

HOMEOPATIZACIÓN DE LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS NATURALES EN EDUCACIÓN PRIMARIA

HOMEOPATHISATION OF SCIENCE EDUCATION IN PRIMARY SCHOOL

Antonio García-Carmona

garcia-carmona@us.es

Universidad de Sevilla

Recibido: 05/09/2024

Aceptado: 24/09/2024

Resumen:

Se discute sobre el estado de la enseñanza de las ciencias naturales en Educación Primaria. En primer lugar, se revisa el perfil usual de los estudiantes del grado universitario en Educación Primaria, y se determinan las consecuencias de ello en su preparación para enseñar ciencias naturales. Luego, se analiza la formación en didáctica de las ciencias de los futuros maestros, señalando cuestiones a mejorar para el desarrollo de la educación científica deseable en la etapa de Primaria. Se continúa con una crítica a algunas de las novedades de la última reforma del currículo de Primaria, así como sobre la integración de las ciencias naturales y sociales en una misma área curricular; todo ello, a partir de los resultados de la investigación educativa, el horario lectivo asignado, y la estructuración habitual de los grados universitarios en Educación Primaria. Finalmente, se hace un pronóstico sobre el devenir de la enseñanza de las ciencias naturales en Primaria, y se invita a los formadores de maestros en didáctica de las ciencias a hacer autocrítica en la parte que les compete de esta problemática.

Palabras clave: ciencias naturales; conocimiento del medio; educación científica; Educación Primaria; formación de profesorado.

Abstract:

The state of science education in primary school is discussed. First, the profile of elementary school teacher students is reviewed, and the consequences of this on their preparation to teach natural sciences are determined. Then, the training in science teaching of future primary teachers is analyzed, highlighting issues to be improved for the development of desirable science education in primary school. It continues with a critique of some of the novelties of the latest reform of the primary school curriculum and the integration of natural and social sciences in the same curricular area; all of this, based on the results of educational research, the assigned teaching schedule, and the usual structuring of university degrees in primary education. Finally, a prognosis is made for the future of science education in primary school, and primary teacher educators in science teaching are invited to be self-critical in their part of this problem.

Key words: natural sciences; knowledge of environment; science education; primary school; teacher training.

En los preparados homeopáticos casi no existe principio activo. (...) las diluciones empleadas son cercanas a una dilución al infinito. P. Young, "La farsa de la homeopatía" (2014)

1. Introducción

Cuando hablas con estudiantes del grado universitario de Maestro/a en Educación Primaria, muchos te cuentan que en bachillerato eligieron la modalidad de humanidades y ciencias sociales para librarse de las materias de ciencias naturales/experimentales. El motivo que esgrimen con más recurrencia es haber tenido una mala experiencia con estas materias en los cursos previos de su escolarización (García-Carmona et al., 2014; Silió, 2024). Esta apatía hacia la ciencia escolar se refleja también en una parte considerable de la sociedad española, a luz de los resultados de la última encuesta de percepción social de la ciencia y la tecnología (FECYT, 2023). Cerca de la mitad de los encuestados declara que le cuesta entender la ciencia, alrededor de un tercio, que siempre se le dio mal, y sobre la cuarta parte, que saber ciencia no es importante en su día a día. Este panorama se encuadra en lo que Álvarez y Valls (2019) llaman el *eterno problema* en su particular revisión del estado actual de la didáctica de las ciencias.

El caso es que la mayoría de los aspirantes a profesorado de Educación Primaria, en España, provienen del bachillerato socio-humanístico (Asensio Muñoz et al., 2022). De manera que, la educación científica en la Escuela Primaria queda en manos de un profesorado que, en una proporción destacable, dejó de estudiar ciencias naturales en cuanto tuvo la ocasión de hacerlo (Ortega-Torres et al., 2019); que inicia su formación docente con un nivel de competencia científica deficiente (Bonil y Márquez, 2011; Campanario, 1998; COSCE, 2011; García-Carmona et al., 2014; Verdugo et al., 2016); que muestra un interés medio-bajo por la ciencia y su enseñanza (García-Carmona y Cruz-Guzmán, 2016; Rivadulla-López et al., 2021); y que no se siente suficientemente preparado para enseñar ciencias naturales (Cortés et al., 2012; Mazas y Bravo Torija, 2018). El problema no es nuevo, pero, persiste en el tiempo.

En lo que sigue, se revisan críticamente algunos de los factores que perpetúan tal problemática; luego, se hace una valoración del estado actual de la educación científica en Primaria, los factores que interfieren en su adecuado desarrollo, y de las perspectivas futuras que se vislumbran para esta. Se finaliza con una invitación a la autocrítica por parte de los formadores de futuro profesorado de Primaria en didáctica de las ciencias, dado su trascendente papel en el reto de mejorar la educación científica básica.

2. La formación inicial del profesorado de Educación Primaria en la didáctica de las ciencias

El mejorable bagaje formativo y motivacional de los estudiantes de maestro, fraguado a lo largo de toda su escolarización preuniversitaria, es difícil de enmendar, después, en el grado universitario en Educación Primaria, aunque se cursen algunas asignaturas de ciencias naturales y su didáctica. Así lo percibe también el profesorado de Primaria en ejercicio, que tiende a valorar como deficiente la formación inicial recibida para ello (de Juanas Oliva et al., 2016).

Aprender a enseñar ciencias naturales, sin saber suficiente ciencia, es un reto sumamente complicado. De ahí que muchos estudiantes de maestro terminen su formación con un desarrollo limitado de la competencia docente para este propósito. Esto lo observamos cuando evaluamos sus propuestas para enseñar ciencias. Los estudiantes de maestro suelen diseñar actividades de baja demanda cognitiva, en relación con los saberes básicos involucrados, y

tienen dificultades para formular objetivos de aprendizaje educativamente significativos. Asimismo, encontramos que son propensos a plantear como tarea la visualización de vídeos de Youtube, u otras redes sociales, donde alguien explica los saberes básicos previstos (“Para que entiendan esto, les pondría el siguiente vídeo...”). Bajo el pretexto de que así estarían integrando las TIC en sus propuestas de enseñanza, tratan de externalizar o delegar en los autores de esos vídeos el desarrollo de los saberes básicos de ciencias naturales. Una cosa es que el profesorado se apoye en recursos para facilitar el aprendizaje de su alumnado, y otra, que esos recursos lo sustituyan directamente en partes esenciales de su quehacer docente.

El problema es que muchos estudiantes de maestro no empiezan a tomar conciencia de sus carencias formativas para la enseñanza de las ciencias naturales hasta que no se enfrentan a ello, por primera vez, en el prácticum (Cortés et al., 2012). De hecho, mientras están en la formación inicial, suelen expresar una autoeficacia docente más alta que los maestros en ejercicio (Catalano et al., 2019). Pero, el prácticum supone un punto de inflexión para los futuros maestros, y cada vez tienen menos oportunidades de observar o impartir clases de ciencias naturales, debido, entre otras razones, al poco peso de esta área en el currículo de Primaria. Esto lo percibimos quienes les tutorizamos las prácticas. Fuera de nuestro contexto, un estudio reciente, llevado a cabo en Reino Unido, revela que más del 75% de los estudiantes de maestro encuestados solo dedicó un máximo de 30 minutos semanales a enseñar ciencias naturales durante sus prácticas en los colegios (McCullagh y Doherty, 2022).

2.1 Saber ciencia para enseñar ciencias naturales en Educación Primaria

Sobra decir que saber mucha ciencia no garantiza que se vaya a ser un buen profesor de ciencias naturales, dada la complejidad de la profesión docente (Appleton, 1995; Kind y Chan, 2019; Loughran, 2007; OECD, 2019). Si bien, la posesión de un nivel adecuado de *conocimiento del contenido* objeto de enseñanza es una de las cualidades indispensables para llegar a serlo (Akerson y Bartels, 2023; Gil, 1991; Kind, 2014; Kind y Chan, 2019; NAST, 2020; Shulman, 1987). Los mismos maestros, tanto en formación inicial como en ejercicio, lo destacan también cuando se les pregunta por las competencias profesionales que debe tener el profesorado de Primaria (García-Carmona y Cruz-Guzmán, 2016; Martín del Pozo et al., 2013).

No obstante, el dominio del contenido para aprender a enseñar ciencias naturales es un asunto que sigue sin estar resuelto en la formación inicial del profesorado de Primaria (Akerson y Bartels, 2023; Haverly y Davis, 2024; Moral y De la Herrán, 2024). Este problema se destacaba, hace más de una década, en el informe ENCIENDE (COSCE, 2011) sobre el estado de la educación científica básica en España:

La formación del profesorado de primaria en nuestro país, aunque ha ido mejorando en extensión y profesionalización en las sucesivas reformas educativas, sigue siendo deficiente en contenidos científicos y no alcanza los niveles de formación ni especialización que se exigen en otros países. (COSCE, 2011, p. 14)

En la formación de futuros maestros de Primaria en didáctica de las ciencias, el dominio del contenido de ciencias naturales suele tener un protagonismo secundario frente a otros aspectos de carácter curricular y pedagógico. Esto sería, en principio, comprensible si no fuera por la deficitaria competencia científica de los estudiantes del grado universitario en Educación Primaria que, normalmente, acceden a esta formación docente (Bonil y Márquez, 2011; Campanario, 1998; García-Carmona et al., 2014; Verdugo et al., 2016), ya que aprender didáctica de las ciencias es distinto de aprender ciencias naturales. Esa pérdida de protagonismo del conocimiento del contenido es el resultado de una reacción pedagógica extrema ante la necesidad de huir de una enseñanza centrada en contenidos disciplinares. Furió y Gil (1989) ya

denunciaron esto cuando empezaban a emerger los primeros programas de formación en didáctica de las ciencias para las escuelas de Magisterio:

... el mayor grado de profesionalización [del profesorado] es entendido como una drástica reducción del tiempo destinado a las materias de especialidad científica y ampliación del destinado a una preparación psicopedagógica “general”. De este modo, el indudable error que suponía una enseñanza centrada en los contenidos daría paso a un serio descuido de los mismos en aras, nos tememos, de un pedagogismo abstracto. (Furió y Gil, 1989, p. 258)

La didáctica de las ciencias tiene entre sus principales metas promocionar enfoques didácticos alternativos a aquellos, aún predominantes en las aulas, que se basan en una enseñanza de las ciencias naturales superficial, descontextualizada y poco significativa desde un punto de vista competencial (Cañal et al., 2013; de las Heras et al., 2014). Pero, influida por ese pedagogismo extremo antes citado, ello ha dado pie a prestar más atención a los métodos o enfoques de enseñanza que al dominio de los contenidos en la formación inicial de maestros; o como Bolívar (2005) apunta, a valorar más cómo se enseña que lo que se enseña.

Sobre todo, se ha alimentado el discurso de que, para enseñar bien ciencias naturales, la clave es encontrar el método de enseñanza adecuado. Sin embargo, esto es una verdad didáctica huera si no va acompañado de un matiz importante: la eficacia de cada método de enseñanza dependerá del tipo y la complejidad de los contenidos o saberes básicos implicados en el proceso educativo, además de los objetivos de aprendizaje perseguidos (de Jong et al., 2023, 2024; Hirsch, 2002; Kulgemeyer y Geelan, 2024; Sweller et al., 2024). Por eso, en determinadas situaciones de aprendizaje, la *enseñanza basada en la indagación*, por ejemplo, se muestra más eficaz que *la enseñanza directa o explícita* (Areepattamannil et al., 2020; de Jong et al., 2023, 2024); mientras que, en otras, sucede lo contrario (Areepattamannil et al., 2020; Klahr et al., 2011; Sweller et al., 2024). Estas evidencias sugieren que un método mixto, que combine la enseñanza directa con la indagación, sería el más apropiado para aprender ciencias en una amplia diversidad de contextos y situaciones educativas (Areepattamannil et al., 2020; de Jong et al., 2023, 2024; Sweller et al., 2024).

Un dominio suficiente de los saberes básicos de ciencias naturales ayudará al docente a elegir el método de enseñanza más conveniente para desarrollarlos en el aula, ya que será consciente de las dificultades que entraña su comprensión. Igualmente, le permitirá calibrar la exigencia cognitiva y los objetivos de aprendizaje que pueden ser más pertinentes para su alumnado. Todo esto sintoniza con los resultados de numerosos estudios sobre autoeficacia de estudiantes de profesorado de Primaria, que sitúan la posesión de un buen nivel de conocimientos y destrezas científicas entre los factores más decisivos en la mejora de sus competencias para dicha tarea docente (Akerson y Bartels, 2023; Menon y Sadler, 2016, 2018; Velthuis et al., 2014; Verdugo et al., 2017).

Por tanto, si se pretende que los futuros maestros asimilen un determinado método o enfoque didáctico para enseñar ciencias naturales, deberían vivenciarlo primero como estudiantes de ciencias naturales (Newman et al., 2004; García-Carmona et al., 2017; Muñoz-Franco et al., 2020; Varma et al., 2009). La idea es programar una especie de curso que combine la adquisición de competencias científicas básicas y la asimilación de métodos para su enseñanza, dentro de la formación en didáctica de las ciencias. Esto implica, lógicamente, avanzar menos en los aspectos más pedagógicos; pero, no hacerlo conlleva una formación didáctica construida sobre unos cimientos endebles.

Las asignaturas de contenidos específicos de ciencias naturales, que se imparten en los grados de Maestro/a en Educación Primaria, podrían ser de gran ayuda en tal objetivo si se coordinaran con las asignaturas de didáctica de las ciencias. Sin embargo, estas asignaturas de contenidos

disciplinares no siempre están bien orientadas a mejorar el conocimiento del contenido específico que precisan los maestros para enseñar ciencias naturales (Akerson y Bartels, 2023).

No sabemos tampoco hasta qué punto mejoraría la situación de la formación inicial de maestros de Primaria si estos accedieran al grado universitario desde el bachillerato científico-tecnológico, habida cuenta que este itinerario incluye también materias obligatorias de lengua y literatura, filosofía, historia, educación física e idiomas. Lo que sí se ha encontrado es que la variable más influyente en la actitud de los estudiantes de maestro hacia la ciencia es el bachillerato cursado, siendo más favorable en aquellos que proceden del científico-tecnológico (García-Carmona y Cruz-Guzmán, 2016; Mazas y Bravo Torija, 2018).

2.2 Dominio didáctico de los saberes básicos para enseñar ciencias naturales en Educación Primaria

Aparte de poseer buenos conocimientos *de y sobre* la ciencia como *conditio sine qua non*, para aprender a enseñar ciencias naturales los estudiantes de maestro deberían desarrollar un *dominio didáctico de los saberes básicos* correspondientes del currículo. Esto es, conocer las principales dificultades del alumnado en el aprendizaje de (o a partir de) estos saberes; los modelos y aproximaciones didácticas que favorecen la comprensión de cada uno de ellos; los recursos, métodos o enfoques de enseñanza y de evaluación más apropiados para cada tipo de saberes y temáticas científicas, etc. (Bromme, 1989; Cañal et al., 2016; Kind y Chan, 2019; Krajcik y Czerniak, 2018; NAST, 2020). Se trata, en definitiva, de saber conjugar oportunamente qué enseñar de y desde los distintos saberes, y cómo enseñarlo.

No es lo mismo enseñar sobre las funciones vitales del ser humano, o los principios básicos del vuelo, que sobre circuitos eléctricos; ni sobre la formulación de hipótesis científicas, la toma de datos en un experimento y su interpretación, que acerca de la naturaleza de estas prácticas de la ciencia. Por tanto, el dominio científico y didáctico de cada uno de esos saberes básicos es lo que permitirá luego al profesorado imaginar situaciones de aprendizaje contextualizadas y significativas para el desarrollo competencial del alumnado (García-Carmona, 2023a). Se podría decir que, sin un dominio del contenido científico, los métodos de enseñanza estarán científicamente *ciegos*; y sin un dominio didáctico, los conocimientos científicos del profesorado se traducirán en situaciones educativas *estériles*.

Conviene subrayar lo del dominio didáctico de los saberes básicos de ciencias naturales, ya que es relativamente fácil que la formación en didáctica de las ciencias del futuro profesorado de Primaria derive en una formación en didáctica general, si no se tiene especial cuidado. Lo que distingue a una didáctica específica de la didáctica general es la fuerte demarcación de la primera en el conocimiento científico y didáctico de las disciplinas o materias con las que se relaciona. El propósito es educar a través de ellas, usando sus “gafas” particulares de ver el mundo, con las lentes graduadas conforme a las necesidades cognitivas, contextuales y emocionales del alumnado. En consecuencia, la formación en didáctica de las ciencias debería complementarse, pero no solaparse, con una formación pedagógica más general. Principalmente, para no perder oportunidades de profundizar en los problemas específicos de la enseñanza/aprendizaje de las ciencias naturales.

3. Una vuelta más de tuerca: introducción a las prácticas de ingeniería y pensamiento computacional en Educación Primaria

A todo lo discutido antes se añade ahora otro reto para la formación inicial del profesorado de Primaria: la introducción a las prácticas de ingeniería y el pensamiento computacional. Una de

las competencias específicas del nuevo currículo, para el área de Conocimiento del Medio Natural, Social y Cultural, establece que el alumnado de Primaria ha de ser capaz de “Resolver problemas a través de proyectos de diseño (...) para generar cooperativamente un producto creativo e innovador que responda a necesidades concretas.” (Real Decreto 157/2022, p. 28). Asimismo, entre los saberes básicos se incluye el siguiente: “Fases del pensamiento computacional (descomposición de una tarea en partes más sencillas, reconocimiento de patrones y creación de algoritmos sencillos para la resolución del problema...)” (Real Decreto 157/2022, p. 41). Y en la relación de criterios de evaluación, se dice que el alumnado debe “Diseñar posibles soluciones a los problemas planteados de acuerdo con técnicas sencillas de los proyectos de diseño y pensamiento computacional (...)” (Real Decreto 157/2022, p. 39).

Las prácticas de ingeniería y el pensamiento computacional llegan al currículo de Primaria cuando aún no se está formando siquiera sobre ello a los estudiantes de maestro en los estudios de grado en Maestro/a en Educación Primaria; al menos, en los centros de formación que conocemos. Con relación a las prácticas de ingeniería, la cuestión del conocimiento del contenido, por parte de los futuros maestros, es aún más preocupante que la descrita para el dominio del contenido de ciencias naturales, debido a la escasa andadura que aún tiene en nuestro contexto educativo. Y, en cuanto al pensamiento computacional, la investigación educativa tiene todavía muy poco recorrido sobre cómo incorporarlo al ámbito escolar (Roig-Vila y Moreno-Isac, 2020). Su inclusión se hace, además, sin que exista un marco conceptual consensuado, que oriente su integración curricular (Adell et al., 2019).

Por consiguiente, es fácil aventurar que estas dos incorporaciones al currículo de Conocimiento del Medio generarán más reticencias e inseguridades en el profesorado de Primaria, afectando indudablemente al desarrollo de la enseñanza de las ciencias naturales. Estos visos de baja autoeficacia docente ya se han constatado en el profesorado de ciencias de educación secundaria (García-Carmona y Toma, 2024) cuando se ve ante el mismo reto de integrar prácticas de ingeniería en sus clases.

4. Confluencia de las ciencias naturales y las ciencias sociales en una sola área curricular

Otra problemática que acentúa, a nuestro parecer, el preocupante devenir de la educación científica en Primaria es la integración de las ciencias naturales y las ciencias sociales en una misma área curricular (Conocimiento del Medio). La cuestión no es si deben promoverse o no integraciones curriculares en esta etapa educativa, sino valorar las posibilidades reales de que la confluencia de estas dos ciencias sea significativa y eficaz en las aulas. Porque, en principio, todo podría integrarse con todo; sin embargo, el currículo de Primaria lo prescribe de manera explícita para el caso de las ciencias naturales y las ciencias sociales. Además, lo hace sin asignarle una carga lectiva ponderada al peso educativo que debería tener cada una de ellas. No hace falta justificar aquí la importancia de promover una enseñanza de las ciencias naturales de calidad, desde edades tempranas, para ejercer una ciudadanía informada, crítica y responsable (COSCE, 2011; European Commission, 2007, 2015; NSTA, 2014, 2018). En países como Estados Unidos, Reino Unido, Canadá o Australia, entre otros, las ciencias naturales constituyen, de hecho, un área curricular propia en Educación Primaria.

En el momento en el que se hacen confluir dos ámbitos de conocimiento importantes y diferentes en una misma área curricular, de alguna manera se desliza la idea de que son epistemológica y ontológicamente similares. Sin embargo, en este caso no lo son. Dejando a un lado los contextos potenciales de integración y confluencia entre las ciencias naturales y las ciencias sociales, tiene poco que ver enseñar/aprender sobre (o en el contexto de) los estados de la materia que sobre los compromisos y normas para vivir en sociedad. De otra forma, el

conocimiento didáctico del contenido necesario para enseñar ciencias naturales es muy diferente al que se necesita para enseñar ciencias sociales. Debería sobrar, también, tener que decir esto. Pero, parece que es difícil de asumir para los gestores de la educación; especialmente cuando la integración curricular es promocionada como el gran reto y la (supuesta) vía más propicia para lograr una alfabetización ciudadana integral.

Se sabe que las integraciones curriculares significativas y efectivas en el aula son, hoy en día, una utopía en muchos de los contextos y circunstancias educativas, a la vista de la investigación existente al respecto (Akerson y Bartels, 2023; Guzey et al., 2017; Johnson y Czerniak, 2023; Senra-Silva, 2021; White y Delaney, 2021). Promuévase cuando el profesorado esté razonablemente preparado para ello (García-Carmona, 2020; Toma y García-Carmona, 2021). Si no, como algunos estudios recientes apuntan, los intentos de integración curricular en el aula de Primaria pueden llegar a ser más problemáticos que prometedores (Schellinger et al., 2022).

Asimismo, los estudios de grado universitario en Educación Primaria que conocemos no incluyen en sus planes una formación específica sobre cómo llevar a cabo integraciones de áreas curriculares diferentes, por más que se argumente que el profesorado de Primaria debe saber hacerlo, dada su condición de “generalista”. Los estudios de grado están estructurados en asignaturas distintas para cada una de las disciplinas y sus didácticas, además de otras de perfiles psicopedagógicos más generales, entre las que no suele haber coordinación (Vaillant y Marcelo, 2021). Esto permite entender, en parte, por qué luego no funcionan (o ni siquiera se plantean) las pretendidas integraciones curriculares en los centros escolares.

De apostarse por la integración curricular entre distintas áreas o ámbitos de conocimiento, esta no debería ser forzada ni artificiosa. Para planificarla y desarrollarla adecuadamente, es preciso tener un dominio apropiado de los saberes básicos –como se indicaba antes– y de la naturaleza de los ámbitos de conocimiento implicados (Akerson et al., 2018; García-Carmona, 2020; Johnson y Czerniak, 2023), así como la capacidad de encontrar los escenarios, problemáticas o puntos de encuentro más propicios para ello (algo difícil de conseguir sin lo primero). De lo contrario, aparte de las inseguridades y tensiones que ello genere en el profesorado, se terminará banalizando alguna de las materias intervinientes (si no todas); y, por ende, la supuesta sinergia educativa que debe tener cualquier integración curricular. En el caso de Conocimiento del Medio, lo que ocurre habitualmente, en la práctica, es que los saberes básicos de ciencias sociales se desarrollan de manera independiente de los de ciencias naturales. ¿Aporta algo, entonces, que estén unidas en una misma área? ¿O es solo un pretexto para disminuir su peso curricular en favor de otras áreas supuestamente más relevantes?

5. Enseñanza de las ciencias naturales “diluida” hasta dejarla sin efectos

Se puede decir, por tanto, que las ciencias naturales y las ciencias sociales, en Educación Primaria, se presentan “juntas, pero no revueltas”; y con un peso curricular bastante exiguo de ambas. En Andalucía, por ejemplo, la última regulación educativa (Consejería de Desarrollo Educativo y Formación Profesional, 2023) establece para el área de Conocimiento del Medio un total de 2,5 horas lectivas semanales. Esto se traduce en 1,25 horas para la parte de ciencias naturales, frente a las 5 horas que tienen las áreas de Lengua y de Matemáticas, o las 3 horas de Educación Física. Incluso, dispone de menos tiempo lectivo que Religión, que cuenta con 1,5 horas semanales. Evidentemente, asignar más horas lectivas a un área curricular serviría de poco si no se aprovechan bien. Serían oportunidades perdidas. Pero, es loable admitir que con tan poco tiempo disponible se puedan conseguir mejoras sustanciales en la educación científica básica, aun con un profesorado bien formado.

La baja priorización de las ciencias naturales en el currículo de Primaria, a la vista del horario lectivo que se le asigna, choca con las proclamas de la Comisión Europea sobre la importancia de alfabetizar científicamente a la ciudadanía desde edades tempranas (European Commission, 2007, 2015; Eurydice, 2011; Siarova et al., 2019). Además, no es consonante con marcos educativos internacionales de referencia como PISA (OECD, 2019, 2023) y TIMMS (Mullis y Martin, 2017), que sitúan a la ciencia escolar en el mismo nivel de relevancia que las matemáticas y la lengua. Esto, que ya se denunciaba en el informe ENCIENDE (COSCE, 2011), rememora el carácter anecdótico y subsidiario que tenía la enseñanza de las ciencias naturales a principios del siglo XX en España (Bernal y López, 2007).

Si a esta situación curricular se le suma que, el profesorado encargado de enseñar Conocimiento del Medio –con el perfil y la formación habituales descritos más arriba– puede programar a su criterio el desarrollo del área, es fácil pronosticar lo que sucederá en muchos casos: una *homeopatización* de la enseñanza de las ciencias naturales. Estará tan “diluida” curricularmente que surtirá efectos escasos en el propósito de lograr la alfabetización científica inicial deseable, aunque su promoción parezca estar ahora más “agitada” que nunca bajo el eslogan de “educación STEM”. Este pronóstico se ve reforzado, asimismo, por estudios recientes que señalan que el profesorado de Primaria, dentro de su flexibilidad de horario disponible, suele dedicar muy poco tiempo a enseñar ciencias naturales debido a su baja autoeficacia para ello (Akerson y Bartels, 2023).

Según los últimos resultados de la evaluación internacional TIMSS, el nivel competencial en ciencias (naturales) de los escolares españoles de 4º de Primaria se sitúa por debajo de la media de los países de la OECD (Ministerio de Educación y Formación Profesional, 2020). Seguramente, las causas que están detrás de estos resultados son múltiples y complejas de gestionar, en muchos aspectos. Pero, deberían servir, al menos, para tomar conciencia de que algo hay que cambiar; y de manera especial, en lo referente a la formación inicial del profesorado de Primaria. No se puede esperar que la educación científica básica mejore sin modificar nada. En la literatura sobre educación científica existen orientaciones interesantes y realistas para conseguir –o imaginar, al menos– esa mejora deseable (por ejemplo, COSCE, 2011; European Commission, 2015; NSTA, 2018, 2020; Oliva-Martínez y Acevedo-Díaz, 2005). Falta conseguir que se implanten y desarrollen.

6. Comentario final

Seguimos a la espera de una reforma integral de la profesión docente en España (Ministerio de Educación y Formación Profesional, 2022). Aunque los intentos recientes con relación al grado universitario en Educación Primaria no han sido nada alentadores para las didácticas específicas (García-Carmona, 2023b), entre otros motivos, por el exceso de pedagogismo con el que se quiere seguir impregnando a esta titulación, aun cuando la misión de los maestros es desarrollar un currículo articulado en áreas de conocimiento escolar, cada una con sus especificidades didácticas.

Mientras tanto, habrá que continuar visibilizando el problema de la acentuada dilución de la enseñanza de las ciencias naturales en la Escuela Primaria. Asimismo, los formadores de maestros en didáctica de las ciencias deberíamos hacer autocrítica en la parte que nos toca. Resulta llamativa la alta tasa de éxito de los estudiantes de profesorado de Primaria en las asignaturas de didáctica de las ciencias, a pesar de las carencias competenciales que muestran durante y al finalizar su formación (en los casos más cercanos que conocemos, la tasa de éxito es, año tras año, superior al 90%). Es cierto que las calificaciones no siempre reflejan todo el espectro de matices que encierra una educación orientada al desarrollo de competencias. Sin

embargo, con esa tasa de éxito académico tan elevada, se hace difícil defender que los estudiantes de maestro de Primaria necesitan mejorar sustancialmente su formación en didáctica de las ciencias; o que aprender a enseñar ciencias naturales es una tarea compleja. Desde luego, esa tasa es incongruente con los resultados de abundante investigación sobre el tema.

En consecuencia, habríamos de preguntarnos: ¿Qué contenidos y competencias consideramos primordiales en la formación inicial de maestros en didáctica las ciencias, y cuáles secundarios? ¿Qué evaluamos realmente en tal formación y cómo lo hacemos? ¿Cuál es el nivel de exigencia aplicado? ¿En qué medida integramos en nuestros programas formativos los consensos actuales y las evidencias provenientes de la investigación en didáctica de las ciencias? ¿Somos suficientemente críticos con supuestas innovaciones educativas que no se fundamentan en resultados de investigación (es decir, “pseudoinnovaciones”), o con enfoques pedagógicos que no disponen del aval científico suficiente para su adopción? Sería interesante discutir estas y otras cuestiones en el área de didáctica de las ciencias para valorar qué estamos haciendo en la formación de estudiantes de maestro. Si hay un contexto donde debería desplegarse, en su mayor grado, la transferencia de conocimiento derivado de la investigación educativa, así como emplear prácticas docentes ejemplarizantes sobre cómo enseñar, evaluar e investigar la propia práctica, ese es el de la formación inicial del profesorado.

Referencias

- Adell, J. S., Llopis, M. A., Esteve, F. M. y Valdeolivas, M. G. (2019). El debate sobre el pensamiento computacional en educación. *Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 22(1), 171-186. <https://doi.org/10.5944/ried.22.1.22303>
- Akerson, V. L. y Bartels, S. L. (2023). Elementary education. Toward the goal of scientific literacy. En N. G. Lederman, D. L. Zeidler y J. S. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education* (Vol. III, pp. 528-558). Routledge.
- Akerson, V. L., Burgess, A., Gerber, A., Guo, M., Khan, T. A. y Newman, S. (2018). Disentangling the meaning of STEM: Implications for science education and science teacher education. *Journal of Science Teacher Education*, 29(1), 1-8. <https://doi.org/10.1080/1046560X.2018.1435063>
- Álvarez, J. F. y Valls, C. (2019). Didáctica de las ciencias, ¿de dónde venimos y hacia dónde vamos? *Universitas Tarraconensis. Revista de Ciències de l'Educació*, 2, 5-19. <https://raco.cat/index.php/UTE/article/view/369759>
- Appleton, K. (1995). Student teachers' confidence to teach science: is more science knowledge necessary to improve self-confidence? *International Journal of Science Education*, 17(3), 357-369. <https://doi.org/10.1080/0950069950170307>
- Areepattamannil, S., Cairns, D. y Dickson, M. (2020). Teacher-directed versus inquiry-based science instruction: investigating links to adolescent students' science dispositions across 66 countries. *Journal of Science Teacher Education*, 31(6), 675-704. <https://doi.org/10.1080/1046560X.2020.1753309>
- Asensio Muñoz, I., Resino, D. A., Ruiz-Lázaro, J., Sánchez-Munilla, M., de Miguel, C. R., Constante-Amores, A. y Navarro-Asencio, E. (2022). Perfil de acceso a la universidad de los maestros en España. *Educación XX1*, 25(2), 39-63. <https://doi.org/10.5944/educxx1.31924>
- Bernal, J. M. y López, J. D. (2007). La Junta para Ampliación de Estudios (JAE) y la enseñanza de la ciencia para todos en España. *Revista de Educación, No. Extraordinario*, 215-239.

<https://www.educacionfpydeportes.gob.es/dam/jcr:c155c623-8454-4737-9778-58608124a39b/re200710-pdf.pdf>

- Bolívar, A. (2005). Conocimiento didáctico del contenido y didácticas específicas. *Profesorado*, 9(2), 1-39.
<https://revistaseug.ugr.es/index.php/profesorado/article/view/19753>
- 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, 307-309. <https://doi.org/10.4438/1988-592X-RE-2011-354-007>
- Bromme, R. (1989). Conocimientos profesionales de los profesores. *Enseñanza de las Ciencias*, 6(1), 19-29. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.5057>
- Campanario, J. M. (1998) ¿Quiénes son, qué piensan y qué saben los futuros maestros y profesores de ciencias?: una revisión de estudios recientes. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 33, 121-140. <http://hdl.handle.net/10201/133606>
- Cañal, P., Criado, A. M., García-Carmona, A. y Muñoz, G. (2013) La enseñanza relativa al medio en las aulas españolas de educación infantil y primaria: concepciones didácticas y práctica docente. *Investigación en la Escuela*, 81, 21-42.
<https://revistascientificas.us.es/index.php/IE/article/view/6895>
- Cañal, P., García-Carmona, A. y Cruz-Guzmán, M. (2016). *Didáctica de las ciencias experimentales en educación primaria*. Paraninfo.
- Catalano, A., Asselta, L. y Durkin, A. (2019). Exploring the relationship between science content knowledge and science teaching self-efficacy among elementary teachers. *IAFOR Journal of Education*, 7(1), 57-70. <https://doi.org/10.22492/ije.7.1.04>
- Consejería de Desarrollo Educativo y Formación Profesional. (2023). Orden de 30 de mayo de 2023, por la que se desarrolla el currículo correspondiente a la etapa de Educación Primaria en la Comunidad Autónoma de Andalucía [...]. *Boletín Oficial de la Junta de Andalucía*, 104, 9731/1-207. <https://www.juntadeandalucia.es/boja/2023/104/39>
- Cortés, A. L., Gándara, M., Calvo, J. M., Martínez, M. B., Ibarra, M., Arlegui, J. y Gil, M. J. (2012). Expectativas, necesidades y oportunidades de los maestros en formación ante la enseñanza de las ciencias en la educación primaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 30(3), 155-176. <https://doi.org/10.5565/rev/ec/v30n3.597>
- COSCE (Confederación de Sociedades Científicas de España). (2011). *Enseñanza de las Ciencias en la Didáctica escolar para edades tempranas en España* (Informe ENCIENDE). https://cosce.org/pdf/Informe_ENCIENDE.pdf
- de Jong, T., Lazonder, A. W., Chinn, C. A., Fischer, F., Gobert, J., Hmelo-Silver, C. E., Koedinger, K. R., Krajcik, J. S., Kyza, E. A., Linn, M. C., Pedaste, M., Scheiter, K. y Zacharia, Z. C. (2023). Let's talk evidence—The case for combining inquiry-based and direct instruction. *Educational Research Review*, 39, 100536.
<https://doi.org/10.1016/j.edurev.2023.100536>
- de Jong, T., Lazonder, A. W., Chinn, C. A., Fischer, F., Gobert, J., Hmelo-Silver, C. E., Koedinger, K. R., Krajcik, J. S., Kyza, E. A., Linn, M. C., Pedaste, M., Scheiter, K. y Zacharia, Z. C. (2024). Beyond inquiry or direct instruction: Pressing issues for designing impactful science learning opportunities. *Educational Research Review*, 44, 100623.
<https://doi.org/10.1016/j.edurev.2024.100623>

- de Juanas Oliva, A., Martín del Pozo, R. y González Ballesteros, M. G. (2016). Competencias docentes para desarrollar la competencia científica en educación primaria. *Bordón*, 68(2), 103-120. <https://doi.org/10.13042/Bordon.2016.68207>
- de las Heras, M. A., Wamba, A. M. y Jiménez, R. (2014). El uso de las prácticas de enseñanza en la detección del estado de la docencia en las aulas de educación primaria. *Investigación en la Escuela*, 84, 87-100. <https://revistascientificas.us.es/index.php/IE/article/view/6850>
- European Commission. (2007). *Science education now: A renew pedagogy for the future of Europe*. <https://www.eesc.europa.eu/sites/default/files/resources/docs/rapportrocardfinal.pdf>
- European Commission. (2015). *Science education for responsible citizenship*. <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/a1d14fa0-8dbe-11e5-b8b7-01aa75ed71a1>
- Eurydice. (2011). *Science education in Europe – National policies, practices and research*. EACEA P9 Eurydice. <https://data.europa.eu/doi/10.2797/7170>
- FECYT (Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología). (2023). *Encuesta de percepción social de la ciencia y la tecnología 2022*. <https://doi.org/10.58121/msx6-zd63>
- Furió, C. y Gil, D. (1989). La didáctica de las ciencias en la formación inicial del profesorado: una orientación y un programa teóricamente fundamentados. *Enseñanza de las Ciencias*, 7(3), 257-265. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.5042>
- García-Carmona, A. (2020). STEAM, ¿una nueva distracción para la enseñanza de la ciencia? *Ápice. Revista de Educación Científica*, 4(2), 35-50. <https://doi.org/10.17979/arec.2020.4.2.6533>
- García-Carmona, A. (2023a). Diseño de situaciones de aprendizaje en física y química conforme a la LOMLOE. *Ápice. Revista de Educación Científica*, 7(1), 109-127. <https://doi.org/10.17979/arec.2023.7.1.9436>
- García-Carmona, A. (2023b, 14 mar.). Por una titulación de maestro de primaria acorde con la LOMLOE: el papel de las didácticas específicas. *El Diario de la Educación*. <https://eldiariodelaeducacion.com/2023/03/14/por-una-titulacion-de-maestro-de-primaria-acorde-con-la-lomloe-el-papel-de-las-didacticas-especificas/>
- García-Carmona, A., Criado, A. M. y Cruz-Guzmán, M. (2017). Primary pre-service teachers' skills in planning a guided scientific inquiry. *Research in Science Education*, 47(5), 989-1010. <https://doi.org/10.1007/s11165-016-9536-8>
- García-Carmona, A. y Cruz-Guzmán, M. (2016). ¿Con qué vivencias, potencialidades y predisposiciones inician los futuros docentes de Educación Primaria su formación en la enseñanza de la ciencia? *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 13(2), 440-458. <http://hdl.handle.net/10498/18299>
- 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, 31-46. <https://revistascientificas.us.es/index.php/IE/article/view/6846>

- García-Carmona, A. y Toma, R. B. (2024). Integration of engineering practices into secondary science education: Teacher experiences, emotions, and appraisals. *Research in Science Education*, 54(4), 549-572. <https://doi.org/10.1007/s11165-023-10152-3>
- Gil, D. (1991). ¿Qué hemos de saber y saber hacer los profesores de ciencias? *Enseñanza de las Ciencias*, 9(1), 69-77. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.4687>
- Guzey, S. S., Harwell, M., Moreno, M., Peralta, Y. y Moore, T. J. (2017). The impact of design-based STEM integration curricula on student achievement in engineering, science, and mathematics. *Journal of Science Education and Technology*, 26(2), 207-222. <https://doi.org/10.1007/s10956-016-9673-x>
- Haverly, C. y Davis, E. A. (2024). Unpacking readiness for elementary science teaching: what preservice teachers bring and how that can be shaped through teacher education. *Studies in Science Education*, 60(1), 75-119. <https://doi.org/10.1080/03057267.2023.2188703>
- Hirsch Jr, E. D. (2002). Classroom research and cargo cults. *Policy Review*, 115. <https://www.hoover.org/research/classroom-research-and-cargo-cults>
- Johnson, C. C. y Czerniak, C. M. (2023). Interdisciplinary approaches and integrated STEM in science teaching. En N. G. Lederman, D. L. Zeidler y J. S. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education* (Vol. III, pp. 559-585). Routledge.
- Kind, V. (2014). Science teachers' content knowledge. En H. Venkat, M. Rollnick, J. Loughran y M. Askew (eds.), *Exploring mathematics and science teachers' knowledge* (pp. 15-29). Routledge.
- Kind, V. y Chan, K. (2019). Resolving the amalgam: Connecting pedagogical content knowledge, content knowledge and pedagogical knowledge. *International Journal of Science Education*, 41(7), 964-978. <https://doi.org/10.1080/09500693.2019.1584931>
- Klahr, D., Zimmerman, C. y Jirout, J. (2011). Educational interventions to advance children's scientific thinking. *Science*, 333(6045), 971-975. <https://doi.org/10.1126/science.1204528>
- Krajcik, J. S. y Czerniak, C. M. (2018). *Teaching science in elementary and middle school*. Routledge.
- Kulgemeyer, C. y Geelan, D. (2024). Towards a constructivist view of instructional explanations as a core practice of science teachers. *Science Education*, 108(4), 1034-1050. <https://doi.org/10.1002/sce.21863>
- Loughran, J. J. (2007). Science teacher as learner. En S. K. Abell y N. G. Lederman (eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 1043-1065). Routledge.
- Martín del Pozo, R., Fernández Lozano, P., González Ballesteros, M. y Juanas Oliva, Á. D. (2013). El dominio de los contenidos escolares: competencia profesional y formación inicial de maestros. *Revista de Educación*, 360, 363-387. <https://doi.org/10.4438/1988-592X-RE-2011-360-115>
- Mazas, B. y Bravo Torija, B. (2018). Actitudes hacia la ciencia del profesorado en formación de Educación Infantil y Educación Primaria. *Profesorado*, 22(2), 329-348. <https://doi.org/10.30827/profesorado.v22i2.7726>
- McCullagh, J. F. y Doherty, A. (2022). Student teachers supporting primary science: Project report for the Royal Society of Chemistry. <https://www.stran.ac.uk/research-paper/mccullagh-doherty-2022/>

- Menon, D. y Sadler, T. D. (2016). Preservice elementary teachers' science self-efficacy beliefs and science content knowledge. *Journal of Science Teacher Education*, 27(6), 649-673. <https://doi.org/10.1007/s10972-016-9479-y>
- Menon, D. y Sadler, T. D. (2018). Sources of science teaching self-efficacy for preservice elementary teachers in science content courses. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 16(5), 835-855. <https://doi.org/10.1007/s10763-017-9813-7>
- Ministerio de Educación y Formación Profesional. (2020). *TIMSS 2019. Estudio internacional de tendencias en matemáticas y ciencias*. https://www.libreria.educacion.gob.es/libro/timss-2019-estudio-internacional-de-tendencias-en-matematicas-y-ciencias-informe-espanol_170122/edicion/pdf-184025/
- Ministerio de Educación y Formación Profesional. (2022). Documento para debate: 24 propuestas de mejora para la reforma de la profesión docente. <https://www.educacionfpydeportes.gob.es/dam/jcr:11de0388-9df4-4846-af56-fe19fc82dbaf/documento-de-debate-24-propuestas-de-reforma-profesi-n-docente.pdf>
- Moral, C. y De la Herrán, A. (2024). Subject matter knowledge in Primary Education teacher training. *Bordón*, 76(1), 157-177. <https://doi.org/10.13042/Bordon.2024.99062>
- Mullis, I. V. S. y Martin, M. O. (Eds.). (2017). *TIMSS 2019 assessment frameworks*. Boston College, TIMSS & PIRLS International Study Center. <http://timssandpirls.bc.edu/timss2019/frameworks/>
- Muñoz-Franco, G., Criado, A. M. y García-Carmona, A. (2020). Investigating image formation with a camera obscura: A study in initial primary science teacher education. *Research in Science Education*, 50(3), 1027-1049. <https://doi.org/10.1007/s11165-018-9721-z>
- Newman, W. J., Abell, S. K., Hubbard, P. D., McDonald, J., Otaala, J. y Martini, M. (2004). Dilemmas of teaching inquiry in elementary science methods. *Journal of Science Teacher Education*, 15(4), 257-279. <https://doi.org/10.1023/B:JSTE.0000048330.07586.d6>
- NSTA (National Science Teachers Association). (2014). *Early Childhood Science Education*. <https://www.nsta.org/nstas-official-positions/early-childhood-science-education>
- NSTA (National Science Teachers Association). (2018). *Elementary Science Education*. <https://www.nsta.org/nstas-official-positions/elementary-school-science>
- NSTA (National Science Teachers Association). (2020). *Standards for Science Teacher Preparation*. <https://www.nsta.org/nsta-standards-science-teacher-preparation>
- OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development). (2019). *A Flying start: Improving initial teacher preparation systems*. <https://doi.org/10.1787/cf74e549-en>
- OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development). (2023). *PISA 2025 science framework*. <https://pisa-framework.oecd.org/science-2025/>
- Oliva-Martínez, J. M. y Acevedo-Díaz, J. A. (2005). La enseñanza de las ciencias en primaria y secundaria hoy. Algunas propuestas de futuro. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2(2), 241-250. http://dx.doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2005.v2.i2.10
- Ortega-Torres, E., Verdugo-Perona, J. J., Gómez-Ferragud, C. B. y Sanjosé, V. (2019). Conocimiento e interés de los maestros en formación por la ciencia. *Boletín ENCIC*, 3(2), 114-116. <https://producciocientifica.uv.es/documentos/603e19df441e300476347a9e>

- Real Decreto 157/2022, de 1 de marzo, por el que se establecen la ordenación y las enseñanzas mínimas de la Educación Primaria. *Boletín Oficial del Estado*, 52, de 2 de marzo de 2022, páginas 1 a 109 (Legislación Consolidada).
<https://www.boe.es/eli/es/rd/2022/03/01/157/con>
- Rivadulla-López, J. C., Rodríguez Correa, M. y González Iglesias, O. (2021). Actitudes hacia las Ciencias de la Naturaleza de los maestros en formación y en ejercicio de Educación Primaria. *Revista Complutense de Educación*, 32(4), 581-591.
<https://dx.doi.org/10.5209/rced.70856>
- Roig-Vila, R. y Moreno-Isac, V. (2020). El pensamiento computacional en Educación. Análisis bibliométrico y temático. *Revista de Educación a Distancia*, 20(63), 1-24.
<https://doi.org/10.6018/red.402621>
- Schellinger, J., Jaber, L. Z. y Southerland, S. A. (2022). Harmonious or disjointed?: Epistemological framing and its role in an integrated science and engineering activity. *Journal of Research in Science Teaching*, 59(1), 30-57. <https://doi.org/10.1002/tea.21720>
- Senra-Silva, I. (2021). A study on CLIL secondary school teachers in Spain: views, concerns and needs. *Complutense Journal of English Studies*, 29, 49-68.
<https://dx.doi.org/10.5209/cjes.76068>
- Shulman, L. S. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Harvard Educational Review*, 57, 1-23. <http://dx.doi.org/10.17763/haer.57.1.j463w79r56455411>
- Siarova, H., Sternadel, D. y Szónyi, E. (2019). *Research for CULT committee— Science and scientific literacy as an educational challenge*. European Parliament, Policy Department for Structural and Cohesion Policies.
- Silió, E. (2024, 19 de febrero). Solo un 25% de los futuros maestros cursó el bachillerato tecnológico, y se refleja en su docencia. *El País*. <https://elpais.com/educacion/2024-02-19/solo-un-25-de-los-futuros-maestros-curso-el-bachillerato-tecnologico-y-se-refleja-en-su-docencia.html>
- Sweller, J., Zhang, L., Ashman, G., Cobern, W. y Kirschner, P. A. (2024). Response to De Jong et al.'s (2023) paper "Let's talk evidence – The case for combining inquiry-based and direct instruction". *Educational Research Review*, 42, 100584.
<https://doi.org/10.1016/j.edurev.2023.100584>
- Toma, R. B. y García-Carmona, A. (2021). "De STEM nos gusta todo menos STEM". Análisis crítico de una tendencia educativa de moda. *Enseñanza de las Ciencias*, 39(1), 65-80. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3093>
- Vaillant, D. y Marcelo, C. (2021). Formación inicial del profesorado: Modelo actual y llaves para el cambio. REICE. *Revista Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación*, 19(4), 55-69. <https://doi.org/10.15366/reice2021.19.4.003>
- Varma, T., Volkmann, M. y Hanuscin, D. (2009). Preservice elementary teachers' perceptions of their understanding of inquiry and inquiry-based science pedagogy: Influence of an elementary science education methods course and a science field experience. *Journal of Elementary Science Education*, 21(4), 1-22. <https://doi.org/10.1007/BF03182354>
- Velthuis, C., Fisser, P. y Pieters, J. (2014). Teacher training and pre-service primary teachers' self-efficacy for science teaching. *Journal of Science Teacher Education*, 25(4), 445-464.
<https://doi.org/10.1007/s10972-013-9363-y>

- Verdugo, J. J., Solaz, J. J. y Sanjosé, V. (2016). Pre-service primary school teachers' science content knowledge: An instrument for its assessment. *International Journal of Innovation in Science and Mathematics Education*, 24(2), 37-51.
<http://hdl.handle.net/10550/55057>
- Verdugo, J. J., Solaz, J. J. y Sanjosé, V. (2017). El conocimiento didáctico del contenido en ciencias: estado de la cuestión. *Cadernos de Pesquisa*, 47(164), 586-611.
<https://doi.org/10.1590/198053143915>
- White, D. y Delaney, S. (2021). Full STEAM ahead, but who has the map for integration? – A PRISMA systematic review on the incorporation of interdisciplinary learning into schools. *International Journal on Math, Science and Technology Education*, 9(2), 9-32. <https://doi.org/10.31129/LUMAT.9.2.1387>