

La brecha digital en la enseñanza de las ciencias en España durante las leyes educativas LOE y LOMCE

Iraya Yáñez-Pérez (autora de contacto)

Doctoranda de la Universidad de Burgos (España)

iyanez@ubu.es | <https://orcid.org/0000-0002-5260-2228>

Radu Bogdan Toma

Profesor ayudante doctor de la Universidad de Burgos (España)

rbtoma@ubu.es | <https://orcid.org/0000-0003-4846-7323>

Jesús Ángel Meneses-Villagrà

Catedrático de escuela universitaria de la Universidad de Burgos (España)

meneses@ubu.es | <https://orcid.org/0000-0003-4839-0418>

Extracto

Las últimas dos reformas curriculares en España, la LOE (Ley orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de educación) y la LOMCE (Ley orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, para la mejora de la calidad educativa), han promovido la integración de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) en la enseñanza de las ciencias de la naturaleza. Sin embargo, el papel de estas reformas en la práctica pedagógica del profesorado (hombres y mujeres) es un aspecto poco investigado. Este estudio examina en qué medida docentes de educación primaria ($N = 719$) han utilizado las TIC para la enseñanza de las ciencias durante estas leyes educativas y qué papel ha desempeñado en ello el desarrollo profesional continuo. A tal efecto, se realiza un análisis secundario de TIMSS 2011 y TIMSS 2015, cuya recolecta de datos se produjo durante la LOE y la LOMCE respectivamente. Los resultados muestran que i) hubo poca disponibilidad de ordenadores y tabletas digitales para el alumnado; ii) se produjo un uso sumamente escaso de las TIC para la enseñanza de las ciencias, sin una mayor frecuencia durante la LOMCE que en la LOE; iii) el profesorado participó escasamente en cursos de formación profesional continua sobre las TIC; y iv) el profesorado que sí participó en dichos cursos ha integrado más frecuentemente las TIC en sus clases de ciencias. Estos hallazgos son preocupantes, ya que revelan un modesto impacto de las reformas educativas en las estrategias y recursos didácticos empleados por el profesorado para la enseñanza de las ciencias, lo que redundará en un *statu quo* de la educación científica española.

Palabras clave: tecnologías de la información y la comunicación (TIC); enseñanza de las ciencias; educación primaria; ordenadores; reformas educativas; LOE (Ley orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de educación); LOMCE (Ley orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, para la mejora de la calidad educativa); tecnología educacional.

Recibido: 21-11-2023 | Aceptado: 15-01-2024 | Publicado (anticipado): 14-06-2024

Cómo citar: Yáñez-Pérez, I., Toma, R. B. y Meneses-Villagrà, J. Á. (2024). La brecha digital en la enseñanza de las ciencias en España durante las leyes educativas LOE y LOMCE. *Tecnología, Ciencia y Educación*, 29, 133-150. <https://doi.org/10.51302/tce.2024.20151>

The digital gap in science education in Spain during the LOE and LOMCE educational laws

Iraya Yáñez-Pérez (corresponding author)

PhD student at the Universidad de Burgos (Spain)

iyanez@ubu.es | <https://orcid.org/0000-0002-5260-2228>

Radu Bogdan Toma

Assistant professor PhD at the Universidad de Burgos (Spain)

rbtoma@ubu.es | <https://orcid.org/0000-0003-4846-7323>

Jesús Ángel Meneses-Villagrà

Professor PhD at the Universidad de Burgos (Spain)

meneses@ubu.es | <https://orcid.org/0000-0003-4839-0418>

Abstract

The last two curricular reforms in Spain, the LOE (Organic Law 2/2006, of May 3, on Education) and the LOMCE (Organic Law 8/2013, of December 9, for the Improvement of Educational Quality), have promoted the integration of information and communication technologies (ICT) in science education. However, the role of these reforms in the pedagogical practice of teachers (men and women) is a little investigated aspect. This study examines to what extent Primary Education teachers ($N = 719$) have used ICT for science education during these educational laws and what role continuous professional development has played in this. To this end, a secondary analysis of TIMSS 2011 and TIMSS 2015 is carried out, whose data collection took place during the LOE and the LOMCE respectively. The results show that i) there was little availability of computers and digital tablets for students; ii) an extremely scarce use of ICT for science education, without greater frequency during the LOMCE than the LOE; iii) little participation of teachers in continuous professional training courses on ICT; and iv) teachers who did participate in such courses have more frequently integrated ICT into their science classes. These findings are concerning, as they reveal a modest impact of educational reforms on the strategies and didactic resources employed by teachers for science education, which results in a status quo of Spanish science education.

Keywords: information and communication technologies (ICT); science education; Primary Education; computers; educational reforms; LOE (Organic Law 2/2006, of May 3, on Education); LOMCE (Organic Law 8/2013, of December 9, for the Improvement of Educational Quality); educational technology.

Received: 21-11-2023 | Accepted: 15-01-2024 | Published (preview): 14-06-2024

Citation: Yáñez-Pérez, I., Toma, R. B. and Meneses-Villagrà, J. Á. (2024). The digital gap in science education in Spain during the LOE and LOMCE educational laws. *Tecnología, Ciencia y Educación*, 29, 133-150. <https://doi.org/10.51302/tce.2024.20151>

Sumario

1. Introducción
 - 1.1. Las TIC en la enseñanza de las ciencias
 - 1.2. Las TIC en el sistema educativo español
 2. Objetivos
 3. Método
 - 3.1. Diseño
 - 3.2. Participantes
 - 3.3. Instrumentos
 - 3.3.1. Prácticas docentes
 - 3.3.2. Formación profesional continua
 - 3.4. Análisis de datos
 4. Resultados
 5. Discusión
 6. Conclusiones
- Referencias bibliográficas

Nota: este estudio de investigación ha sido desarrollado en el marco de un proyecto financiado por la Agencia Estatal de Investigación de España (PID2020-117348RB-I00/AEI/10.13039/501100011033). Los datos empleados en su elaboración se encuentran publicados en TIMSS 2011 (<https://timssandpirls.bc.edu/timss2011/index.html>) y en TIMSS 2015 (<https://timssandpirls.bc.edu/timss2015>). Por otra parte, los autores del artículo declaran que todos los procedimientos llevados a cabo para la elaboración de este trabajo de investigación se han realizado de conformidad con las leyes y directrices institucionales pertinentes.

1. Introducción

La integración de las TIC en la enseñanza de las ciencias conduce a resultados educativos satisfactorios (Reeves y Crippen, 2021). Además, cuentan con una gran aceptación por parte del alumnado (Chaljub Hasbún *et al.*, 2022; Toma, 2023). En efecto, su uso ayuda a promover las prácticas científicas en el aula de ciencias, permitiendo recoger y analizar datos experimentales, visualizar y analizar fenómenos virtuales, expresar modelos con soporte digital y compartir información para argumentar en ciencias (López Simó *et al.*, 2017). De ahí que las reformas educativas de las últimas décadas en España, con esfuerzos encabezados por la LOE (2006), seguidos por la LOMCE (2013) y, recientemente, reafirmados por la LOMLOE (2020) –Ley orgánica 3/2020, de 29 de diciembre, por la que se modifica la Ley orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de educación–, hayan promovido su adopción por parte del profesorado, en general, y, en particular, para las clases de ciencias. Sin embargo, se desconoce en qué medida estas reformas educativas han tenido un impacto positivo en la adopción de estos recursos por parte del profesorado de educación primaria. Por lo tanto, el presente estudio aborda esta cuestión, con énfasis en la LOE y en la LOMCE.

1.1. Las TIC en la enseñanza de las ciencias

Las TIC son cada vez más importantes y populares en la educación científica. Las investigaciones existentes indican que el uso de las TIC, como ordenadores, tabletas o simulaciones, constituye una forma eficaz para la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias (Moreno Martínez y Franco-Mariscal, 2023). En efecto, Scalise *et al.* (2011) concluyeron, a partir de una revisión de 79 estudios, que los laboratorios virtuales y el uso de simulaciones en ciencias pueden contribuir al aprendizaje del alumnado. Del mismo modo, Smetana y Bell (2012) informaron de los hallazgos de 61 estudios empíricos sobre la eficacia y las implicaciones favorables de las simulaciones por ordenador en la enseñanza de las ciencias. Los resultados sugieren que las simulaciones pueden ser tan efectivas –si no más– como las prácticas pedagógicas tradicionales –es decir, basadas en clases expositivas y en el uso de libros de texto– para promover el aprendizaje de las ciencias, desarrollar habilidades procedimentales y facilitar el cambio conceptual.

En cuanto a los laboratorios virtuales, la literatura señala varias ventajas. Reducen las necesidades de equipamiento y materiales –a menudo costosos– y son accesibles en cualquier momento y desde cualquier lugar, ofreciendo al alumnado la oportunidad de trabajar a su propio ritmo (Bhargava *et al.*, 2006). Asimismo, los laboratorios virtuales producen

resultados de aprendizaje muy similares a los de los laboratorios prácticos tradicionales (Darrah *et al.*, 2014), a la vez que permiten al alumnado desarrollar habilidades prácticas a través de la experimentación (Aljuhani *et al.*, 2018). De hecho, el uso de las TIC en las clases de ciencias promueve el desarrollo cognitivo, ofrece una mayor variedad de experiencias, permite que el alumnado pueda relacionar la ciencia con sus propias experiencias y con otras del mundo real, aumenta su autogestión y facilita la recogida y presentación de datos (Webb, 2005).

En relación con el ámbito afectivo, Rutten *et al.* (2012) analizaron estudios cuasiexperimentales, publicados entre 2001 y 2010, que investigaron las simulaciones por ordenador como sustitución o mejora de la instrucción tradicional. En su revisión, encontraron pruebas sólidas que apoyan los efectos positivos de las simulaciones para mejorar las actitudes y las motivaciones. Cuando se utilizaron en entornos de laboratorio, la comprensión de la práctica, así como el desarrollo de habilidades prácticas de laboratorio, mejoraron. En la misma línea, Lee y Tsai (2013) realizaron una revisión bibliográfica centrada en las TIC en la educación en biología. Basándose en el análisis de contenido de 36 artículos, concluyeron que el uso de las TIC fomenta actitudes positivas hacia la biología, promueve habilidades cognitivas de orden superior y mejora la comprensión conceptual del alumnado. Estos hallazgos han sido ratificados por la reciente revisión sistemática de Reeves y Crippen (2021), que sintetizaron los resultados de 25 investigaciones publicadas entre 2009 y 2019 sobre el uso de laboratorios de realidad virtual. Los autores atribuyeron a estos recursos efectos positivos relacionados con la mejora de la motivación del alumnado, si bien esta podría deberse a la novedad de usar las TIC y no al diseño de las simulaciones.

1.2. Las TIC en el sistema educativo español

En el caso de España, contexto de este estudio, las TIC han tenido un papel importante en las leyes educativas que nos ocupan. Así, la LOE (2006) estableció el tratamiento de la información y la competencia digital como una de las competencias básicas a alcanzar en la educación primaria, que se articula para lograr uno de los objetivos centrales de esta etapa, el de «iniciarse en la utilización, para el aprendizaje, de las TIC, desarrollando un espíritu crítico ante los mensajes que reciben y elaboran» (p. 17.168). Así, propuso un bloque para la asignatura de Conocimiento del Medio Natural, Social y Cultural enfocado a la alfabetización en las TIC, con actividades orientadas al uso básico del ordenador, al manejo de un procesador de textos y a la búsqueda guiada en internet.

En términos similares, la LOMCE (2013) se hizo eco de estas medidas y fortaleció la promoción de las TIC; todo ello enmarcado bajo la competencia clave denominada «competencia digital». En relación con la asignatura de Ciencias de la Naturaleza, se potenció el uso de las TIC, aspecto que se establece como un objetivo común para todos los cursos de educación primaria:

[...] se debe iniciar a los alumnos y alumnas en el uso de las TIC, para buscar información y para tratarla y presentarla, así como para realizar simulaciones interactivas y representar fenómenos de difícil realización experimental (p. 19.366).

Asimismo, la LOMLOE fomenta la transformación digital de los espacios educativos y los entornos de aprendizaje. Conserva la «competencia digital» de la LOMCE e incorpora una nueva competencia, llamada «competencia matemática y en ciencia, tecnología e ingeniería» (competencia STEM [*science, technology, engineering and mathematics*]). En cuanto a la materia de Ciencias de la Naturaleza, se establece una competencia específica vinculada con el manejo de herramientas digitales.

En definitiva, el uso de las TIC para la enseñanza de las ciencias reporta importantes beneficios educativos, siendo, por tanto, un aspecto ampliamente promovido en las últimas leyes educativas de España –la LOE, la LOMCE y la LOMLOE–. Dada la reciente implementación de la nueva reforma educativa de la LOMLOE, resulta oportuno analizar los efectos que las anteriores reformas educativas han tenido en el uso de las TIC para la enseñanza de las ciencias por parte del profesorado de educación primaria.

2. Objetivos

Esta investigación tiene por objeto analizar en qué medida el profesorado ha empleado las TIC en las clases de ciencias durante la LOE y la LOMCE y qué papel ha desempeñado la formación profesional continua recibida en todo ello. Los hallazgos de este estudio son novedosos, relevantes y oportunos en tanto que revelan el uso de las TIC durante la enseñanza de las ciencias en la educación primaria del contexto español. Estos resultados permitirán evaluar cómo las reformas educativas afectan a la práctica docente y guiar futuros esfuerzos educativos hacia áreas que necesitan mejoras. Al respecto, se han formulado los siguientes objetivos generales (OG) de investigación:

OG1. Analizar el grado de uso de las TIC por parte del profesorado para la enseñanza de las ciencias durante la LOE y la LOMCE.

OG2. Evaluar la evolución del uso de las TIC para la enseñanza de las ciencias entre la LOE y la LOMCE.

OG3. Estimar la participación del profesorado en cursos de formación profesional continua para la integración de las TIC en la enseñanza de las ciencias durante la LOE y la LOMCE.

OG4. Examinar el impacto de la formación profesional continua en el uso de las TIC para la enseñanza de las ciencias durante la LOE y la LOMCE.

3. Método

3.1. Diseño

Se trata de un tipo de investigación de análisis secundario a partir de las ediciones 2011 y 2015 del TIMSS¹. Este estudio consta de un nuevo análisis de los datos procedentes de una investigación principal con el fin de responder a cuestiones complementarias (Cohen *et al.*, 2018). El objetivo es describir la realidad investigada sin hipótesis previas. La elección de este diseño se basa en la necesidad de obtener datos fiables recopilados durante leyes educativas pasadas. Este diseño es efectivo y eficiente, en tanto que permite aprovechar recursos existentes y analizar el impacto de las reformas educativas en retrospectiva. Cabe destacar que los informes finales de TIMSS no abordan estos objetivos ni reportan los análisis aquí desarrollados.

3.2. Participantes

La población objeto de estudio fue el profesorado del cuarto curso de educación primaria en España durante la recogida de datos de TIMSS 2011 y TIMSS 2015. Los datos de TIMSS 2011 fueron recolectados cinco años después de la implementación de la LOE y los de TIMSS 2015, dos años tras la implementación de la LOMCE. Por tanto, se puede considerar un tiempo adecuado para que las adaptaciones curriculares establecidas se vean reflejadas en la práctica docente. Cabe resaltar que el cuestionario docente de TIMSS 2019 prescindió de los ítems aquí analizados, por lo que no se incluyen dichos datos en esta investigación.

Con el diseño de muestreo bietápico empleado por TIMSS 2011 y 2015 se pretende obtener una muestra nacionalmente representativa de los centros educativos y de los estudiantes de cuarto curso de educación primaria. El tipo de muestreo fue el mismo en ambas ediciones y consistió en dos etapas: en la primera, se extrajo una muestra de escuelas de la población objetivo y, en la segunda, se seleccionaron una o más clases intactas de estudiantes, con sus respectivos docentes, de cada escuela de la muestra (Martin y Mullis, 2012; Martin *et al.*, 2016). Se emplearon dos formas de estratificación:

- **Explícita.** Consistió en crear un listado de escuelas para cada comunidad autónoma.
- **Implícita.** Consistió en clasificar las escuelas por su adscripción pública o privada dentro de cada comunidad autónoma y extraer una muestra de escuelas de cada listado.

¹ Trends in International Mathematics and Science (Estudio de las Tendencias en Matemáticas y Ciencias).

Como resultado de este muestreo participaron 200 docentes de 151 centros educativos en TIMSS 2011 (LOE) y 519 docentes de 358 centros educativos en TIMSS 2015 (LOMCE). El cuadro 1 recoge las características de la muestra de cada edición analizadas en este estudio.

Cuadro 1. Características de la muestra

	TIMSS 2011 (LOE)	TIMSS 2015 (LOMCE)
Género (%)		
Mujer	74	69
Hombre	21	29,60
Edad (%)		
< 25	0,50	1,20
25-29	7	7,90
30-39	17	27
40-49	27	20,20
50-59	38	33,50
≥ 60	5,50	6,40
Experiencia docente (años)		
Media	21,22	18,83
Desviación estándar	11,51	11,84
Mediana	21	16

Nota. Hubo datos perdidos para las tres variables:

- Género (4,40 %).
- Edad (3,90 %).
- Experiencia docente (5,40 %).

Fuente: elaboración propia.

3.3. Instrumentos

3.3.1. Prácticas docentes

Se analizaron los datos recolectados mediante el cuestionario «Uso de ordenadores para la enseñanza de las ciencias en la clase TIMSS», aplicado en ambas ediciones aquí analizadas. El cuestionario está compuesto por dos partes:

A) Parte 1

Consta de una pregunta dicotómica («sí» o «no»):

¿Disponen los alumnos de esta clase de ordenadores (incluidas las tabletas) para utilizarlos durante sus clases de ciencias? (ATBS05A [TIMSS 2011] y ATBS04A [TIMSS 2015]).

B) Parte 2

Está enfocada únicamente al profesorado que respondió de manera afirmativa y va precedida del siguiente epígrafe:

¿Con qué frecuencia le pide al alumnado realizar las siguientes actividades con ordenadores durante las clases de ciencias?

Se encuentra compuesta por cuatro ítems:

- Practicar habilidades y procedimientos.
- Buscar ideas e información.
- Realizar procedimientos o experimentos científicos.
- Estudiar fenómenos naturales mediante simulaciones (ATBS05CA-ATBS05CD [TIMSS 2011] y ATBS04CA-ATBS04CD [TIMSS 2015]).

Se empleó una escala Likert de frecuencia con cuatro opciones de respuesta («nunca o casi nunca», «una o dos veces al mes», «una o dos veces a la semana» y «todos o casi todos los días»). El alfa de Cronbach fue 0,87 para TIMSS 2011 y 0,74 para TIMSS 2015, lo que sugiere adecuados índices de fiabilidad (Cohen *et al.*, 2018).

3.3.2. Formación profesional continua

Se analizó un ítem relacionado con la formación continua del profesorado.

En los últimos dos años, ¿ha participado en el desarrollo profesional de alguno de los siguientes aspectos?

El ítem se refería a la integración de las tecnologías de la información en la ciencia (ATBS10D [TIMSS 2011] y ATBS08D [TIMSS 2015]). Se empleó una escala dicotómica («sí» o «no»). Dado que se trata de un ítem único, se desconoce la fiabilidad del mismo; el alfa de Cronbach no es un estadístico pertinente para este tipo de datos (Cohen *et al.*, 2018).

3.4. Análisis de datos

Para abordar los objetivos generales 1 y 3, se utilizó estadística descriptiva, analizando la frecuencia para cada práctica docente. Para los objetivos generales 2 y 4, se empleó estadística inferencial; concretamente, la prueba *t* de Student para muestras independientes, con la puntuación media de los cuatro ítems. Se empleó la *t* de Student dado que los datos cumplen con los supuestos de tamaño muestral ($n > 30$ para cada grupo), normalidad (curtosis y asimetría entre ± 2) y homogeneidad de la varianza ($p > 0,05$), según las sugerencias de Knapp (2018).

En concreto, para el objetivo general 2, se comprobaron las diferencias entre TIMSS 2011 y TIMSS 2015 para determinar en qué medida el cambio de la LOE a la LOMCE tuvo algún impacto en el uso de las TIC por parte del profesorado para la enseñanza de las ciencias. En cuanto al objetivo general 4, se examinó en qué medida el profesorado que participó en cursos de formación profesional continua usó con mayor frecuencia las TIC durante las clases de ciencia. Se utilizaron las directrices de Cohen para interpretar la importancia educativa de las diferencias estadísticamente significativas mediante el tamaño de efecto $d = 0,2$ (pequeño), $0,5$ (moderado) y $0,8$ (grande). Los análisis y las figuras se realizaron con el programa GraphPad Prism (versión 8.0.2) para Windows.

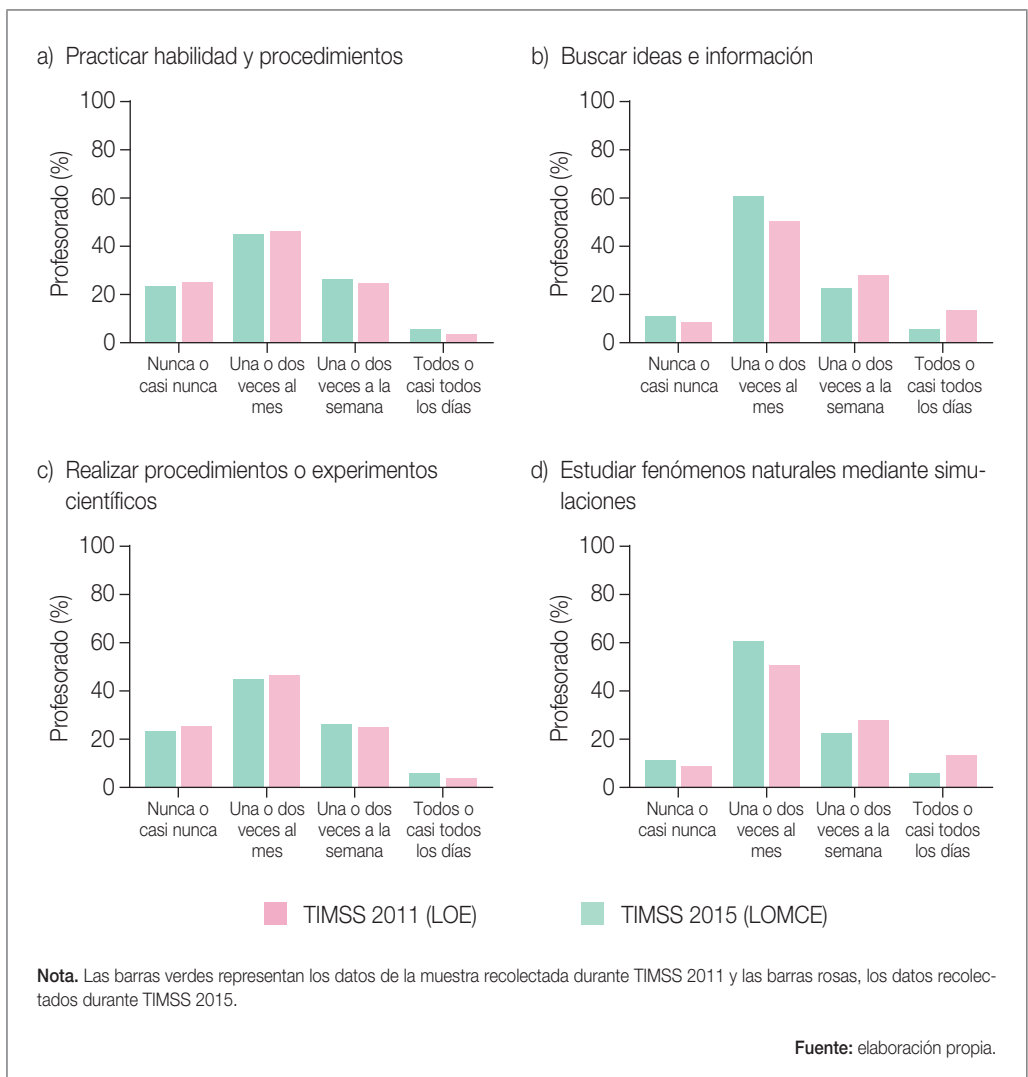
4. Resultados

A) OG1. Analizar el grado de uso de las TIC por parte del profesorado para la enseñanza de las ciencias durante la LOE y la LOMCE

Existió poca disponibilidad de las TIC durante las clases de ciencias durante ambas leyes educativas. Solo el 37,50 % (TIMSS 2011 [LOE]) y el 32,40 % (TIMSS 2015 [LOMCE]) del profesorado respondió afirmativamente al ítem «¿Disponen los alumnos de esta clase

de ordenadores (incluidas las tabletas) para utilizarlos durante sus clases de ciencias?». Por otro lado, entre el profesorado que sí disponía de ordenadores o tabletas en sus aulas, fueron pocos los que los utilizaron para la enseñanza de las ciencias (véase figura 1). Así, apenas la mitad los empleaba con su alumnado una o dos veces al mes para «practicar habilidades y procedimientos» o para «buscar ideas e información». Asimismo, casi la mitad declaró no haber utilizado nunca las TIC con su alumnado para «realizar procedimientos o experimentos científicos» o para «estudiar fenómenos naturales mediante simulaciones».

Figura 1. Actividades para las que se emplearon las TIC en las clases de ciencias

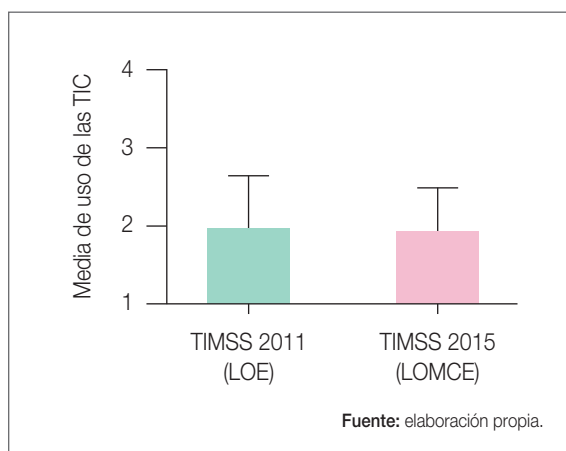


B) OG2. Evaluar la evolución del uso de las TIC para la enseñanza de las ciencias entre la LOE y la LOMCE

Como se puede observar con claridad en la figura 2, una prueba *t* de Student para muestras independientes revela que no hubo un avance estadísticamente significativo en el uso de las TIC por parte del profesorado para la enseñanza de las ciencias entre la LOE y la LOMCE ($t [225] = 0,29; p = 0,77$).

Es decir, tanto durante la LOE como durante la LOMCE, el profesorado de la muestra utilizó con poca frecuencia las TIC en las clases de ciencias, con una media de una o dos veces al mes aproximadamente.

Figura 2. Uso de las TIC por parte del profesorado durante la LOE y la LOMCE



C) OG3. Estimar la participación del profesorado en cursos de formación profesional continua para la integración de las TIC en la enseñanza de las ciencias durante la LOE y la LOMCE

En general, el profesorado ha asistido a poca formación profesional continua para la integración de las TIC en las clases de ciencias. Del profesorado que disponía de ordenadores o tabletas en sus clases, menos de la mitad (48 % TIMSS 2011 [LOE] y 39,30 % TIMSS 2015 [LOMCE]) cursaron una formación profesional continua sobre su uso para enseñar ciencias.

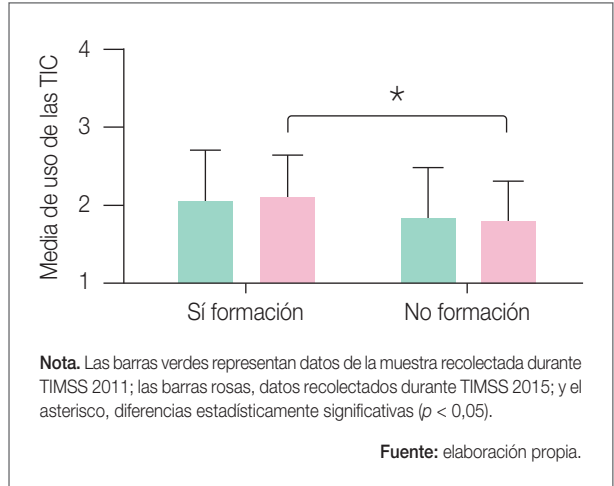
Los datos también reflejan un descenso en el número de profesorado de la LOMCE en comparación con el profesorado de la LOE que asistió a dicha formación.

D) OG4. Examinar el impacto de la formación profesional continua en el uso de las TIC para la enseñanza de las ciencias durante la LOE y la LOMCE

Como se puede observar claramente en la figura 3, una prueba *t* de Student para muestras independientes indica que, para los datos de TIMSS 2011 (LOE), no hubo una

diferencia estadísticamente significativa en la frecuencia de uso de las TIC entre el profesorado que asistió y el que no asistió a cursos de formación profesional continua en la integración de las TIC en las clases de ciencias ($t [63] = 1,24; p = 0,22$). No obstante, para los datos de TIMSS 2015 (LOMCE), sí se encontró una diferencia estadísticamente significativa a favor del profesorado que cursó la citada formación ($t [156] = 3,42; p < 0,01$), con un tamaño de efecto moderado ($d = 0,57$).

Figura 3. Frecuencia de uso de las TIC según la formación profesional continua



5. Discusión

La integración de las TIC está muy presente en las reformas curriculares que se están llevando a cabo para mejorar la educación científica. En los últimos años, la literatura científica se ha enfocado de manera especial en comprobar la utilidad de las TIC en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias (Lee y Tsai, 2013; Moreno Martínez y Franco-Mariscal, 2023).

En consecuencia, el uso de las TIC para una enseñanza de las ciencias mediante simulaciones o laboratorios virtuales tiene el potencial de mejorar el aprendizaje, la motivación y las actitudes del alumnado hacia las ciencias (Reeves y Crippen, 2021; Rutten *et al.*, 2012; Scalise *et al.*, 2011; Smetana y Bell, 2012). Sin embargo, se ha prestado poca atención al impacto que las reformas educativas tienen sobre las prácticas pedagógicas del profesorado, siendo este el principal objetivo del presente estudio.

Los resultados de esta investigación evidencian que, en general, apenas una tercera parte del profesorado encuestado tuvo acceso a herramientas TIC, como ordenadores y tabletas digitales, para las clases de ciencias. Por lo tanto, los datos de TIMSS 2011 y TIMSS 2015 indican que la disponibilidad y el uso de las TIC en las clases de ciencias fueron muy limitados durante las dos leyes educativas analizadas (LOE y LOMCE).

Además, solo un reducido porcentaje del profesorado que sí tuvo acceso a las TIC las utilizó para enseñar ciencias. La actividad más utilizada fue «buscar ideas e información», a razón de una o dos veces al mes, si bien fue empleada apenas por la mitad del profesorado

con acceso a las TIC. Sin embargo, el uso de las TIC para actividades que han demostrado ser beneficiosas para el aprendizaje y la motivación del alumnado por las ciencias, tales como «realizar procedimientos o experimentos científicos» o «estudiar fenómenos naturales mediante simulaciones», ha sido prácticamente inexistente en la escuela primaria durante la vigencia de ambas leyes educativas. Por último, los resultados de este estudio revelan que han sido muy pocos los docentes que asistieron a cursos de desarrollo profesional continuo relacionados con las TIC, a pesar de que estos repercuten favorablemente en la frecuencia de uso de las TIC en las clases de ciencias. Específicamente, este estudio señala que el profesorado que ha participado en una formación profesional continua adoptó el uso de las TIC con mayor frecuencia, especialmente en el contexto de la LOMCE.

Por lo tanto, este estudio revela que la educación científica permaneció ajena a las reformas curriculares y que las prácticas pedagógicas del profesorado no respondieron, en términos generales, a la demanda de la integración de las TIC. Estos resultados son preocupantes y no ofrecen apoyo a la aseveración de que las reformas curriculares mejoran las prácticas del profesorado para la enseñanza de las ciencias. Por el contrario, proporcionan pruebas de un *statu quo* en la educación científica en España. A este respecto, investigaciones previas ya han señalado que las prácticas docentes en las clases de ciencias se caracterizan, en su mayoría, por el uso de métodos de enseñanza tradicionales centrados en prácticas «magistocéntricas», como las clases expositivas, la lectura de libros de texto y la memorización (Cañal *et al.*, 2013, 2016; Romero-Ariza *et al.*, 2019).

Estos hallazgos no son un buen augurio para la integración de las TIC en la educación científica española. Ambas leyes educativas, la LOE y la LOMCE, instaron a las Administraciones y a los equipos directivos a promover el uso de las TIC en el aula como una herramienta didáctica adecuada e importante para el cumplimiento de los objetivos curriculares. En concreto, incluyeron la promoción de los recursos necesarios para garantizar el establecimiento de programas de refuerzo del aprendizaje de las TIC y medidas de apoyo al profesorado.

Además, ambas leyes educativas establecieron que las autoridades educativas deben promover la formación continua del profesorado en materia de digitalización (LOE y LOMCE). Sin embargo, los resultados muestran una realidad distinta, en la que la mayoría del profesorado no contaba con ordenadores o tabletas digitales para la enseñanza de las ciencias. Por lo tanto, ambas reformas curriculares fracasaron en el fomento del uso de las TIC en las clases de ciencias. A pesar de las medidas políticas en materia de educación, y de la proliferación de investigaciones educativas relativas a la incorporación de las TIC para la enseñanza de las ciencias (Aljuhani *et al.*, 2018; Moreno Martínez y Franco-Mariscal, 2023; Reeves y Crippen, 2021; Toma, 2023), las prácticas pedagógicas del profesorado siguen sin incorporar estos recursos educativos.

Como resultado, son mayoría los estudiantes españoles que no se benefician de las aportaciones de las TIC a la alfabetización científica.

Los resultados de esta investigación tienen importantes implicaciones. En primer lugar, estos hallazgos evidencian la necesidad de abordar las limitaciones en el acceso a las TIC en la escuela primaria en España. Por otro lado, también se requiere actualizar los programas de formación docente continua para garantizar una capacitación adecuada en el uso de las TIC y su integración significativa en el aula de ciencias.

Esta investigación revela que la educación científica permaneció ajena a las reformas curriculares y que las prácticas pedagógicas del profesorado no respondieron, en términos generales, a la demanda de la integración de las TIC

Asimismo, las reformas de la LOE y de la LOMCE no lograron modificar las prácticas pedagógicas en la enseñanza de ciencias; por lo tanto, parece necesario que futuros esfuerzos y reformas curriculares estén más relacionadas con la realidad de las aulas, involucrando al profesorado en su diseño e implementación. Esto se debe a que la adopción de las TIC para la enseñanza de las ciencias supone varios retos para el profesorado, entre ellos: seguridad, coste, funcionamiento del recurso, dificultades técnicas, competencia tecnológica, conexión a internet y conductas inapropiadas de los estudiantes (Yazici y Nakiboğlu, 2023).

Asimismo, se derivan implicaciones para futuras investigaciones. Se requiere investigar en el diseño y en la evaluación de programas y medidas específicas para esta cuestión. Para que el alumnado participe activamente en el aprendizaje de las ciencias, el quehacer docente ha de cambiar hacia enfoques basados en las TIC.

En este sentido, Lee *et al.* (2021) concluyen que la promoción de actitudes positivas del profesorado hacia los recursos TIC, como el uso de simulaciones computacionales, requiere resolver los problemas logísticos a los que estos se enfrentan, priorizar pedagogías activas, facilitar al profesorado su uso y adopción y, por último, atender sus necesidades de desarrollo profesional.

Según Kolil y Achuthan (2022), la expectativa de rendimiento y el hábito influyen asimismo en la intención de usar las TIC, como los laboratorios virtuales móviles. Este esfuerzo, arduo pero imprescindible, es urgente para evitar que la nueva reforma educativa de la LOMLOE quede relegada y desatendida.

Estos resultados allanan el camino para futuras investigaciones en tanto que señalan aquellos aspectos que han de mejorarse para la integración de las TIC en la enseñanza de las ciencias.

No obstante, aunque este estudio pone de manifiesto la escasa adopción de las TIC, no proporciona una explicación de las causas subyacentes a esta problemática. Se trata de un aspecto que demanda el desarrollo de futuras investigaciones de corte cualitativo.

6. Conclusiones

Esta investigación señala que el uso de las TIC para la enseñanza de las ciencias en España ha sido muy escaso durante las dos últimas leyes educativas, la LOE y la LOMCE. Los datos de TIMSS 2011 y TIMSS 2015 revelan que el profesorado de España ha tenido poca disponibilidad de recursos tecnológicos en sus aulas y que, cuando los ha tenido, solo la mitad los ha utilizado con fines didácticos.

Dicha situación no ha mejorado entre ambas leyes educativas, lo que indica una falta de avance en la integración de las TIC en el currículo de ciencias español. Además, el profesorado ha mostrado una baja participación en cursos de formación continua para el uso de las TIC, lo que ha influido negativamente en su utilización para la enseñanza de las ciencias, especialmente durante el periodo de la LOMCE.

Se recomienda realizar más estudios que profundicen en las causas y consecuencias de esta situación y que propongan medidas para favorecer un uso más frecuente y mejor de las TIC en la enseñanza de las ciencias en España.

Referencias bibliográficas

- Aljuhani, K., Sonbul, M., Althabiti, M. y Meccawy, M. (2018). Creating a virtual science lab (VSL): the adoption of virtual labs in Saudi schools. *Smart Learning Environments*, 5(16), 1-13. <https://doi.org/10.1186/s40561-018-0067-9>
- Bhargava, P., Antonakakis, J., Cunningham, C. y Zehnder, A. T. (2006). Web-based virtual torsion laboratory. *Computer Applications in Engineering Education*, 14(1), 1-8. <https://doi.org/10.1002/cae.20061>
- Cañal de León, P., Criado García-Legaz, A. M.^a, 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 de León, P., Criado García-Legaz, A. M.^a, García Carmona, A. y Muñoz Franco, G. (2016). Concepciones didácticas y práctica docente. En P. Cañal de León, G. Travé González, F. J. Pozuelos Estrada, A. M.^a Criado García-Legaz y A. García Carmona (Eds.), *La enseñanza sobre el medio natural y social. Investigaciones y experiencias* (pp. 177-205). Díada.
- Chaljub Hasbún, J., Peguero García, J. R. y Mendoza Torres, E. J. (2022). Aceptación tecnológica del uso de la realidad aumentada por estudiantes del nivel secundario:

- una mirada a una clase de Química. *Tecnología, Ciencia y Educación*, 23, 49-68. <https://doi.org/10.51302/tce.2022.864>
- Cohen, L., Manion, L. y Morrison, K. (2018). *Research Methods in Education* (8.ª ed.). Routledge.
- Darrah, M., Humbert, R., Finstein, J., Simon, M. y Hopkins, J. (2014). Are virtual labs as effective as hands-on labs for undergraduate physics? A comparative study at two major universities. *Journal of Science Education and Technology*, 23(6), 803-814. <https://doi.org/10.1007/s10956-014-9513-9>
- Knapp, H. (2018). *Intermediate Statistics Using SPSS*. Sage Publications, Inc.
- Kolli, V. K. y Achuthan, K. (2023). Longitudinal study of teacher acceptance of mobile virtual labs. *Education and Information Technologies*, 28, 7.763-7.796. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11499-2>
- Lee, W. C., Neo, W. L., Chen, D.-T. y Lin, T.-B. (2021). Fostering changes in teacher attitudes toward the use of computer simulations: flexibility, pedagogy, usability and needs. *Education and Information Technologies*, 26, 4.905-4.923. <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10506-2>
- Lee, S. W.-Y. y Tsai, C.-C. (2013). Technology-supported learning in secondary and undergraduate biological education: observations from literature review. *Journal of Science Education and Technology*, 22(2), 226-233. <https://doi.org/10.1007/s10956-012-9388-6>
- LOE. (2006). Ley orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de educación (BOE núm. 106, de 4 de mayo de 2006).
- LOMCE. (2013). Ley orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, para la mejora de la calidad educativa (BOE núm. 295, de 10 de diciembre de 2013).
- LOMLOE. (2020). Ley orgánica 3/2020, de 29 de diciembre, por la que se modifica la Ley orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de educación (BOE núm. 340, de 30 de diciembre de 2020).
- López Simó, V., Couso Lagarón, D., Simarro Rodríguez, C, Garrido Espeja, A., Grimalt Álvaro, C., Hernández Rodríguez, M.ª I. y Pintó Casulleras, R. (2017). El papel de las TIC en la enseñanza de las ciencias en secundaria desde la perspectiva de la práctica científica. *X Congreso Enseñanza de las Ciencias* (pp. 691-697). Sevilla.
- Martin, M. O. y Mullis, I. V. S. (2012). *Methods and Procedures in TIMSS and PIRLS 2011*. <https://timssandpirls.bc.edu/methods/index.html>
- Martin, M. O., Mullis, I. V. S. y Hooper, M. (2016). *Methods and procedures in TIMSS 2015*. <https://timssandpirls.bc.edu/publications/timss/2015-methods.html>
- Moreno Martínez, N. M. y Franco-Mariscal, A. J. (2023). Posibilidades didácticas de la herramienta de realidad aumentada ZapWorks en la enseñanza de las ciencias. Una experiencia con estudiantes de un Máster en Profesorado. *Tecnología, Ciencia y Educación*, 24, 91-118. <https://doi.org/10.51302/tce.2023.2808>
- Reeves, S. M. y Crippen, K. J. (2021). Virtual laboratories in undergraduate science and engineering courses: a systematic review, 2009-2019. *Journal of Science Education and Technology*, 30(1), 16-30. <https://doi.org/10.1007/s10956-020-09866-0>
- Romero-Ariza, M., Quesada, A., Abril, A. M.ª, Sorensen, P. y Oliver, M. C. (2019). Highly recommended and poorly used: English and Spanish science teachers' views of inquiry-based learning (IBL) and its enactment. *EUR-ASIA Journal of Mathematics, Science and*

Technology Education, 16(1), 1-16. <https://doi.org/10.29333/ejmste/109658>

Rutten, N., Joolingen, W. R. van y Veen, J. T. van der (2012). The learning effects of computer simulations in science education. *Computers & Education*, 58(1), 136-153. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.07.017>

Scalise, K., Timms, M., Moorjani, A., Clark, L., Holtermann, K. e Irvin, P. S. (2011). Student learning in science simulations: design features that promote learning gains. *Journal of Research in Science Teaching*, 48(9), 1.050-1.078. <https://doi.org/10.1002/tea.20437>

Smetana, L. K. y Bell, R. L. (2012). Computer simulations to support science instruction and learning: a critical review of the literature. *International Journal of Science Education*,

34(9),1.337-1.370.<https://doi.org/10.1080/09500693.2011.605182>

Toma, R. B. (2023). Measuring acceptance of block-based coding environments. *Technology, Knowledge and Learning*, 28, 241-251. <https://doi.org/10.1007/s10758-021-09562-x>

Webb, M. E. (2005). Affordances of ICT in science learning: implications for an integrated pedagogy. *International Journal of Science Education*, 27(6), 705-735. <https://doi.org/10.1080/09500690500038520>

Yazici, S.Ç. y Nakibođlu, C. (2023). Examining experienced chemistry teachers' perception and usage of virtual labs in chemistry classes: a qualitative study using the technology acceptance model 3. *Education and Information Technologies*, 1-34. <https://doi.org/10.1007/s10639-023-11985-1>

ID Iraya Yáñez-Pérez. Ingeniera Química por la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (España). Actualmente, está realizando una tesis doctoral en el Departamento de Didácticas Específicas de la Universidad de Burgos (España). Sus líneas de investigación están relacionadas con el diseño y desarrollo de recursos TIC para la mejora de las actitudes y la motivación científica.

ID Radu Bogdan Toma. Profesor ayudante doctor en el área de conocimiento de Didáctica de las Ciencias Experimentales de la Universidad de Burgos (España). Sus líneas de investigación están relacionadas con el desarrollo de modelos pedagógicos para la mejora de las actitudes y la motivación científica.

ID Jesús Ángel Meneses-Villagrà. Catedrático de escuela universitaria en el área de conocimiento de Didáctica de las Ciencias Experimentales de la Universidad de Burgos (España). Dirige el Grupo de Investigación Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias de la citada universidad (GIEC-UBU). Sus líneas de investigación principales son el diseño de metodologías y estrategias didácticas activas en la enseñanza de las ciencias en los distintos niveles de enseñanza.

Contribución de autores. I. Y.-P., R. B. T. y J. Á. M.-V. han participado a partes iguales en la elaboración de este estudio de investigación (incluyendo la conceptualización de la investigación, el tratamiento de los datos y la validación de los resultados). I. Y.-P. ha redactado la primera versión del manuscrito, que ha sido revisado posteriormente por R. B. T. y J. Á. M.-V.