras especialidades	12	22
N.º de aportaciones de cada autor (N.º total de autores: 55)	Un artículo	44	80
	Dos o tres artículos	8	15
	Más de tres artículos	3	5
<i>Mestizaje</i> de los autores (N.º total de trabajos: 35)	Un solo autor*	9	26
	Mismo nivel educativo	17	48
	Distinto nivel educativo	9	26

* En este caso, un solo autor hace referencia a que el artículo aparece firmado por un único investigador, por lo que no tiene sentido evaluar el *mestizaje* entre los autores.

Autoría de las investigaciones

Esta tabla sintetiza las características de los autores de los trabajos seleccionados. Se observa que los trabajos con más de un autor marcan la tendencia, siendo los de un solo firmante minoritarios (26 %). Esto revela que la investigación educativa en relación con la enseñanza de la física se suele desarrollar en cooperación entre los profesionales.

Los autores de las investigaciones suelen ser profesorado de los departamentos de didáctica de las ciencias, con el 53 % de los artículos. También hay una presencia interesante del profesorado de otros departamentos universitarios (22 %). Sin embargo, la participación de los profesores de secundaria es baja (25 %), pese a que sus aportaciones deberían ser esenciales para que los trabajos de investigación tengan una repercusión más directa en las clases de física. Asimismo, al ser la mayoría de los autores profesorado de universidad (75 %), los trabajos de investigación que realizan no son, por lo general, de tipo participante. Esto es, los investigadores son observadores externos de la práctica docente que se analiza. Por lo tanto, y en la línea de lo anterior, esta puede ser otra de las razones por las que las investigaciones didácticas no llegan a conectar con (o a plasmarse en) la realidad de las clases de física de secundaria.

Por otra parte, el 80 % de los autores de los trabajos revisados aparecen como autor en un único trabajo. Esto puede ser un potente indicador de que la investigación en didáctica de la física no es algo habitual entre los docentes de secundaria en esta materia, sino más bien algo esporádico dentro de sus tareas docentes e/o investigadoras.

En cuanto al *mestizaje* en la autoría de los trabajos analizados, este solo llega al 26 %. Aunque la mayoría de los trabajos están firmados por más de un autor, no se percibe una colaboración normalizada entre docentes de diferentes niveles, en este caso, entre profesorado de secundaria y universitario.

Contenidos de física tratados en las investigaciones

En la tabla 4 se recoge el porcentaje de los trabajos organizados según los tópicos de física que abordan, donde se puede observar que se sigue investigando sobre los «tópicos clásicos». Así, la mecánica clásica (31 %), seguida a cierta distancia de la óptica y la acústica (28 %), copan el mayor número de trabajos,

mientras que la física moderna o la energía son escasamente abordadas, aun cuando deberían tener un peso importante de acuerdo con las prescripciones del actual currículo oficial de física para la ESO y bachillerato (MECD, 2014). Que sigan prevaleciendo los tópicos clásicos puede deberse a que la enseñanza de estos temas sigue constituyendo un desafío importante para el profesorado de física. Además, existe ya mucho más camino recorrido, con numerosos trabajos sobre ideas previas y los problemas de los alumnos para adquirir un aprendizaje significativo. En este sentido, merece la pena mencionar que, en los trabajos de otros tópicos menos estudiados, como la radiactividad y la física cuántica, las investigaciones aún se encuentran bastante focalizadas en conocer las concepciones de los alumnos, por lo que podría decirse que van retrasadas respecto a las relacionadas con otros contenidos más clásicos, cuyas concepciones vienen estudiándose desde hace décadas (Gilbert y Watts, 1983).

Tabla 4.
Distribución de los trabajos por tópicos de física

	<i>Frecuencia</i>	<i>%</i>
Mecánica clásica	11	31
Óptica y acústica	10	28
Energía	3	9
Física moderna	3	9
Física de materiales	3	9
Otros	5	14

Metodologías empleadas en las investigaciones

Además del contenido de física tratado, se analizó el objetivo central del trabajo, el tipo de estudio realizado, los instrumentos utilizados para llevarlo a cabo, la muestra de participantes, así como los resultados y las conclusiones más relevantes. No obstante, dado que sería muy extenso analizar pormenorizadamente toda esta información para cada trabajo seleccionado, solo se atenderá a la más reveladora para los propósitos de este estudio, a saber: la metodología empleada y los resultados obtenidos (siguiente sección).

La tabla 5 muestra las metodologías de investigación empleadas en los trabajos analizados. Se encuentra que el enfoque metodológico más utilizado es el cuantitativo (40 %); los estudios cualitativos y con enfoque mixto (cualitativo-cuantitativo) son menos frecuentes y se encuentran en proporciones semejantes (34 y 26 %, respectivamente). Por otra parte, el método de investigación más frecuente es el estudio de caso, detectado en algo más de la mitad de los trabajos de la muestra (51 %). Si bien este método tiene el inconveniente de no poder generalizar los resultados obtenidos en el estudio, se considera muy adecuado para adquirir una comprensión más profunda y completa de una realidad concreta (Pérez, 1994); en este caso, el aula de física con sus problemáticas y circunstancias. Las investigaciones basadas en estudios exploratorios y de corte descriptivo se emplean en porcentajes similares (23 %). Y solo una se desarrolla en el marco de una investigación-acción.

Con respecto a los tipos de instrumentos de investigación, el más utilizado es el test de conocimientos en sus diversas modalidades (63 %), seguido de lejos por las producciones de los alumnos (26 %). Ya en porcentajes muy inferiores se encuentran otros instrumentos como las encuestas (9 %) para que los alumnos y el profesorado participantes hagan una valoración de la experiencia educativa objeto de estudio, así como las entrevistas (9 %) con finalidades similares a la de las encuestas y los tests. La observación en clase y el diario del profesor se encuentran en proporciones marginales (inferiores al 6 %).

Tabla 5.
Metodología empleada en los trabajos de investigación analizados

<i>Autor/año</i>	<i>Tipología de investigación</i>	<i>Tipo de estudio</i>	<i>Instrumentos</i>	<i>Categoría</i>	
Jiménez y Guirao (2007)	Cuantitativa	Estudio exploratorio	Test y entrevistas personales	Mecánica clásica	
Moro <i>et al.</i> (2007)	Cuantitativa	Correlacional, cuasiexperimental y con grupo de control	Pretest-postest		
García-Carmona (2009c)	Cuantitativa	Estudio de caso	Pretest-postest		
Franco (2009)	Cualitativa	Estudio descriptivo	Producciones de los alumnos		
Torres (2010)	Combinación cuantitativa-cualitativa	Estudio de caso	Test y encuesta		
García-Carmona (2012)	Cualitativa	Estudio de caso	Producciones de los alumnos y entrevistas		
Ezquerria, Iturrioz y Díaz (2012)	Cualitativa	Estudio descriptivo	Producciones de los alumnos		
Franco (2013)	Cuantitativa	Estudio exploratorio con grupo de control	Test		
Amadeu y Leal (2013)	Cuantitativa	Estudio de caso con grupo de control	Pretest-postest		
Hinojosa y Sanmartí (2015)	Combinación cuantitativa-cualitativa	Estudio exploratorio	Producciones de los alumnos y encuesta		
Palacios-Díaz y Criado García-Legaz (2016)	Cuantitativa	Estudio de caso	Test		
Osuna, Martínez, Carrascosa y Verdú (2007)	Cuantitativa	Estudio de caso	Pretest-postest		Óptica y Acústica
Bravo y Rocha (2008)	Cualitativa	Estudio de caso	Pretest-postest y demora		
Bravo, Eguren y Rocha (2010)	Cualitativa	Estudio de caso	Observación directa (registro en audio y vídeo)		
Perales (2010)	Cuantitativa	Estudio descriptivo	Encuesta		
Bravo, Pesa y Pozo (2012)	Combinación cuantitativa-cualitativa	Estudio de caso	Pretest-postest con rúbrica		
Osuna, Martínez y Menargues (2012)	Cuantitativa	Estudio de caso	Test y rúbrica		
Perales, Molina y García (2013)	Cualitativa	Estudio exploratorio	Observación directa y pretest-postest		
Petit y Solbes (2015)	Cualitativa	Estudio descriptivo	Encuesta		
Franco (2016)	Cuantitativa	Estudio de caso	Test		
Bravo y Pesa (2016)	Combinación cuantitativa-cualitativa	Estudio de caso	Pretest-postest		
Domínguez y Stipcich (2010)	Cualitativa	Estudio exploratorio	Producciones de los alumnos	Energía	
García-Carmona y Criado (2010)	Combinación cuantitativa-cualitativa	Estudio de caso	Test inicial, test final y entrevistas		
Guruceaga y González (2011)	Cuantitativa	Estudio de caso	Producciones de los alumnos		

<i>Autor/año</i>	<i>Tipología de investigación</i>	<i>Tipo de estudio</i>	<i>Instrumentos</i>	<i>Categoría</i>
Sinarcas y Solbes (2013)	Combinación cuantitativa-cualitativa	Estudio exploratorio	Test	Física moderna
Ardura y Zamora (2014)	Combinación cuantitativa-cualitativa	Estudio descriptivo	Encuesta	
Cobelle y Domínguez (2016)	Combinación cuantitativa-cualitativa	Estudio de caso	Test	
García-Carmona (2010)	Cualitativa	Estudio exploratorio	Test y diario del profesor	Física de materiales
Fera y Michellini (2014)	Cualitativa	Estudio descriptivo	Producciones de los alumnos	
Romero <i>et al.</i> (2016)	Cualitativa	Estudio de caso	Pretest-postest	
Reigosa (2007)	Cuantitativa	Investigación-acción	Producciones de los alumnos	Otros
Pro y Ezquerria (2008)	Combinación cuantitativa-cualitativa	Estudio exploratorio-descriptivo	Test	
Torres (2011)	Cuantitativa	Estudio de caso con grupo de control	Test	
Palomar y Solbes (2015)	Cuantitativa	Estudio de caso	Pretest-postest	
Doménech-Casal y Ruiz-España (2017)	Cualitativa	Estudio descriptivo	Producciones de los alumnos y encuesta	

Valoración crítica de la contribución de las investigaciones a la mejora de la práctica docente en física

En los trabajos de investigación analizados se detectan dos enfoques de enseñanza de la física: uno predominante (77 %), orientado por los contenidos disciplinares, que sintoniza con una educación científica más bien propedéutica; y otro, más minoritario (23 %), que vertebra la enseñanza de la física para el desarrollo de competencias acordes con la alfabetización científica que hoy se demanda. Es cierto que el primer enfoque es el que predomina en la práctica docente habitual del profesorado de ciencia de secundaria en ejercicio (Furió, Vilches, Guisasola y Romo, 2001). Sin embargo, este debería integrarse en el segundo enfoque, ya que la educación científica debería tener, ante todo, un carácter alfabetizador (Hazelkorn *et al.*, 2015; Hodson, 2014). Esto es, la enseñanza de la física debería focalizarse desde una perspectiva utilitaria y contextualizada, mediante el abordaje en el aula de problemáticas científicas y sociocientíficas que sean interesantes y reconocibles para los estudiantes (García-Carmona, 2011). Así, en un marco de aprendizaje por competencias para el desarrollo de la alfabetización científica (Pedrinaci *et al.*, 2012), no tendría mucho sentido, por ejemplo, que un estudiante de física sepa explicar qué es un aislante de Mott, si luego no comprende cómo funciona el frigorífico de su casa, ni toma conciencia de los problemas ambientales derivados de su funcionamiento. Por tanto, es preciso que los profesores de física se planteen *para qué* se enseña física, *qué* física debería enseñarse para ello y *cómo* hacerlo (Acevedo-Díaz, 2004; Hodson, 2014). Algunos de los trabajos analizados, como se verá, resultan de interés para dar pistas al respecto.

Si se presta atención a las temáticas específicas de los trabajos analizados, se puede decir que se sigue investigando prioritariamente sobre los «tópicos clásicos» de la física. Dentro de ellos, el más atendido es el relativo a la mecánica clásica. De modo que los trabajos dedicados a temas más contemporáneos, o menos clásicos, son escasos, encontrándose solo algunos como el de Pro y Ezquerria (2008), dedicado a la meteorología, o el de García-Carmona y Criado (2010) sobre la problemática sociocientífica asociada a la producción de energía nuclear.

Como se ha dicho, uno de los aspectos más sugeridos desde la investigación didáctica es promover una enseñanza de la física contextualizada y orientada por problemas para su indagación (García-Carmona, 2011; Pedrinaci *et al.*, 2012). De manera parecida a la actividad de los científicos, el propósito es que los estudiantes construyan sus conocimientos indagando problemas del mundo físico reconocibles en su vida diaria, al mismo tiempo que adquieren habilidades y actitudes propias de la actividad científica. En esta línea se encuentran, por ejemplo, los trabajos de García-Carmona (2009c), Osuna *et al.* (2007), Osuna *et al.* (2012), Pro y Ezquerro (2008) y Romero *et al.* (2016). No obstante, como también se desprende de estos mismos, la puesta en práctica de este modelo didáctico no está exenta de dificultades. Su implementación en el aula necesita de un profundo cambio de la práctica docente habitual, además del diseño de una secuencia de actividades apropiadas y adecuadas a las características de cada contexto educativo, algo que no es congruente con el aún predominante uso del libro de texto en el aula de física. Además, es imprescindible familiarizar al alumnado con la nueva metodología, pues supone un cambio muy significativo frente a la metodología tradicional a la que están acostumbrados (García-Carmona *et al.*, 2014).

En la construcción de conocimiento científico tiene especial relevancia conocer las ideas alternativas de los alumnos; por tanto, se trata de una línea de investigación que debe recibir una atención permanente desde la didáctica de la física. No obstante, es cierto que ya existen amplios catálogos de concepciones de los alumnos sobre fenómenos físicos (e.g., Hierrezuelo y Montero, 1991). Por lo tanto, en aras de enriquecer esta línea de investigación, los análisis de las ideas de los alumnos deberían contextualizarse en experiencias educativas concretas donde se implementen actividades y estrategias didácticas innovadoras para que tales ideas progresen hacia otras más adecuadas. Es lo que se hace en los trabajos de Jiménez y Guirao (2007), Palacios-Díaz y Criado (2016) o Cobelle y Domínguez (2016), los cuales confirman que los errores conceptuales de los estudiantes no son simples distracciones fácilmente corregibles, sino que son sostenidos con la seguridad que les aporta su sentido común, y obstaculizan la comprensión de conceptos clave.

Por otra parte, las actividades experimentales constituyen un recurso esencial para el aprendizaje de la ciencia por indagación y el desarrollo de habilidades propias de la práctica científica, mediante la interacción directa con los fenómenos. La utilidad del recurso ha sido atendida en algunos trabajos de la muestra, como los de Perales (2010), Fera y Micheli (2014) o Hinojosa y Sanmartí (2015), los cuales ponen de relieve su valor didáctico para la construcción de conocimientos a partir de evidencias empíricas obtenidas mediante experimentación. También indican que tanto los docentes como los alumnos valoran muy positivamente las actividades experimentales. Además, se encuentran algunos trabajos, como el de Torres (2010), que revelan la utilidad del laboratorio asistido por ordenador (LAO) como recurso complementario o alternativo a las clásicas actividades de laboratorio para su implementación en el aula ordinaria de física.

Con respecto a la contribución de la enseñanza de la física al desarrollo de competencias transversales, resulta interesante el trabajo de Franco (2013), quien promueve y analiza la comprensión lectora de los estudiantes utilizando un fragmento del Quijote para explicar las leyes de la dinámica. En otro trabajo anterior del mismo autor (2009) los alumnos mejoran la comprensión lectora, el vocabulario, el dominio del lenguaje y la expresión escrita a partir de la elaboración de una revista sobre contenidos de física. Por lo tanto, estudios como estos ponen de relieve la importancia de la educación científica para mejorar la competencia lingüística de los estudiantes, contribuyendo a mejorar sus habilidades para el debate y el manejo del lenguaje científico. El trabajo de Domínguez y Stipcich (2010) realiza también una aportación interesante en esta misma línea, al fomentar entre los estudiantes la argumentación y el debate en clase mientras aprenden sobre la energía y sus propiedades.

Hablando de la energía, no cabe duda de que su enseñanza-aprendizaje no debe restringirse a un conocimiento conceptual, sino que debe tratarse también su dimensión socioambiental. Aun así, solo

se ha encontrado el trabajo de García-Carmona y Criado (2010), que analiza la eficacia de una propuesta educativa en el aula para (i) aprender sobre las características de la energía nuclear y (ii) mejorar la capacidad de argumentación de los estudiantes ante la controversia sociocientífica en torno a la producción de energía nuclear.

Igualmente son novedosas las investigaciones que utilizan las TIC en el aula de física. Se encuentran trabajos sobre el uso de blogs (Torres, 2011), el ya mencionado uso del LAO (Torres, 2010), el empleo de simulaciones virtuales (Amadeu y Leal, 2013), de vídeos (Ezquerro *et al.*, 2012), de cine de ciencia ficción (Petit y Solbes, 2015) e incluso los que fomentan la producción propia de vídeos (Pro y Ezquerro, 2008). La evolución de este tipo de recursos ha sido espectacular en el ámbito de la enseñanza de la física, abriendo posibilidades inimaginables hace unos años, hasta el punto de que ya existen revisiones bibliográficas de investigaciones de los últimos años sobre simulaciones computacionales en la enseñanza de la física (Velasco y Buteler, 2017). Sin embargo, la utilización de estos recursos no son propuestas didácticas en sí, y el papel del profesorado es mucho más determinante que la presencia o ausencia de ellos, como se deriva del trabajo de Reigosa (2007). Efectivamente, las TIC serán poco efectivas para el aprendizaje de la física si se emplean estrategias de enseñanza tradicionales (Webb, 2008), o si su inclusión en el proceso educativo se hace con criterios tecnológicos en vez de didácticos (Oñorbe, 2014).

Por otro lado, se han realizado muy pocas aportaciones en relación con el uso de las analogías en clase de física; solo se han encontrado los trabajos de Moro *et al.* (2007) y Perales, Molina y García (2013). Este enfoque no se centra solamente en su utilización para comprender algunos modelos de la física (interacción gravitatoria, fenómenos ondulatorios), sino que desarrolla también el potencial explicativo de la propia analogía, que posibilita al alumnado establecer relaciones causales entre los conceptos involucrados.

Por último, en la muestra analizada tan solo hay tres trabajos (García-Carmona, 2012; Franco, 2016; Hinojosa y Sanmartí, 2015) que se ocupan de manera explícita de la evaluación, pese a su papel clave en la educación científica. La evaluación en clase de física se ha venido reduciendo a la realización de un examen, cuya superación se convierte en la principal finalidad educativa para el alumno, que lo prepara memorizando los contenidos (García-Carmona *et al.*, 2014) y reproduciendo mecánicamente los problemas de clase (García-Carmona, 2005). En el trabajo de Franco (2016), aunque la evaluación no se aleja de la perspectiva tradicional, muestra las posibilidades didácticas de incluir vídeos de dibujos animados en los exámenes. En los trabajos de García-Carmona (2012) e Hinojosa y Sanmartí (2015) se atiende la dimensión formadora de la evaluación, al promover en los estudiantes la autorregulación de su aprendizaje mientras aprenden en clase sobre hidrostática y dinámica, respectivamente. Se trata, por tanto, de una estrategia clave para hacer partícipe al alumnado de la evaluación de su propio aprendizaje.

CONCLUSIONES

Los resultados del presente estudio sugieren que aún queda mucho camino por recorrer para reducir la brecha entre investigación y práctica docente en física de secundaria. Solo un escaso 14 % de la investigación en didáctica de la física, publicada durante la última década en las principales revistas españolas de educación científica, analiza algún aspecto del proceso educativo en el aula.

Asimismo, dicha investigación está enmarcada principalmente en una enseñanza de la física orientada por contenidos disciplinares. Este enfoque no resulta muy coherente con las actuales tendencias educativas, que sugieren una educación científica basada en el desarrollo de competencias (Pedrinaci *et al.*, 2012), la cual demanda el planteamiento de una enseñanza de la física utilitaria y contextualizada en la realidad cotidiana del alumno, que se organice en torno a problemas de interés cuya resolución le permita aprender *de, sobre y desde* la física para llegar a ser un ciudadano alfabetizado científicamente

(García-Carmona, 2011; Hodson, 2014). No obstante, es cierto que hay una parte de los trabajos analizados que aborda líneas de investigación didáctica consonantes con las tendencias ahora predominantes en el panorama internacional; por ejemplo, la contextualización de la física mediante el abordaje de problemas científicos y sociocientíficos que permiten tratar los contenidos de una manera interesante y cercana a la realidad del alumnado; el uso del laboratorio y de actividades experimentales para el aprendizaje de conceptos y el desarrollo de habilidades propias de la actividad científica, mediante la interacción directa con los fenómenos; o el empleo de las TIC como herramientas para favorecer el aprendizaje de determinados aspectos relacionados con la física que, de otro modo, serían más difíciles de afrontar en el aula.

Por otra parte, se infiere que el profesorado de física de secundaria es, por lo general, poco proclive a investigar sobre su propia práctica docente en el aula. Solo una pequeña parte de los trabajos analizados está hecha exclusivamente por profesorado de esta etapa educativa; además, con aportaciones esporádicas al darse una escasa reiteración de publicaciones en un mismo autor. La mayoría de los autores de los trabajos analizados son profesores universitarios; por tanto, la investigación sobre los procesos educativos en el aula de física está realizada, en gran parte, por quienes no enseñan física. Asimismo, no se encuentra una colaboración normalizada entre docentes de diferentes niveles. Con lo cual, parece que se está lejos de conseguir que el profesor de física de secundaria asimile su doble rol de profesor e investigador sobre su práctica (García-Carmona, 2009*a*).

Obviamente, la panorámica ofrecida por este estudio tiene limitaciones. Primero, porque el análisis se ha delimitado a la producción científica publicada en España, dejando fuera trabajos publicados por autores españoles en revistas extranjeras que pudieran reunir también los requisitos buscados. Segundo, porque en las revistas españolas se publican igualmente trabajos de autores extranjeros, sobre todo del ámbito iberoamericano; con lo cual, no solo se estaría representando lo que sucede en el sistema educativo español exclusivamente. Tercero, porque, dada la naturaleza del estudio realizado, cualquier intento por establecer algún tipo de correlación entre lo que se publica y lo que sucede realmente en las aulas, con vistas a obtener conclusiones sólidas, es arriesgado. Posiblemente haya profesorado de física de secundaria que está al día en innovación e investigación didáctica, y que, incluso, reflexiona sobre su práctica e introduce cambios para mejorarla, pero no publica los resultados. De igual forma, habrá profesorado de física de secundaria que lleva a cabo una innovación educativa puntual, la analiza y publica los resultados, pero ello no representa su práctica docente habitual. En consecuencia, las conclusiones del presente estudio deben acogerse con la cautela que sugieren dichas limitaciones. Aun así, aporta una información interesante desde una perspectiva diferente y complementaria a la de otras investigaciones anteriores (e.g., Banet, 2010; Pro, Sánchez y Valcárcel, 2013), que han constatado la existencia de una brecha entre investigación y práctica docente en física, y áreas afines, a partir del análisis directo de las opiniones, diseños y actuaciones del profesorado.

Pero ¿cuál es la solución para reducir esta brecha entre investigación y práctica docente? La respuesta es, a todas luces, compleja. Lo que parece claro es que habrá que seguir insistiendo en que han de introducirse cambios profundos. Para empezar, en la formación inicial del profesorado de física de secundaria; especialmente en lo que respecta al *practicum*. A esta fase de la formación habría que darle una mayor amplitud, posibilidades reales para la implementación de acciones docentes innovadoras y un mejor acompañamiento por parte de los tutores académicos que ayude a los futuros docentes a reflexionar sobre su práctica desde los planteamientos tratados en su formación teórica. Con respecto al profesorado de física en ejercicio, se podría empezar por preguntarles cuáles son sus problemáticas, dudas, necesidades y preocupaciones para mejorar su práctica docente, a fin de emprender investigaciones didácticas concernientes a estas. Estas investigaciones deberían, además, implicar a los propios docentes. En este sentido, desde la universidad debería apoyarse la incorporación de este colectivo de profesorado en los grupos de investigación didáctica, a fin de ir desterrando su rol de simples aplicado-

res de innovaciones elaboradas por otros. Ello debería, asimismo, promoverse mediante los incentivos profesionales correspondientes; algo que resulta lógico, si se asume que el profesorado de secundaria debería integrar en su práctica educativa tareas docentes e investigadoras (García-Carmona, 2009a; Latorre, 2003).

En cualquier caso, todos estos planteamientos, como otros posibles, han de emanar de profundas meditaciones que den lugar a propuestas sensatas para su análisis desde la investigación didáctica, con el apoyo decidido de las administraciones educativas.

NOTA: Este estudio forma parte del trabajo fin de máster realizado por Alejandro F. Manchón-Gordón y dirigido por Antonio García-Carmona, en el Máster Universitario en Profesorado de Enseñanza Secundaria (especialidad de Física y Química) de la Universidad de Sevilla.

REFERENCIAS

- ACEVEDO-DÍAZ, J. A. (2004). Reflexiones sobre las finalidades de la enseñanza de las ciencias: educación científica para la ciudadanía. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 1(1), pp. 3-16.
http://dx.doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2004.v1.i1.01
- AMADEU, R. y LEAL, J. P. (2013). Ventajas del uso de simulaciones por ordenador en el aprendizaje de la física. *Enseñanza de las Ciencias*, 31(3), pp. 177-188.
- ARDURA, D. y ZAMORA, A. (2014). ¿Son útiles entornos virtuales de aprendizaje en enseñanza de las ciencias secundaria? Evaluación de una experiencia en la enseñanza y el aprendizaje de la Relatividad. *Revista Eureka sobre Enseñanza de las Ciencias*, 11(1), pp. 83-93.
http://dx.doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2014.v11.i1.08
- BANET, E. (2010). Finalidades de la educación científica en Educación Secundaria: aportaciones de la investigación educativa y opinión de los profesores. *Enseñanza de las Ciencias*, 28(2), pp. 199-213.
- BRAVO, B.; EGUREN, L. y ROCHA, A. (2010). El rol del docente en la enseñanza de la visión en educación secundaria. Un estudio de caso. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 9(2), pp. 283-375.
- BRAVO, B. y PESA, M. (2016). El cambio conceptual en el aprendizaje de las ciencias. Un estudio de los procesos involucrados al aprender sobre la luz y la visión. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 15(2), pp. 258-280.
- BRAVO, B.; PESA, M. y POZO, J. I. (2012). La enseñanza y el aprendizaje de las ciencias. un estudio sobre «qué, cuándo y cuánto» aprenden los alumnos acerca de la visión. *Enseñanza de las Ciencias*, 30(3), pp. 109-132.
- BRAVO, B. y ROCHA, A. (2008). Los modos de conocer de los alumnos acerca de la visión y el color: síntesis de resultados. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 7(3), pp. 582-596.
- CARR, W. y KEMMIS, S. (1988). *Teoría Crítica de la enseñanza*. Barcelona: Martínez Roca.
- COBELLE, J. y DOMÍNGUEZ, J. M. (2016). Ideas de los alumnos sobre radiactividad al finalizar la enseñanza secundaria obligatoria y su relación con los libros de texto y la prensa. Un estudio de caso. *Enseñanza de las Ciencias*, 34(3), pp. 113-142.
<http://dx.doi.org/10.5565/rev/ensciencias.1959>
- DOMÉNECH-CASAL, J. y RUIZ-ESPAÑA, N. (2017). Mission to stars: un proyecto de investigación alrededor de la astronomía, las misiones espaciales y la investigación científica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 14(1), pp. 98-114.
<http://hdl.handle.net/10498/18849>

- DOMÍNGUEZ, M. A. y STIPCICH, M. S. (2010). Una propuesta didáctica para negociar significados acerca del concepto de energía. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 7(1), pp. 75-92.
http://dx.doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2010.v7.i1.05
- EZQUERRA, A.; ITURRIOZ, I. y DÍAZ, M. (2012). Análisis experimental de magnitudes físicas a través de vídeos y su aplicación al aula. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 9(2), pp. 252-264.
http://dx.doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2012.v9.i2.07
- FERA, G. y MICHELINI, M. (2014). Un experimento de investigación sobre la conducción eléctrica en sólidos. *Alambique*, 78, pp. 21-33.
- FRANCO, A. J. (2009). Masa, volumen y densidad a través de la revista física y química, un recurso didáctico lingüístico aplicado a la enseñanza de las ciencias. *Alambique*, 61, pp. 75-86.
- FRANCO, A. J. (2013). Enseñanza y aprendizaje de la física a través de la lectura del Quijote en 4.º de ESO. Las leyes de Newton y la aventura de los molinos de viento. *Enseñanza de las Ciencias*, 31(2), pp. 31-53.
- FRANCO, A. J. (2016). Óptica con Peppa Pigg. *Alambique*, 83, pp. 57-63.
- FRASER, J. M.; TIMAN, A. L.; MILLER, K.; DOWD, J. E.; TUCKER, L. y MAZUR, E. (2014). Teaching and physics education research: bridging the gap. *Reports on Progress in Physics*, 77(3), pp. 1-17.
<http://dx.doi.org/10.1088/0034-4885/77/3/032401>
- FURIÓ-MAS, C.; VILCHES, A.; GUIASOLA, J. y ROMO, V. (2001). Finalidades de la enseñanza de las ciencias en la Secundaria obligatoria. ¿Alfabetización científica o preparación propedéutica? *Enseñanza de las Ciencias*, 19(3), pp. 365-376.
- GARCÍA, P. y ANGULO, F. (2003). Un modelo didáctico para la formación inicial del profesorado de ciencias. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 17(1), pp. 37-49.
- GARCÍA-CARMONA, A. (2005). Detección de errores e incongruencias en problemas de Física: su utilidad didáctica. *Alambique*, 45, pp. 77-88.
- GARCÍA-CARMONA, A. (2009a). La investigación-acción en la enseñanza de la Física: un escenario idóneo para la formación y desarrollo profesional del profesorado. *Latin-American Journal of Physics Education*, 3(2), pp. 388-394.
- GARCÍA-CARMONA, A. (2009b). Investigación en didáctica de la Física: tendencias actuales e incidencia en la formación del profesorado. *Latin-American Journal of Physics Education*, 3(2), pp. 369-375.
- GARCÍA-CARMONA, A. (2009c). Aprendiendo hidrostática mediante actividades de investigación orientada: análisis de una experiencia con alumnos de 15-16 años. *Enseñanza de las Ciencias*, 27(2), pp. 273-286.
- GARCÍA-CARMONA, A. (2010). Comprensión del comportamiento eléctrico de los sólidos a partir de un conocimiento básico sobre la materia. Un estudio exploratorio con alumnos de secundaria. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 7(2), pp. 509-526.
- GARCÍA-CARMONA, A. (2011). *Aprender física y química mediante secuencias de enseñanza investigadoras*. Archidona, Málaga: Aljibe.
- GARCÍA-CARMONA, A. (2012). «¿Qué he comprendido? ¿Qué sigo sin entender?»: Promoviendo la autorreflexión en clase de ciencias. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 9(2), pp. 231-240.
<http://hdl.handle.net/10498/14731>
- GARCÍA-CARMONA, A. (2013). Educación científica y competencias docentes: Análisis de las reflexiones de futuros profesores de Física y Química. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 10 (número extraordinario), pp. 552-567.
<http://hdl.handle.net/10498/15613>

- GARCÍA-CARMONA, A. y CRIADO, A. M. (2010). La competencia social y ciudadana desde la educación científica: una experiencia en torno a la energía nuclear. *Investigación en la Escuela*, 71, pp. 25-38.
- GARCÍA-CARMONA, A.; CRUZ-GUZMÁN, M. y CRIADO, A. M. (2014). «¿Qué hacías para aprobar los exámenes de ciencias, qué aprendiste y qué cambiarías?». Preguntamos a futuros docentes de Educación Primaria. *Investigación en la Escuela*, 84, pp. 31-46.
- GILBERT, J. K. y WATTS, D. M. (1983). Concepts, Misconceptions and Alternative Conceptions: Changing Perspectives in Science Education. *Studies in Science Education*, 10(1), pp. 61-98.
- GURUCEAGA, A. y GONZÁLEZ, F. (2011). Un módulo instruccional para un aprendizaje significativo de la energía. *Enseñanza de las Ciencias*, 29(2), pp. 175-190.
- HAZELKORN, E.; CHARLY, R.; YVES, B.; CONSTANTINOS, C.; LIGIA, D.; MICHEL, G. y WELZEL-BREUER, M. (2015). *Science Education for responsible citizenship*. Brussels: Directorate-General for Research and Innovation, European Commission.
- HIERREZUELO, J. y MONTERO, A. (1991). *La ciencia de los alumnos*. Málaga: Elzevir.
- HINOJOSA, J. y SANMARTÍ, N. (2015). La autorregulación metacognitiva como medio para facilitar la transferencia en mecánica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 12(2), pp. 249-263.
http://dx.doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2015.v12.i2.02
- HODSON, D. (2014). Learning science, learning about science, doing science: different goals demand different learning methods. *International Journal of Science Education*, 36(15), pp. 2534-2553.
<https://doi.org/10.1080/09500693.2014.899722>
- JIMÉNEZ, E. y GUIRAO, J. A. (2007). La concepción de la posición por los alumnos de 11 a 16 años. Propuesta de dominio de instrucción. *Enseñanza de las Ciencias*, 25(1), pp. 45-58.
- LATORRE, A. (2003). *La investigación-acción: Conocer y cambiar la práctica educativa*. Barcelona: Graó.
- MECD (2014). *Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato*.
- MORO, L. E.; VIAU, J. E.; ZAMORANO, R. O. y GIBBS, H. M. (2007). Aprendizaje de los conceptos masa, peso y gravedad. Investigación de la efectividad de un modelo analógico. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 4(2), pp. 272-286.
http://dx.doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2007.v4.i2.04
- OÑORBE, A. (2014). El uso de las TIC en el aula. *Alambique*, 76, pp. 5-7.
- OSUNA, L.; MARTÍNEZ, J.; CARRASCOSA, J. y VERDÚ, R. (2007). Planificando la enseñanza problematizada: el ejemplo de la óptica geométrica en educación secundaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 25(2), pp. 277-294.
- OSUNA, L.; MARTÍNEZ, J. y MENARGUES, A. (2012). Evaluación de la enseñanza problematizada sobre la luz y la visión en la Educación Secundaria Obligatoria. *Enseñanza de las Ciencias*, 30(3), pp. 295-317.
- PALACIOS-DÍAZ, R. y CRIADO GARCÍA-LEGAZ, A. M. (2016). Explicaciones acerca de fenómenos relacionados con el volumen de líquido desplazado por un sólido en inmersión, con la densidad y con la flotación, en alumnado de Educación Secundaria Obligatoria. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 13(2), pp. 230-247.
http://dx.doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2016.v13.i2.02
- PALOMAR, R. y SOLBES, J. (2015). Evaluación de una propuesta para la enseñanza y el aprendizaje de la astronomía en secundaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 33(2), pp. 91-111.
<http://dx.doi.org/10.5565/rev/ensciencias.1462>
- PEDRINACI, E., CAAMAÑO, A., CAÑAL, P. y PRO, A. (2012). *11 ideas clave. El desarrollo de la competencia científica*. Barcelona: Graó.

- PERALES, F. J. (2010). Visita al laboratorio de óptica: una experiencia motivadora para alumnado de ESO y bachillerato. *Alambique*, 64, pp. 109-120.
- PERALES, F. J.; MOLINA, C. y GARCÍA, J. A. (2013). Acústica y óptica, ¿dos caras de la misma moneda? *Alambique*, 75, pp. 36-45.
- PÉREZ, G. (1994, 6.ª ed.). *Investigación cualitativa. Retos, interrogantes y métodos*. Madrid: La Muralla.
- PETIT, M. F. y SOLBES, J. (2015). El cine de ciencia ficción en las clases de ciencias de enseñanza secundaria (I). Propuesta didáctica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 12(2), pp. 311-327.
http://dx.doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2015.v12.i2.06
- PRO, A. y EZQUERRA, A. (2008). «¿Qué ropa me pongo?». Cómo percibe el alumnado los contenidos científicos con audiovisuales. *Investigación en la Escuela*, 64, pp. 73-92.
- PRO, A., SÁNCHEZ, G. y VALCÁRCEL, M. V. (2013). ¿En qué medida están contribuyendo los TFM a los resultados de aprendizaje planificados? *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 10 (número extraordinario), pp. 728-748.
http://dx.doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2013.v10.iextra.16
- REIGOSA, C. (2007). Dificultades asociadas con la resolución por parte de estudiantes de 2.º de bachillerato de un problema relacionado con la Ley de Gauss. *Alambique*, 52, pp. 90-96.
- ROMERO, M.; AGUIRRE, D.; QUESADA, A.; ABRIL, A. M. y GARCÍA, F. J. (2016). ¿Lana o metal? Una propuesta de aprendizaje por indagación para el estudio de las propiedades térmicas de materiales comunes. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 15(2), pp. 297-311.
- SINARCAS, V. y SOLBES, J. (2013). Dificultades en el aprendizaje y la enseñanza de la Física Cuántica en el bachillerato. *Enseñanza de las Ciencias*, 31(3), pp. 9-25.
- SOLBES, J. y GAVIDIA, V. (2013). Análisis de las especialidades de Física y Química y de Biología y Geología del máster de profesorado de educación secundaria de la Universidad de Valencia. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 10(número extraordinario), pp. 582-591.
<http://hdl.handle.net/10498/15615>
- TORRES, A. L. (2010). Empleo del laboratorio asistido por ordenador en la enseñanza de la física y química de secundaria y bachillerato. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 7(3), pp. 693-707.
http://dx.doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2010.v7.i3.08
- TORRES, V. (2011). Aplicación de weblogs para incrementar el aprendizaje sobre termodinámica a nivel preuniversitario. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 8(1), pp. 71-83.
http://dx.doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2011.v8.i1.06
- VELASCO, J. y BUTELER, L. (2017). Simulaciones computacionales en la enseñanza de la física: una revisión crítica de los últimos años. *Enseñanza de las Ciencias*, 35(2), pp. 161-178.
<http://dx.doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2117>
- WEBB, M. (2008). Impact of IT in Science Education. En J. Voogt y G. Knezek (Eds.). *International Handbook of Information Technology in Primary and Secondary Education* (pp. 133-148). Dordrecht: Springer.
- WHITEHEAD, J. (2008). Using a living theory methodology in improving practice and generating educational knowledge in living theories. *Educational Journal of Living Theories*, 1(1), pp. 103-126.