



Uso de tecnologías avanzadas para la educación científica

Javier Arabit-García ¹ 

Pedro Antonio García-Tudela ¹ 

Paz Prendes-Espinosa ¹ 

¹Universidad de Murcia (UM), España

Resumen. La innovación educativa en el ámbito de la enseñanza científica ha demostrado en los últimos años la importancia de integrar tecnologías digitales. Para integrar estas tecnologías es necesario tener en cuenta el contexto y contar con profesorado formado en competencias digitales docentes. El objetivo de este artículo es analizar experiencias que puedan ser consideradas como buenas prácticas educativas apoyadas en tecnologías avanzadas en el ámbito de la educación científica y en todos los niveles educativos reglados. Se han utilizado criterios de selección que garanticen que son experiencias reales, que integran tecnologías y que presentan datos de evaluación. Como categorías de clasificación, se han considerado el nivel educativo (infantil, primaria, secundaria y universidad) y el tipo de tecnología utilizada (robótica, realidad extendida, plataformas/apps, videojuegos e inteligencia artificial), destacando el análisis del proyecto CREATE-Skills. Se basa en la creación de una plataforma colaborativa para promover la cooperación entre profesorado y familias con el fin de implementar una enseñanza activa de disciplinas científicas en primaria. La principal conclusión es la evidencia de la utilidad y los buenos resultados del uso de tecnologías en el ámbito de la enseñanza STEM y en todas las etapas del sistema educativo.

Palabras clave: tecnología avanzada; tecnología educacional; enseñanza de las ciencias; STEM; educación formal.

Uso de tecnologias avançadas para a educação científica

Resumo. A inovação educacional no campo do ensino da ciência tem demonstrado nos últimos anos a importância da integração das tecnologias digitais. Para integrar estas tecnologias, é necessário levar em conta o contexto e ter professores com competências digitais docentes. O objetivo deste artigo é analisar experiências que podem ser consideradas como boas práticas educacionais apoiadas por tecnologias avançadas no campo da educação científica e em todos os níveis da educação formal. Utilizaram-se critérios de seleção para garantir que fossem experiências reais, que integrassem tecnologias e que apresentassem dados de avaliação. Como categorias de classificação, consideraram-se o nível educacional (infantil, primário, secundário e universitário) e o tipo de tecnologia utilizada (robótica, realidade ampliada, plataformas/apps, videogames e inteligência artificial), destacando-se a análise do projeto CREATE-Skills. Baseia-se na criação de uma plataforma colaborativa para promover a cooperação entre professores e famílias com o fim de implementar o ensino ativo de disciplinas científicas na escola primária (ensino fundamental I). A principal conclusão é a evidência da utilidade e dos bons resultados do uso de tecnologias no campo da educação STEM e em todas as etapas do sistema educacional.

Palavras-chave: tecnologia avançada; tecnologia educacional; ensino de ciências; STEM; educação formal.

Use of advanced technologies for science education

Abstract. Educational innovation in the field of science education has demonstrated in recent years the importance of integrating digital technologies. To integrate these technologies, it is necessary to take into account the context and to have teachers trained in teaching digital skills. The aim of this article is to analyse experiences that can be considered as good educational practices supported by advanced technologies in the field of science education and at all levels of formal education. Some selection criteria have been used to guarantee that they are real experiences with digital technologies and that they present evaluation data. The educational level (infant, primary, secondary and university) and the type of technology used (robotics, extended reality, platforms/apps, video games and artificial intelligence) have been chosen as classification categories, highlighting the analysis of the CREATE-Skills project. It is based on the creation of a collaborative platform to promote cooperation between teachers and families in order to implement active teaching of scientific disciplines in primary school. The main conclusion is the evidence of the usefulness and good results of the use of technologies in the field of STEM education and at all stages and levels of the educational system.

Keywords: high technology; educational technology; science education; STEM; formal education.

1. Introducción

Si la educación científica siempre ha sido uno de los ámbitos curriculares en la enseñanza reglada obligatoria, ha adquirido en los últimos años un mayor protagonismo, si cabe, desde que se publicó la recomendación del Parlamento Europeo y del Consejo de 18 de diciembre de 2006, documento en el cual se identificó el ámbito STEM (*Science, Technology, Engineering and Mathematics*) como una de las competencias clave para el aprendizaje permanente y la formación de los ciudadanos del siglo XXI. En este mismo catálogo de competencias clave de la Comisión Europea aparece la competencia digital. Ambas competencias, digital y STEM, son el centro de interés de este trabajo, en el que se comienza aludiendo a la competencia digital como el pilar que permitirá el análisis del uso de tecnologías avanzadas en relación con la educación científica o competencia STEM.

Docentes, estudiantes y medios conforman el triángulo clásico de la interacción didáctica y en estos tres elementos se encuentran algunas de las claves más importantes a la hora de analizar la enseñanza de las disciplinas científicas y también las competencias digitales. A partir del modelo europeo se han ido conformando diversos modelos de análisis de la competencia digital de los docentes, entendiéndose que los profesores no solamente tienen que dominar habilidades técnicas de uso de las tecnologías digitales, sino también han de saber hacer un uso educativo de estas. El modelo internacional más conocido es el denominado DigComEdu (Redecker, 2017), aunque también existen otros como el Marco Común de Competencia Digital Docente (INTEF, 2017). Sin embargo, previamente a la publicación de estos modelos ya se había puesto el foco en la competencia tecnológica como parte fundamental de la competencia profesional de los educadores (Koehler y Mishra, 2009; Prendes y Gutiérrez, 2013).

En relación con los estudiantes está extendida la imagen de que al ser nativos o residentes digitales, dominan el uso de las tecnologías (Prensky, 2001; White y Le Cornu, 2011). Sin embargo, algunas investigaciones ponen de manifiesto que no siempre la competencia técnica responde a las necesidades de los estudiantes de integrar las tecnologías como herramientas de aprendizaje (Ferrero *et al.*, 2021; González *et al.*, 2018; Prendes *et al.*, 2017; Tadeu, 2020). Para profundizar en el aprendizaje incorporando tecnologías existe una amplia gama de investigación sobre Entornos Personales de Aprendizaje (Kupchuk y Litvinchuk, 2021; Prendes y Román, 2017; Serrano-Sánchez *et al.*, 2021) y sobre Ecologías de Aprendizaje (González-Sanmamed *et al.*, 2021; Mariel *et al.*, 2021; Prendes *et al.*, 2021; Valverde-Berrocoso, 2016).

Continuando con el triángulo de la interacción didáctica, el tercer vértice es el constituido por los medios, es decir, los instrumentos básicos para la comunicación que conforman un amplio campo de estudio por el continuo desarrollo de nuevas tecnologías que presentan muy importantes aplicaciones en educación, especialmente las denominadas como tecnologías avanzadas. Concretamente, se definen como los desarrollos tecnológicos más actuales sobre los que se están investigando las aplicaciones prácticas y reales que tienen en el contexto educativo (Prendes y Cerdán, 2021). Véase la tabla 1 con la clasificación que proponen estos autores. No obstante, es importante remarcar que las listas de tecnologías avanzadas no son estables, sino que quedan obsoletas y tienen que actualizarse. Además, Lengua *et al.* (2020) señalan que se caracterizan por su incertidumbre, costes, limitaciones, una vida útil corta y, en general, escasa investigación sobre ellas.

Tabla 1. Clasificación de las tecnologías avanzadas

Categoría	Tecnologías
Nueva realidad	- Realidad mixta/extendida - Realidad aumentada - Realidad virtual - Mundos virtuales
Computación	- Robótica - Pensamiento computacional - Inteligencia artificial
Datos	- Analíticas de aprendizaje - Procesamiento del lenguaje natural - Blockchain (cadenas de datos) - Big data
Conectividad	- Internet de las cosas - 5G - Computación en la nube - Industria conectada - Domótica
Herramientas	- Plataformas - Apps - Robots - Dispositivos de comunicación hombre-máquina - Videojuegos

Fuente: basado en Prendes y Cerdán (2021).

Todas estas herramientas digitales están formando parte del sistema educativo independientemente del nivel (educación infantil, primaria, secundaria o superior). En la figura 1 se exponen los principales ejes de interés y de investigación en relación con la aplicación de las tecnologías digitales a la enseñanza, ámbitos que a su vez constituyen los grandes retos que se presentan para los próximos años, también en el proceso de digitalización de la enseñanza STEM.



Figura 1. Tendencias educativas actuales en torno a las tecnologías avanzadas.

Fuente: Prendes y Cerdán (2021, p. 44).

2. Tecnologías avanzadas y su uso en la enseñanza de las STEM: una revisión de propuestas educativas

El uso de tecnologías avanzadas en el ámbito de la educación científica es una realidad que está propiciando diferentes oportunidades en todos los niveles educativos. Evidencia de ello es la selección de buenas prácticas que se recoge en el apartado 2.2 (tabla 3). Nuestro objetivo general ha sido el análisis de estas buenas prácticas de uso de tecnologías avanzadas para la educación científica en el ámbito de la enseñanza reglada.

2.1 Método

Se ha diseñado una investigación documental basada en el análisis de contenido y apoyada en procedimiento en dos fases de investigación. En una primera fase se ha llevado a cabo una búsqueda documental. Con un procedimiento de búsquedas booleanas, se ha realizado la indagación en cuatro bases de datos y buscadores especializados de uso más frecuente en la investigación educativa (WoS, Scopus, Dialnet y Google Académico), aplicando los descriptores (en inglés y en español) recogidos en la tabla 2 y el criterio temporal de que sean trabajos publicados entre 2016 y 2021.

Tabla 2. Descriptores para realizar la búsqueda de buenas prácticas de enseñanza científica con tecnologías avanzadas

	Descriptores en inglés	Descriptores en español
Niveles educativos	"Early-childhood-education" OR "preschool" "Primary-education" OR "elementary-education" "Secondary-education" OR "high-school" "University" OR "higher-education"	"Educación infantil" O "preescolar" "Educación primaria" "Educación secundaria" "Universidad" O "educación superior"
Tecnologías avanzadas	"Robotics" OR "programming" "Extended-reality" OR "virtual-reality" OR "augmented-reality" "Learning-platform" OR "learning-management-system" OR "app" OR "digital-application" "Video-game" OR "serious-game" OR "digital-gamification" "Artificial-intelligence" OR "smart technology" OR "adaptive-learning"	"Robótica" O "programación" "Realidad extendida" O "realidad virtual" O "realidad aumentada" "Plataforma de enseñanza" O "Sistema de gestión de aprendizaje" O "app" O "aplicación digital" "Videojuego" O "juego serio" O "gamificación digital". "Inteligencia artificial" O "tecnología inteligente" O "aprendizaje adaptativo"
Contenidos	"STEM" OR "STEAM" OR "science" OR "maths" OR "technology" OR "engineering"	"STEM" O "STEAM" O "Ciencias" O "Matemáticas" O "tecnología" O "ingeniería"

Fuente: elaboración propia.

En una segunda fase se ha procedido al filtrado de información a través de la revisión de título, resumen y descriptores. Una vez filtrados los trabajos, se ha llevado a cabo la selección de buenas prácticas dentro de cada categoría (etapa educativa y las diversas tecnologías) teniendo en cuenta los criterios de ser experiencias reales, con aplicación práctica, vinculadas a un proyecto y con datos de evaluación.

2.2 Resultados

Atendiendo a los resultados según las búsquedas aplicadas, es posible afirmar que se están trabajando las STEM con las diferentes tecnologías avanzadas en todos los niveles educativos. Sin embargo, se halla una significativa desproporción en cuanto al volumen de publicaciones, puesto que la educación superior supera notablemente a los niveles educativos inferiores en relación con el número de trabajos sobre cada una de las tecnologías. Por ejemplo, mientras que educación primaria tiene asociados 161 trabajos de robótica, la educación superior tiene 13039 (figura 2).

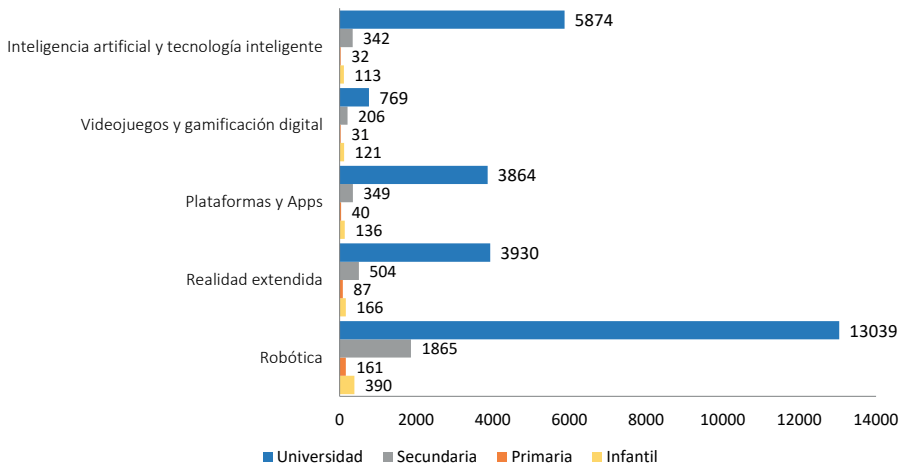


Figura 2. Resultados en bruto de las búsquedas booleanas en Scopus (2016-2021). Fuente: elaboración propia.

Para el filtrado de los trabajos, se ha utilizado una técnica de análisis documental a partir de la información de título, resumen y descriptores. Una vez seleccionados los casos, se ha procedido a su lectura completa para poder extraer algunas conclusiones de interés para los docentes o investigadores interesados en este ámbito de la educación científica con TIC. El listado completo de trabajos seleccionados aparece recogido en la tabla 3. A continuación, se comentarán y analizarán en relación a las categorías de las tecnologías que se aplican.

Tabla 3. Selección de buenas prácticas para enseñar STEM con tecnologías avanzadas en diferentes niveles educativos

	E. Infantil	E. Primaria	E. Secundaria	E. Superior
Robótica	Turan y Aydoğdu (2020)	Casado y Checa (2020)	Orquín <i>et al.</i> (2017)	Rattaro <i>et al.</i> (2020)
	Aranda <i>et al.</i> (2019)	Hurtado y Santamaría (2019)	Bampasidis <i>et al.</i> (2021)	Christoforou <i>et al.</i> (2019)
Realidad extendida (RA y RV)	Marín <i>et al.</i> (2016)	Demitriadou <i>et al.</i> (2020)	Roqueta (2018)	Mesa (2019)
	Marín y Muñoz (2018)	Bogusevschi y Muntean (2020)	Ribera y Cuadrado (2016)	Aquilino <i>et al.</i> (2018)
Plataformas y Apps	Mera <i>et al.</i> (2019)	Arabit <i>et al.</i> (2020, 2021)	Kaneko y Maki-no (2020)	Ballesteros-Ballesteros <i>et al.</i> (2020)
	Schacter y Jo (2017)	Rivero y Suárez (2017)	García-Holgado <i>et al.</i> (2020)	Carvajal <i>et al.</i> (2019)
Videojuegos y herramientas digitales de "gamificación"	Sampedro <i>et al.</i> (2017)	García-Tudela, (2018)	Campos y Torres (2017)	Vergne <i>et al.</i> (2020)
		Galindo-Domínguez (2019)	Ye <i>et al.</i> (2018)	(Saorín <i>et al.</i> , 2017)
Inteligencia artificial y tecnologías inteligentes	Alsina y Salgado (2021)	Pareto (2014)	Auccahuasi, <i>et al.</i> (2018)	Binh <i>et al.</i> , (2021)
		Lane (2021)	Cui <i>et al.</i> (2019)	Krechetov y Romanenko (2020)

Fuente: elaboración propia.

2.3 Robótica y STEM

Tal y como se ha presentado en la figura 3, la robótica es la tecnología avanzada sobre la que más trabajos científicos se han publicado, incluso en las etapas educativas iniciales. Con relación a educación infantil, cabe destacar que existe un mayor número de publicaciones que en primaria. Asimismo, se han seleccionado dos trabajos que evidencian la diversidad de cómo se está utilizando la robótica en esta etapa educativa.

Por un lado, Turan y Aydoğdu (2020) exponen cómo utilizar la robótica de una manera extendida en el tiempo para favorecer la iniciación hacia el proceso científico por parte del alumnado. En otras palabras, este es un ejemplo de cómo implementar la robótica poniendo el foco de atención en la codificación con el fin de desarrollar habilidades científicas. Se podría afirmar que es incluso uno de los principales objetivos de la robótica, ya que el creciente interés por implementarla en el contexto educativo es debido a las posibilidades de desarrollar el pensamiento computacional del alumnado

y despertar conciencias científicas (Sánchez-Vera, 2021), el cual se define a través de diferentes habilidades muy relacionadas con las trabajadas por Turan y Aydoğdu (2020), es decir, la descomposición, el reconocimiento de patrones, el pensamiento algorítmico, entre otras. En relación con los resultados extraídos, al comparar el grupo control con el experimental, cabe afirmar que los ejercicios de codificación robótica consiguieron favorecer el desarrollo de las habilidades científicas de los estudiantes.

Por otro lado, el trabajo de Aranda *et al.* (2019) es un ejemplo de propuesta didáctica que consiste en utilizar la robótica como un recurso más en el aula con el objetivo de trabajar algún contenido curricular, en este caso concreto de matemáticas (geometría, conteo, resolución de problemas, etc.). De este trabajo se extrae que a través de la robótica se favorece la interdisciplinariedad, ya que, aunque el foco era el trabajo de las matemáticas, simultáneamente también se han abordado contenidos relacionados con la ecología. Además, tras implementar esta experiencia, Aranda *et al.* (2019) concluyen que el uso de *blue-bots* ha propiciado la motivación, la perseverancia y la optimización del aprendizaje. Concretamente, señalan que se han visto beneficiados algunos procesos matemáticos como la resolución de problemas, la toma de decisiones, etc. Asimismo, afirman que la robótica no solo es un recurso para trabajar diferentes contenidos curriculares, sino que también promueve la autorregulación del aprendizaje.

En educación primaria se vuelve a poner el acento en el desarrollo del proceso científico y el caso de Casado y Checa (2020) es un óptimo ejemplo para apreciar la complejidad que se añade respecto al nivel anterior. De manera más específica, estos autores apuestan por trabajar a través de la metodología de Aprendizaje Basado en Problemas (ABP), ya que plantean un reto colaborativo al alumnado (montar y programar un robot) con el fin de competir contra otros equipos. De tal forma que, debido a este proyecto extendido en el tiempo durante una veintena de sesiones, el alumnado de primaria ha trabajado de manera globalizada contenidos relacionados con la ciencia, la ingeniería, la tecnología y las matemáticas. A pesar de que la puesta en práctica no se ha comparado con un grupo control, los resultados del pre-test y post-test arrojan diferencias estadísticamente significativas, las cuales llevan a afirmar que la aplicación de la propuesta ha propiciado un mayor desarrollo de la capacidad creativa y de la resolución de problemas del alumnado.

Los ejemplos que se han expuesto hasta el momento son iniciativas que se han llevado a cabo durante un tiempo prolongado, aunque la robótica educativa también se está utilizando de manera puntual para trabajar algunos contenidos relacionados con las STEM. Este es el caso de Hurtado y Santamaría (2019), el trabajo expone cómo utilizaron un robot *bee-bot* con el que el alumnado aprendía contenidos de Ciencias Naturales. De manera añadida, también se debe destacar que en este trabajo se compara un grupo experimental que utiliza el robot con un grupo control, extrayendo como principal conclusión que existen diferencias significativas a favor de los estudiantes que utilizaron el recurso tecnológico en el sentido de que ha mejorado su aprendizaje y su interés por los contenidos científicos.

Con relación a secundaria, el primer ejemplo se ha escogido para mostrar que no solo se están utilizando robots mediáticos para trabajar las STEM, sino que también existen proyectos como el de Orquín *et al.* (2017) a través del que propone a

su alumnado montar una impresora 3D y programarla para que consiga funcionar. En este caso no solo se trabajan competencias propias de la tecnología y la ingeniería, ya que una vez que se consiguió el objetivo mencionado, los estudiantes diseñaron figuras geométricas complejas para profundizar en conceptos matemáticos. Complementariamente, los autores reconocen que se han visto beneficiadas dos vertientes de los estudiantes: por un lado, la construcción de los conocimientos trabajados con el proyecto, y por otro lado, el autoconcepto, debido a las habilidades transversales que han puesto en práctica, como a la hora de exponer y difundir su trabajo.

Por otro lado, el trabajo de Bampasidis *et al.* (2021) es un ejemplo de proyecto a gran escala, ya que más de 300 equipos de estudiantes diseñan un robot submarino programable y operado a distancia para explorar y experimentar en el fondo marino. A través de esta iniciativa se desarrollan diferentes competencias STEM, aunque destacan las relacionadas con la ingeniería y la ciencia. En relación con los resultados, más del 90% de los profesores que participaron en la iniciativa reconocen que están satisfechos con las competencias que han desarrollado sus estudiantes y aseguran que ha sido un proyecto clave para influir en sus perspectivas profesionales.

A nivel universitario se exponen dos ejemplos muy diferentes a los recogidos hasta el momento. En primer lugar, el trabajo de Christoforou *et al.* (2019) presenta una liga de competición robótica a través de la cual los estudiantes tenían que ir mejorando su programación y el diseño de su robot según fuesen avanzando en la clasificación, propuesta que trabaja contenidos curriculares y, a la par, aspectos motivacionales. Asimismo, en la educación superior también se están desarrollando experiencias como la de Rattaro *et al.* (2020) que consiste en organizar eventos apoyados en la robótica para presentarlos en los centros de educación secundaria y así, despertar el interés de las estudiantes hacia los grados relacionados con las STEM. En cuanto a los resultados, a pesar de la inexistente experiencia de los 70 estudiantes en el montaje y la programación de circuitos, pudieron resolver las tareas con éxito y, además, al conocer el grado de ingeniería eléctrica abrieron sus posibilidades profesionales.

2.4 Realidad extendida y STEM

Los dos ejemplos que se han escogido para educación infantil consisten en la utilización puntual de una aplicación de realidad aumentada para reforzar el trabajo en el ámbito científico. En el trabajo de Marín *et al.* (2016) se utiliza la aplicación *Quiver*, y en el caso de Marín y Muñoz (2018) utilizan la aplicación *ChromVille* para recrear y enriquecer contenidos relacionados con las Ciencias. Concretamente, en el primer caso para recrear elementos del medio físico como volcanes, mientras que en el segundo se usa para trabajar las partes y el funcionamiento del cuerpo humano. Los autores de estos trabajos destacan que es una óptima tecnología para el nivel de infantil debido a que favorece la autonomía y la experimentación del entorno evitando peligros y riesgos. Asimismo, también se reconoce que es una óptima forma de explorar la realidad desde una perspectiva diferente a través de la que se incrementa la motivación y se contribuye a un aprendizaje por descubrimiento. Sin embargo, se necesita de la dotación tecnológica necesaria que tal y como señalan, en su caso también fue uno de los hándicaps para desarrollar las actividades de manera adecuada.

Demitriadou *et al.* (2020) utilizan en educación primaria la realidad extendida con el objetivo de paliar una dificultad que el profesorado identificó entre su alumnado, concretamente, la representación de figuras geométricas en dos o tres dimensiones. A través de la realidad aumentada y la realidad virtual se pretendía mejorar el interés de los estudiantes hacia estos contenidos y mejorar su aprendizaje. Finalmente, tras aplicar una propuesta de innovación con estas tecnologías se obtuvo que se había mejorado la interactividad y el interés de los estudiantes.

Esta tecnología avanzada tiene amplias posibilidades para la educación de las STEM, ya que incluso puede facilitar la inmersión del alumnado en un laboratorio sin moverse de clase. Este es el caso de Bogusevschi y Muntean (2020), el cual consistió en utilizar simuladores y realidad virtual en tres dimensiones para que el alumnado se sintiese parte del escenario recreado y así, pudiese realizar diferentes experimentos científicos en un entorno seguro y controlado, lo cual es una ventaja cuando no se tiene experiencia con dichas situaciones manipulando elementos claves de. Sin embargo, del análisis de sus resultados a través de una comparativa del grupo control y experimental se extrae que es una herramienta digital recomendable sobre todo para revisar o repasar un contenido ya trabajado en clase.

En relación con educación secundaria, uno de los ejemplos que se ha escogido es, principalmente, porque se trata de un trabajo que recoge diferentes aplicaciones digitales para diseñar escenas de realidad aumentada. De esta forma, se evidencia que la enseñanza de las STEM a través de la realidad extendida no está limitada únicamente a las aplicaciones ya existentes, sino que incluso se pueden crear escenas totalmente nuevas. Este es el caso de Roqueta (2018), en el que se crean imágenes activadoras por ejemplo con una fotografía de sulfuro de cinc para que cuando sean escaneadas se puedan apreciar sus redes cristalinas iónicas en tres dimensiones.

En este mismo nivel también se ha escogido la experiencia de Ribera y Cuadrado (2016) porque ejemplifican como utilizar simultáneamente recursos analógicos como piezas de LEGO y realidad aumentada para enseñar conceptos matemáticos como las matrices y sus operaciones. En cuanto a los resultados de la experiencia, los autores destacan que se ha creado una guía didáctica sobre la propuesta, útil para otros profesores que quieran replicarla, y por otro lado, en relación a los estudiantes, destacan que estos se han beneficiado del proyecto a la hora de construir aprendizajes significativos relacionados con algunos procesos abstractos y conceptos matemáticos.

A nivel universitario se expone el diseño de la propuesta didáctica de Mesa (2019), principalmente, porque hasta el momento todas las experiencias presentadas dotan al alumnado del rol de consumidor de la información recreada con realidad aumentada o virtual, mientras que en este caso se propone al estudiante como diseñador de escenas virtuales, concretamente relacionadas con la radiación nuclear, trabajando así una dimensión básica de la competencia digital como es la producción de recursos.

Por otro lado, Aquilino *et al.* (2018) recoge otra experiencia de un laboratorio virtual para mejorar la alfabetización científica de estudiantes de secundaria o educación superior, pero destacando que es un recurso educativo abierto disponible para cualquier estudiante que pueda estar interesado.

2.5 Plataformas, apps y STEM

En educación infantil se han seleccionado dos ejemplos que consisten en programas educativos implementados durante varias semanas para trabajar contenidos matemáticos a través de diferentes aplicaciones digitales. Concretamente, Mera *et al.* (2019) se basan en plataformas como *Mon el Dragón*, la cual contiene diferentes recursos (vídeos, fichas, retos, etc.) relacionados con las matemáticas, como el conteo en una línea numérica, iniciación al cálculo, comparación de cantidades etc. De manera complementaria, esta plataforma también tiene otras herramientas como una agenda electrónica para el docente, hojas de seguimiento a nivel de centro o de clase, etc. En este caso se hace uso de un grupo control y dos grupos experimentales, deduciéndose que el uso de *apps* digitales puede influir positivamente en el desarrollo de la competencia matemática en estudiantes con o sin riesgo de sufrir dificultades del aprendizaje como discalculia.

De manera muy similar y con el fin de mostrar que son numerosas las posibilidades que existen, Schacter y Jo (2017) optaron por utilizar durante un trimestre la aplicación *Math Shelf*, una plataforma basada en más de mil actividades matemáticas infantiles (aritmética temprana, geometría, dinero, medidas, fracciones, etc.). Además, también permite crear avatares para cada estudiante, hacer un seguimiento de la evaluación, enviar informes sobre el progreso a las familias, etc. Los resultados de este trabajo evidencian estadísticamente que, tras una dedicación constante de más de cinco meses implementando el *software*, los estudiantes aumentaron significativamente su rendimiento matemático.

La experiencia de Rivero y Suárez (2017) se ha seleccionado porque hace alusión a *mati-tec*, una aplicación móvil financiada por diferentes instituciones y que se ha aplicado de manera masiva en diferentes escuelas de primaria hispanoamericanas para desarrollar la competencia matemática de una manera dinámica. Se debe destacar que cada alumno avanza a un ritmo diferente y por diversos temas en virtud de las preguntas de opción múltiple que periódicamente tiene que responder. Con el fin de comprobar la eficacia de esta aplicación, se distribuyeron 311 estudiantes en grupos de control y experimental en Lima y Arequipa. De manera general, cabe destacar que los resultados evidencian una mejora del aprendizaje de las matemáticas en los estudiantes de 4.º de primaria, así como un incremento de su motivación y su autoeficacia.

Las tres experiencias presentadas hasta este punto se basan principalmente en las matemáticas. En el ámbito más vinculado a las ciencias experimentales, Arabit *et al.* (2020, 2021) describen su participación en un proyecto europeo en el cual se diseña una plataforma (CREATE-Skills) para la enseñanza de las STEM de manera globalizada a partir de métodos activos (*learning-by-doing*) y con el objetivo de promover la colaboración escuela-familia. En el apartado 3 del artículo recogeremos los principales resultados del proyecto y de la experiencia implementada en las aulas.

En cuanto a la educación secundaria, el caso de Kaneko y Makino (2020) consiste en una experiencia que utiliza una aplicación concreta basada en un microscopio virtual. A partir de esta, el alumnado tiene la posibilidad de manipular y ajustar

los controladores para alcanzar el objetivo perseguido. Además, si el microscopio se configura de una manera errónea, la misma aplicación activa una alerta para que el estudiante solucione el problema.

También en el nivel de secundaria, la aplicación presentada por García-Holgado *et al.* (2020) es interesante debido a que su finalidad es totalmente diferente a todas las expuestas. Principalmente, porque a través de esta herramienta digital se pretende motivar a las alumnas a matricularse en estudios vinculados a las STEM y paliar así la brecha de género que existe en estas disciplinas. De una manera más específica, esta aplicación contiene entrevistas a profesionales del ámbito científico o de la ingeniería, presentaciones sobre mujeres influyentes en el ámbito STEM a lo largo de la historia, etc.

En educación superior son numerosas las aplicaciones que se están implementando en torno a las STEM y vinculadas a estudios del ámbito propio. Recogemos la de Ballesteros-Ballesteros *et al.* (2020), quienes emplearon la aplicación *GeoGebra* con estudiantes de ingeniería para aproximar al alumnado el concepto de límite. Otro ejemplo es el de Carvajal *et al.* (2019), quienes utilizan varias aplicaciones gratuitas como *phybox*, *sparkvue* con estudiantes del grado de física para estudiar el movimiento uniformemente acelerado. De ambos trabajos se obtienen unas conclusiones positivas en cuanto al uso de estos recursos en la educación superior y sus resultados, ya que mejoran el aprendizaje de conocimientos y subsanan la ausencia de laboratorios o material costoso, entre otras posibilidades.

2.6 Videojuegos, herramientas digitales de “gamificación” y STEM

Aunque pueda parecer que a priori la etapa de infantil no es la más adecuada para el uso de videojuegos, el trabajo de Córdoba y Ospina (2019) pone de manifiesto que los especialistas (tanto maestros, como pedagogos) consideran que los juegos digitales y los videojuegos pueden contribuir de forma efectiva a la construcción de aprendizajes significativos. En infantil, el ejemplo de Sampedro *et al.* (2017) consiste en la aplicación puntual de un videojuego didáctico, puesto que ha sido creado por la Universidad de Córdoba con una orientación educativa específica. Este recurso está estrechamente relacionado con una iniciación a conceptos propios de la ciencia. El videojuego ideado incluye cuatro minijuegos relacionados con el reciclaje, la iluminación, el agua y el sonido. En relación con los resultados extraídos del pre-test y post-test, se afirma que el empleo de videojuegos favorece el aprendizaje de conocimientos y actitudes positivas sobre el reciclaje en los niños participantes.

García-Tudela (2018) recoge un ejemplo de cómo “gamificar” digitalmente las matemáticas en primaria en una unidad didáctica completa. Para ello, la experiencia se basa en la creación de un blog, donde cada equipo de estudiantes consulta los diferentes retos publicados por el conocido personaje de videojuegos *El profesor Layton* con el objetivo de conseguir las insignias que están en juego. El alumnado reconoce la satisfacción con la propuesta implementada y el autor de la propuesta confirma la consecución de los objetivos educativos planteados.

Asimismo, el trabajo de Galindo-Domínguez (2019) se ha elegido porque es un recopilatorio de propuestas didácticas para trabajar las STEM con el famoso videojuego *Minecraft*; algunos de los contenidos curriculares que se proponen son

la materia y la energía, la tecnología, los objetos y las máquinas o la geometría. Este videojuego tiene, además, una parte de juego serio (*serious game*), es decir, videojuego educativo. Pero es necesario aclarar que se puede utilizar con finalidad educativa cualquier juego, más allá de la finalidad con la que ha sido creado. En esta línea, existen propuestas como la de Campos y Torres (2017), que muestran cómo han trabajado contenidos matemáticos en secundaria a través de algunos niveles del videojuego comercial *Final Fantasy XIII-2*.

En este mismo nivel educativo de secundaria, Ye *et al.* (2018) manifiestan que los videojuegos no tienen que aplicarse únicamente en el aula, sino que son una opción recomendable para utilizarlos en contextos donde se tenga un enfoque de clase invertida. En este caso, utilizan *Ballance* para trabajar la ley de movimiento de Newton y también *Angry Birds* para estudiar la conservación de energía mecánica. Asimismo, los resultados del trabajo evidencian que los estudiantes que utilizaron los videojuegos antes de clase mejoraron sus resultados generales de aprendizaje.

La experiencia universitaria de Vergne *et al.* (2020) ha sido seleccionada con el fin de mostrar que no solo se tienen que utilizar videojuegos o aplicaciones de “gamificación” ya existentes, sino que incluso se pueden diseñar desde cero a través de diferentes herramientas. En este caso, se opta por hacer uso de las herramientas de *Google* y así diseñar una habitación de escape virtual. Tras la experiencia se concluye que no solo se trabajan los contenidos curriculares, sino que también se favorece el desarrollo de otras habilidades como la reflexión colectiva.

Por último, Saorín *et al.* (2017) ejemplifican cómo combinar los videojuegos en el contexto universitario con otras tecnologías. En este caso, los estudiantes de ingeniería parten del videojuego *Minecraft* con el fin de diseñar objetos para más tarde imprimirlos en tres dimensiones. Como conclusión del trabajo se extrae que los estudiantes reconocen este juego digital como una buena herramienta para los objetivos perseguidos, y también afirman que, a través de la experiencia, han entendido mejor algunos contenidos, como los conceptos tridimensionales del dibujo técnico.

2.7 Inteligencia artificial, tecnologías inteligentes y STEM

En enseñanza infantil hay escasas experiencias con este tipo de tecnologías, pues lo más frecuente en esta etapa es el desarrollo de actividades con robots o pizarras interactivas. No obstante, se ha seleccionado el trabajo de Alsina y Salgado (2021) en el cual presentan una actividad de modelización matemática con estudiantes de 4-5 años que demuestra la capacidad de estos alumnos para resolver problemas reales con estas tecnologías y procesos de modelización.

El trabajo de Pareto (2014) nos muestra los resultados de aplicar la inteligencia artificial combinada con estrategias de “gamificación” para trabajar conceptos matemáticos con estudiantes de primaria. Su experiencia durante tres meses con 443 estudiantes de diferentes niveles demostró efectividad tanto en la construcción de aprendizajes significativos, como también interesantes resultados de tipo motivacional, especialmente en alumnado con dificultades en matemáticas. Lane (2021) ejemplifica con numerosas actividades para primaria el uso de la inteligencia artificial y el *machine-learning* apoyándose en Scratch. En primaria destacamos también los

trabajos de Emerling *et al.* (2020) o Underwood (2017), investigaciones que demuestran el potencial en primaria de los dispositivos inteligentes guiados por voz para tareas aplicables a cualquier ámbito disciplinar, también por supuesto las STEM.

En educación secundaria, Auccahuasi, *et al.* (2018) muestra cómo incentivar el desarrollo de competencias matemáticas relacionadas con la programación y la ingeniería a través de una herramienta interactiva basada en la inteligencia artificial. Concretamente, este recurso tiene tanto guías para el estudiante, como problemas de razonamiento matemático. Se concluye que los estudiantes que participaron mejoraron sus habilidades para resolver problemas matemáticos. Por otro lado, Cui *et al.* (2019) presentan una plataforma de aprendizaje adaptativo (*Yixue*) que también se ha utilizado con estudiantes de secundaria para la enseñanza de las matemáticas. Los resultados de este trabajo afirman que dicha tecnología inteligente optimiza el desempeño de los estudiantes en el campo de las matemáticas.

En cuanto a la educación superior, Binh *et al.* (2021) y Krechetov y Romanenko (2020) recogen dos experiencias similares apoyadas en el aprendizaje adaptativo. Por mencionar una de ellas, la primera consiste en una experiencia aplicada en un curso de programación en el que se ha hecho uso de un sistema de tutoría inteligente a través del que también se han sugerido materiales de aprendizaje personalizados. A través de esta experiencia se han conseguido demostrar algunos beneficios como la reducción del tiempo de aprendizaje o la mejora progresiva en la puntuación de la prueba, por lo que cabe afirmar que se optimiza el aprendizaje del alumnado. En González-Calatayud *et al.* (2021) se desarrolla una revisión sistemática de la literatura a través de la que se recogen numerosos ejemplos de sistemas de tutoría y sistemas de evaluación apoyados en la inteligencia artificial.

3. El proyecto CREATE-Skills: enseñanza científica, métodos activos y una plataforma colaborativa

El proyecto CREATE-Skills¹, financiado con fondos de la convocatoria Erasmus+ (referencia 2017-1-PT01-KA201-035981), ha demostrado el interés de las metodologías activas y los recursos digitales compartidos a través de una plataforma colaborativa, todo ello focalizado en el ámbito de las STEM en primaria. Entre 2017 y 2019 han colaborado centros educativos y grupos de investigación de cuatro países europeos (Portugal, Grecia, Lituania y España) para diseñar propuestas innovadoras apoyadas en tecnologías a través de las cuales se trabajan las disciplinas STEM.

Además del diseño de actividades para primaria, con este proyecto también se han llevado a cabo otras tareas como la implementación y la evaluación de las propuestas creadas; la formación a profesionales a partir de recursos digitales y guías; el desarrollo de una plataforma virtual² para alojar recursos, buenas prácticas y crear una comunidad virtual en torno a la enseñanza de las STEM y, por último, la elaboración de material complementario para las familias. Finalizado el proyecto, a continuación se presentan algunos de los resultados más significativos en cuanto a los recursos creados, la implementación de las propuestas, así como de la comunidad virtual que continúa activa.

¹ Sitio web del proyecto: <http://createskills.eu/>

² Sitio web de la plataforma: <http://www.steminschools.eu/es>

Las principales herramientas que incluye la plataforma colaborativa desarrollada con el proyecto CREATE-Skills son las siguientes:

- Una *biblioteca virtual* en la que los profesores pueden subir y descargar información (recursos, documentos, artículos...).
- Una *sala de reuniones* para la comunicación e intercambio de experiencias y actividades STEM entre docentes de primaria.
- Una *galería "hazlo tú mismo"* cuyo objetivo es promover la colaboración con las familias. La intención es que tanto adultos con sus hijos en casa como profesores realicen experimentos sencillos y, posteriormente, compartan fotografías y una breve explicación de la actividad en la galería de la plataforma.
- Una *guía del profesor* para la implementación de las actividades y materiales diseñadas. Esta guía incluye recomendaciones metodológicas para la enseñanza de las STEM, que se basan en los siguientes principios fundamentales: emplear metodologías activas, promover el pensamiento crítico, fomentar el trabajo en equipo y hacer hincapié en los contextos reales.
- Un *kit de herramientas*³ que recoge las actividades diseñadas para trabajar gran variedad de contenidos STEM en primaria de forma coherente con las orientaciones metodológicas recomendadas. Para cada actividad se incluye una breve descripción y se especifican los objetivos a alcanzar, el alumnado al que va dirigido (franja de edad o cursos), los pasos a seguir para su realización, la duración, los materiales necesarios, pautas e indicaciones sobre la evaluación, consejos y recursos adicionales). Las actividades propuestas en el catálogo se desarrollan a través del empleo de diversas metodologías, herramientas y recursos: unas destacan por el uso de la "gamificación" educativa; otras emplean recursos propios de la robótica; muchas de ellas se presentan como sencillos experimentos científicos; y hay actividades manipulativas que requieren la construcción de una estructura o producto final.

Algunas de estas actividades se llevaron a la práctica en los centros educativos participantes de los cuatro países socios del proyecto en la posterior fase de implementación de la experiencia de innovación educativa para la enseñanza de STEM mediante metodologías activas y tecnologías. En el caso de España, se desarrolló el proyecto en un colegio público con la participación de 117 alumnos (de entre 7 y 12 años) y 5 docentes del centro. Las actividades científicas trabajadas fueron muy diversas, desde actividades para aprender ciencia mediante el teatro, presentaciones multimedia para conocer mejor a los animales, o aplicaciones de la robótica para promover aprendizajes matemáticos.

A continuación, se exponen los principales resultados acerca de la valoración de la experiencia por parte del alumnado y profesorado participante, a través de diversos ítems en sendos cuestionarios (de alumnos y de docentes) aplicados tras la realización de las actividades entre abril y junio de 2019. Los cuestionarios, diseñados ad hoc, fueron validados mediante juicio de expertos y método Delphi. En este procedimiento participaron los investigadores de las instituciones asociadas del proyecto, para lo que se utilizó un formulario en línea.

³ Sitio web del banco de actividades: <http://createskills.eu/stemtoolkit/?lang=es>

En ambos cuestionarios se valoran aspectos sobre el desarrollo de la actividad en una escala numérica que va de 1 (“Nunca”) a 6 (“Siempre”). Además, en el caso de los alumnos se incluyen diversos ítems sobre las STEM en general, y en el cuestionario de los profesores también hay cuestiones referidas a la organización de los documentos y los recursos en la plataforma.

En primer lugar, con respecto a los contenidos tratados, los cinco maestros responden que fueron interesantes y relevantes “siempre” o “casi siempre”. Así mismo, consideran que la actividad promovió el pensamiento crítico, la resolución de problemas y la creatividad.

En sintonía con lo anterior, el 86.3% de los alumnos considera que la información brindada sobre el tema era relevante o muy relevante, el 92.3% asegura que “siempre” o “casi siempre” disfrutó de la actividad y el 91.5% dice que la encontró divertida y creativa.

Por otro lado, los cinco docentes opinan –cuatro de ellos con la máxima puntuación y el restante con una valoración de 5 sobre 6– que la presentación de la actividad fue fácil de entender para los alumnos, que los materiales presentados fueron claros y apropiados, y que los enfoques de aprendizaje fueron apropiados para la edad del alumnado.

En este sentido, casi todos los estudiantes (85.5%) aseguran que prestaron atención durante el desarrollo de la actividad y un 88% considera que “siempre” o “casi siempre” le fue muy bien durante el desarrollo de las actividades.

Los cinco docentes afirman que durante el desarrollo de las actividades promovieron siempre la participación y la implicación del alumnado. Además, también los cinco maestros participantes aseguran que los alumnos siempre se involucraron en la actividad, que estaban motivados y que se mostraron activos.

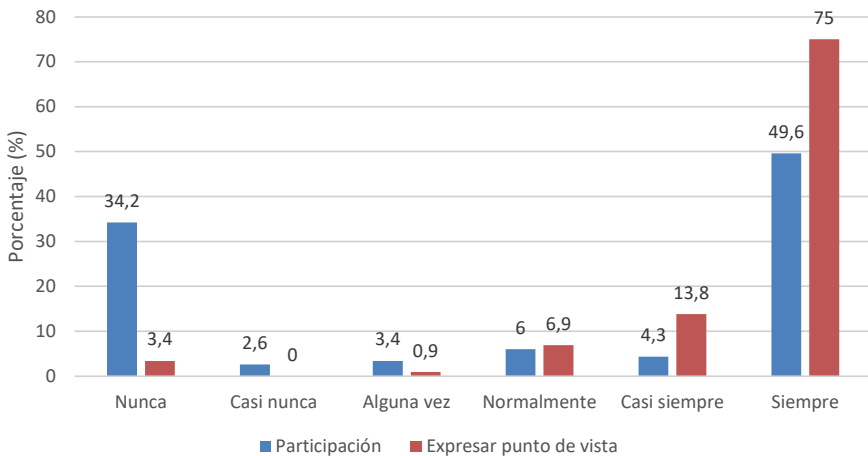


Figura 3. Respuesta de los alumnos a los ítems “Tuve la opción de participar en esta actividad” y “Pude expresar mi punto de vista”

Fuente: elaboración propia.

Sin embargo, con respecto a la participación, como vemos en la figura 4, los propios alumnos responden lo siguiente: un 34.2% dice que nunca tuvo la opción de participar mientras que un 49.6% responde que siempre la tuvo, si bien la gran mayoría afirma que siempre o casi siempre (88.8%) pudo expresar su punto de vista durante la realización de la actividad.

La evaluación general de las actividades es muy positiva, tanto por parte de los docentes como del alumnado. La media de todas las respuestas de los profesores es de 5.83 sobre 6 (DT: 0.60), mientras que casi todos los alumnos (95.8%) se mostraron satisfechos o muy satisfechos (figura 5). Una gran mayoría (95%) quiere aprender más sobre los contenidos trabajados mediante este tipo de actividades.

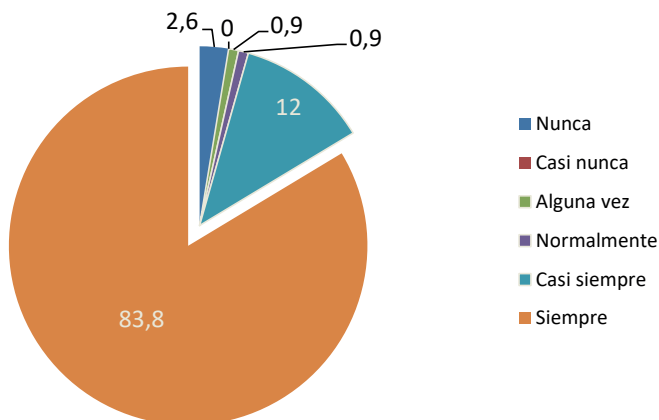


Figura 4. Respuesta de los alumnos a si se sintieron satisfechos con la actividad
Fuente: elaboración propia.

Para finalizar el cuestionario, los docentes señalaron su satisfacción indicando que son experiencias motivadoras, participativas, dinámicas, que los alumnos se implican y se favorece el trabajo cooperativo. Señalaron que se favorece el aprendizaje significativo y que es sencillo integrar estas actividades en cualquier nivel de la enseñanza primaria y en el marco del currículo de ciencias y matemáticas. Los cinco docentes valoraron con la máxima puntuación la calidad y la variedad de las actividades que de forma colaborativa se habían diseñado y estaban accesibles en la plataforma.

4. Discusión y conclusiones

Experiencias como la que se ha desarrollado en el proyecto CREATE-Skills y todas las que se han presentado en este artículo muestran que las tecnologías avanzadas tienen múltiples posibilidades de aplicación en el ámbito de la enseñanza científica o STEM. Tras la búsqueda en las bases de datos, se ha podido observar que es posible encontrar experiencias educativas en todos los niveles educativos, desde infantil hasta la enseñanza superior, donde se emplean todas las tecnologías que Prendes y Cerdán (2021) recogen en su trabajo y que se ha tomado como base en este trabajo.

No obstante, la revisión realizada nos ha mostrado que no todas las tecnologías parecen suscitar el mismo interés, destacando -con mucha diferencia sobre las demás tecnologías- el uso educativo de la robótica. Este análisis también pone de manifiesto que la etapa donde más experiencias se llevan a cabo –o, al menos, donde más se documentan- es la educación superior, seguida de la secundaria y de la educación infantil. Es llamativo que la etapa donde menos se trabaja con tecnologías avanzadas para enseñar STEM sea la educación primaria, a pesar de que numerosos autores reconocen la necesidad de afrontar el reto de la digitalización en esta etapa básica de la formación reglada (Castillo, 2020; CEPAL/OEI, 2020; Pacheco, 2020).

El análisis detallado de la selección de prácticas educativas mostrado nos lleva a algunas conclusiones relevantes. Por una parte, se observa que la mayoría de experiencias son evaluadas solamente en relación a la adquisición de conocimientos específicos de la disciplina que se trabaja. Es decir, se usa la tecnología como herramienta, pero se evalúan los resultados de aprendizaje de la materia concreta a la cual se aplica. Es el caso de los trabajos de Ballesteros-Ballesteros *et al.* (2020), Bampasidis *et al.* (2021), Campos y Torres (2017), Carvajal *et al.* (2019), Córdoba y Espina (2019), Hurtado y Santamaría (2019), Mera *et al.* (2019), Schacter *et al.* (2017), Roqueta (2018), Turan y Aydoğdu (2020) o Ye *et al.* (2018).

El segundo aspecto que más interés parece suscitar es la motivación hacia la educación científica que se consigue introduciendo las tecnologías, pues diversos autores evalúan la motivación, con resultados siempre positivos: Aranda *et al.* (2019), Demitriadou *et al.* (2020), García-Holgado *et al.* (2020), Marín y Muñoz (2018), Pareto (2019) y Rivero y Suárez (2017).

Tres de los trabajos demuestran el valor de estas experiencias para promover el desarrollo de la capacidad de resolución de problemas (Alsina y Salgado, 2021; Aucahuasi *et al.*, 2018; Casado y Checa, 2020), mientras que Vergne (2020) estudia los procesos reflexivos y el pensamiento crítico, que son capacidades muy relacionadas con las ciencias aplicadas y la educación científica. El trabajo de Casado y Checa (2020) analiza, además, las repercusiones en el pensamiento creativo. Orquín *et al.* (2017) se fijan en el autoconcepto. Marín *et al.* (2016) muestran las mejoras en la autonomía de los estudiantes, en línea con Marín y Muñoz (2018). Por su parte, Mesa (2019) mide específicamente la mejora en competencia digital, una dimensión de la formación que se considera básica para los futuros ciudadanos del siglo XXI (Redecker, 2017).

5. Implicaciones y prospectiva

Es necesario formar al profesorado en competencias digitales para una adecuada integración curricular de estas tecnologías, pues no basta con adquirir habilidades técnicas, sino también es necesario el conocimiento especializado para su uso educativo en las aulas (Jiménez-Hernández *et al.*, 2021; Prendes y Gutiérrez, 2013).

Es igualmente relevante la colaboración con las familias, pues el uso de dispositivos electrónicos debe estar sujeto a la mediación y el control de los adultos. El trabajo de Jiménez-Morales *et al.* (2020) pone de manifiesto que cuanto menor es el nivel de estudios y categoría profesional de la madre, mayor es el consumo de tecnologías por parte de los menores en el hogar (televisión, teléfonos, tabletas, ordenadores y videojuegos). También García-Soidán *et al.* (2020) muestran la excesiva exposición

a las pantallas y la necesidad de mayor control en el uso de los dispositivos electrónicos, especialmente en menores de 7 años. Es por ello que, en las aulas, debemos hacer un uso controlado y ajustado a las necesidades de las actividades educativas. Además, en esta misma línea de promover la colaboración familia-escuela, el proyecto CREATE-Skills lo intentó a través del uso de la plataforma digital, pero a pesar de los esfuerzos realizados, fue muy difícil involucrar a las familias y en general su actividad fue escasa.

Además, es importante mencionar las implicaciones éticas del uso de estas tecnologías, especialmente con menores. Por ello, a partir de la reflexión de Pérez (2021) sobre la inteligencia artificial, es preciso extender su discurso y destacar que para aplicar las tecnologías avanzadas en el contexto educativo no es suficiente con poseer la competencia técnica necesaria, sino que también es necesaria una perspectiva pedagógica y ética. De tal forma que sería conveniente desarrollar una visión crítica y objetiva sobre el uso que se esté haciendo de la tecnología. En este sentido, Lengua *et al.* (2020) recogen diversas experiencias en las que las propias tecnologías han sido utilizadas como herramientas para promover el pensamiento crítico hacia ellas, en el ámbito de la enseñanza científica y en cualquier otro del currículo.

En definitiva, las tecnologías avanzadas permiten construir en el aula experiencias educativas interactivas y motivadoras para la enseñanza científica, un ámbito en el que, sin duda, queda mucho por explorar e investigar en los próximos años. En este sentido, creemos que debe profundizarse en las aplicaciones de las tecnologías en la etapa de primaria, que parece algo desconectada del mundo digital. Se debe investigar también con mayor profundidad no solamente los resultados de aprendizaje disciplinar o la motivación, sino abundar en las competencias transversales asociadas a la competencia científica, como pueden ser el pensamiento reflexivo, la resolución de problemas o incluso la propia competencia digital.

Es importante concienciarse de que “a nivel mundial, un promedio del 42% de las habilidades básicas requeridas para realizar un trabajo cambiará entre 2018 y 2022”, y entre ellas están las correspondientes a la competencia STEM. Es por ello necesario afrontar el cambio en la educación. “Hoy más que nunca, el enfoque curricular debe dirigirse a crear entornos de aprendizaje que respondan a las necesidades y retos del siglo XXI” (CEPAL/OEI, 2020, p. 27). En esta misma línea, la UNESCO (2020, p. 6) remarca que “el mundo no volverá a ser el mismo” y muestra su convencimiento de que “la historia se está escribiendo con gran rapidez, y ante nosotros aparecen elecciones y decisiones que definirán los futuros de la educación. [...] La educación deberá ocupar un lugar central en el mundo tras la COVID. Para conseguir ese futuro necesitamos desde ya pensar con audacia y actuar con valentía” (p. 23).

Referencias

- Alsina, A. y Salgado, M. (2021). Introduciendo la Modelización Matemática Temprana en Educación Infantil: un marco para resolver problemas reales. *Modelling in Science Education and Learning*, 14(1), 33-56. <https://doi.org/10.4995/msel.2021.14024>

- Aquilino, M., Herrero, O., Escaso, F., Narváez, I., Novo, M., Ortega, F., Planelló, R., Pérez, J.M. y Novo, M. (2018). Uso de recursos didácticos virtuales y laboratorios virtuales como TIC para enseñanza de la Biología. En A. Brandi (Ed.), *Investigación y Didáctica en Ciencias, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas* (pp. 355-362). Santillana.
- Arabit García, J. y Prendes Espinosa, M. P. (2020). Metodologías y Tecnologías para enseñar STEM en Educación Primaria: análisis de necesidades. *Pixel-Bit: Revista de Medios y Educación*, 57, 107-128. <https://doi.org/10.12795/pixelbit.2020.i57.04>
- Arabit García, J., Prendes Espinosa, M. P. y Serrano Sánchez, J. L. (2021). La enseñanza de STEM en Educación Primaria desde una perspectiva de género. *Revista Fuentes*, 23(1), 64-76. <https://doi.org/10.12795/revistafuentes.2021.v23.i1.12266>
- Aranda, M.C., Estrada, A. y Margalef, M.R. (2019). Idoneidad didáctica en Educación Infantil: matemáticas con robots Blue-Bot. *EDMETIC*, 8(2), 150-168. <https://doi.org/10.21071/edmetic.v8i2.11589>
- Auccahuasi, W., Bernardo, G., Oré, E. y Sernaque, F. (2018). Interactive online tool as an instrument for learning mathematics through programming techniques, aimed at high school students. En *Proceedings of the 6th International conference on information technology: IoT and Smart City* (pp. 70-76). Association for computing machinery. <https://doi.org/10.1145/3301551.3301580>
- Ballesteros-Ballesteros, V.A., Rodríguez-Cardoso, O.I., Lozano-Forero, S. y Nisperuza-Toledo, J.L. (2020). El aprendizaje móvil en Educación Superior: una experiencia desde la formación de ingenieros. *Revista científica*, 38(2), 243-257. <https://doi.org/10.14483/23448350.15214>
- Bampasidis, G., Piperidis, D., Papakonstantinou, V., Stathopoulos, D., Troumpetari, C. y Poutos, P. (2021). Hydrobots, an underwater robotics STEM project: introduction of engineering design process in secondary education. *Advances in Engineering Education*, 8(3), 1-24. <https://bit.ly/3ccEcgr>
- Binh, H.T., Trung, N.Q. y Duy, B.T. (2021). Responsive student model in an intelligent tutoring system and its evaluation. *Education and information technologies*. <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10485-4>
- Bogusevschi, D. y Muntean, G.M. (2020). Virtual Reality and Virtual Lab-Based Technology-Enhanced Learning in Primary School Physics. *Communications in computer and Information Science*, 1220, 467-478. https://doi.org/10.1007/978-3-030-58459-7_22
- Campos, M. y Torres, A.A. (2017). Videojuegos en el aula de matemáticas el puzzle hands of time. *Uno: revista de didáctica de las matemáticas*, 77, 65-70. <https://bit.ly/2UEN0Tm>
- Carvajal, J.S., Del Pilar, D. y Herman, J. (2019). App's como herramientas pedagógicas para el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Física. *Revista científica*, 1, 160-168. <https://bit.ly/3nuPEao>
- Casado, R. y Checa, M. (2020). Robótica y proyectos STEAM: desarrollo de la creatividad en las aulas de Educación Primaria. *Pixel-Bit*, 58. <https://doi.org/10.12795/pixelbit.73672>
- Castillo, D. (2020). Las TIC en los procesos de enseñanza-aprendizaje desarrollados por maestros tutores de Educación Primaria en la Región de Murcia. *RIITE Revista Interuniversitaria de Investigación en Tecnología Educativa*, 9, 1-14. <https://doi.org/10.6018/riite.432061>
- CEPAL/OEI (2020). *Educación, juventud y trabajo. Habilidades y competencias necesarias en un contexto cambiante*. Documentos de Proyectos (LC/TS.2020/116). CEPAL/OEI. <https://bit.ly/3BqrvC7>
- Christoforou, E.G., Masouras, P., Cheng, P., Avgousti, S., Tsekos, N.V., Panayides, A.S. y Georgiou, G.K. (2019). Educational robotics competitions and involved methodological aspects. En M. Merdan, W., Lepuschitz, G. Koppensteiner, R. Balogh, D. Obdržálek (Eds.), *Robotics in Education* (pp. 305-312). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-26945-6_27
- Córdoba Castrillón, M. y Ospina Moreno, J. (2019). Los videojuegos en el proceso de aprendizaje de los niños de preescolar. *Revista Interamericana de Investigación, Educación y Pedagogía*, 12(2), 113-138. <https://doi.org/10.15332/25005421.5010>
- Cui, W., Xue, Z. y Thai, K.P. (2019). Performance comparison of an AI-Based Adaptive Learning System in China. En *Proceedings 2018 Chinese Automation Congress* (pp. 3170-3175). <https://doi.org/10.1109/cac.2018.8623327>

- Demitriadou, E., Stavroulia, K.E. y Lanitis, A. (2020). Comparative evaluation of virtual and augmented reality for teaching mathematics in primary education. *Education and Information Technologies*, 25(1), 381-401. <https://doi.org/10.1007/s10639-019-09973-5>
- Emerling, C.R., Yang, S., Carter, R., Zhang, L. y Hunt, T. (2020). Using Amazon Alexa as an Instructional Tool during Remote Teaching. *Teaching Exceptional Children*, 53(2), 164-167.
- Ferrero, E., Cantón, I., Menéndez, M., Escapa, A. y Bernardo, A. (2021). TIC y gestión del conocimiento en estudiantes de Magisterio e Ingeniería. *Comunicar: Revista Científica Iberoamericana de Comunicación y Educación*, 66, 57-67. <https://doi.org/10.3916/c66-2021-05>
- Galindo-Domínguez, H. (2019). Los videojuegos en el desarrollo multidisciplinar del currículo de Educación Primaria: el caso Minecraft. *Pixel-Bit*, 55, 57-73. <https://doi.org/10.12795/pixelbit.2019.i55.04>
- García-Holgado, A., Verdugo-Castro, S., Sánchez-Gómez, M.C. y García-Peñalvo, F.J. (2020) Facilitating Access to the Role Models of Women in STEM: W-STEM Mobile App. En P. Zaphiris y A. Ioannou (Eds.), *Lecture Notes in Computer Science*, vol. 12205 (pp. 466-476). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-50513-4_35
- García-Soidán, J. L., Boente-Antela, B. y Leirós-Rodríguez, R. (2020). ¿Los menores españoles, en su tiempo libre, prefieren dispositivos electrónicos o actividad física?. *Sportis. Scientific Journal of School Sport, Physical Education and Psychomotricity*, 6(2), 347-364. <https://doi.org/10.17979/sportis.2020.6.2.6160>
- García-Tudela, P.A. (2018). El profesor Layton, gamificación y tutoría entre iguales en clase de matemáticas. *Aula de innovación educativa*, 270, 48-52. <https://bit.ly/3wqPfuO>
- González, V., Román, M. y Prendes, M.P. (2018). Formación en competencias digitales para estudiantes universitarios basada en el modelo DigComp. *EduTec, Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, 65, 1-15. <https://doi.org/10.21556/edutec.2018.65.1119>
- González-Calatayud, V., Prendes-Espinosa, P. y Roig-Vila, R. (2021). Artificial Intelligence for student assessment: a systematic review. *Applied Sciences*, 11, 1-16.
- González-Sanmamed, M., Muñoz-Carril, P. C. y Estévez-Blanco, I. (2021). Ecologías de Aprendizaje digital en tiempos de COVID-19. *Publicaciones*, 51(3), 7-16. <https://revistaseug.ugr.es/index.php/publicaciones/article/view/21874>
- Hurtado, A. y Santamaría, N. (2019). La robótica en la enseñanza de las ciencias en Primaria, una experiencia con Bee-Bot. *Creativity and Educational Innovation Review (CEIR)*, 3, 104-119. <https://doi.org/10.7203/CREATIVITY.3.15977>
- INTEF (2017). *Marco Común de Competencia Digital Docente*. Ministerio de Educación, Cultura y Deporte del Gobierno de España. <https://bit.ly/2RdzMOW>
- Jiménez-Morales, M., Montaña, M. y Medina Bravo, P. (2020). Uso infantil de dispositivos móviles. Influencia del nivel socioeducativo materno. *Comunicar*, 33(64), 21-28. <https://doi.org/10.3916/C64-2020-02>
- Jiménez-Hernández, D., Muñoz-Sánchez, P. y Sánchez-Giménez, F. (2021). La Competencia Digital Docente, una revisión sistemática de los modelos más utilizados. *Revista Interuniversitaria de investigación en Tecnología Educativa*, 10, 105-120. <https://doi.org/10.6018/riite.472351>
- Kaneko, H. y Makino, M. (2020). A VR-based support system of self-learning microscope operation. In *International Workshop on Advanced Imaging Technology (IWAIT)* (1151524). <https://doi.org/10.1117/12.2566903>
- Koehler, M.J. y Mishra, P. (2009). What is technological pedagogical content knowledge? *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 9(1), 60-70. <https://bit.ly/35c745Y>
- Krechetov, I. y Romanenko, V. (2020). Implementing the adaptive learning techniques. *Voprosy Obrazovaniya*, 2, 252-277. <https://doi.org/10.17323/1814-9545-2020-2-252-277>
- Kupchyk, L. y Litvinchuk, A. (2021). Constructing personal learning environments through ICT-mediated foreign language instruction. *Journal of Physics*, 1840(1), 012045. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1840/1/012045>
- Lane, D. (2021). *Machine Learning for Kids. A Project-based introduction to artificial intelligence*. No Starch Press.

- Lengua, C., Bernal, G., Flórez, W. y Velandia, M. (2020). Tecnologías emergentes en el proceso de enseñanza-aprendizaje: hacia el desarrollo del pensamiento crítico. *Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 23(3), 83-98. <https://doi.org/10.6018/reifop.435611>
- Mariel, R., Martín, R.B y García, L. (2021). Ecologías de aprendizaje en educación secundaria: TIC y aprendizaje informal. *Revista Tecnología, Ciencia y Educación*, 18, 77-97. <https://doi.org/10.51302/tce.2021.571>
- Marín, V. y Muñoz, V.P. (2018). Trabajar el cuerpo humano con realidad aumentada en Educación Infantil. *Revista Tecnología, Ciencia y Educación*, 9, 148-158. <https://doi.org/10.51302/tce.2018.177>
- Marín, V., Muñoz, J.M. y Vega, E.M. (2016). La realidad aumentada como herramienta de aprendizaje en Educación Infantil. En R. Roig-Vila (Ed.), *Tecnología, innovación e investigación en los procesos de enseñanza-aprendizaje* (pp. 833-841). Octaedro. <http://bit.ly/2rp24c5>
- Mera, C., Ruiz, G., Román, B., Aragón, E. y Navarro, J.I. (2019). Apps para el aprendizaje de las matemáticas en educación infantil. *Revista INFAD de Psicología*, 1. <https://doi.org/10.17060/jjodaep.2019.n1.v3.1456>
- Mesa, M. (2019). Una propuesta metodológica para orientar el laboratorio de física haciendo uso de tecnologías emergentes y el enfoque STEM. *Revista de enseñanza de la física*, 31, 525-530. <https://bit.ly/2Kh1irk>
- Orquín, I., Aguado, H., Berenguer, G. y Petrovic, V. (2017). Experiencia de montaje y operación de una impresora 3D en el aula. *Modelling in Science Education and Learning*, 10(2), 107-116. <https://doi.org/10.4995/msel.2017.6619>
- Pacheco, J.A. (2020). Repensar la escuela de educación primaria en tiempos de incertidumbre. En O. Granados Roldán, *La educación del mañana: ¿inercia o transformación?* (pp. 166-175). OEI.
- Pareto, L. (2014). A teachable agent game engaging Primary School children to learn arithmetic concepts and reasoning. *International Journal of artificial intelligence in education*, 24, 251-283. <https://doi.org/10.1007/s40593-014-0018-8>
- Pérez, M.A. (2021). Implicaciones éticas del uso del machine learning como mediador en el desarrollo de habilidades metacognitivas en niños y adolescentes. *Informatio*, 26(1), 123-131. <https://doi.org/10.35643/Info.26.1.7>
- Prendes Espinosa, M.P. y Cerdán Cartagena, F. (2021). Tecnologías avanzadas para afrontar el reto de la innovación educativa. *RIED: revista iberoamericana de educación a distancia*, 24(1), 35-53. <https://doi.org/10.5944/ried.24.1.28415>
- Prendes Espinosa, M.P. y Gutiérrez Porlán, I. (2013). Competencias tecnológicas del profesorado en las universidades españolas. *Revista de Educación*, 361, 196-222. <https://doi.org/10.4438/1988-592X-RE-2011-361-140>
- Prendes, M.P. y Román, M.M. (2017). Investigando sobre PLE. En M.P. Prendes y M.M. Román (Eds.), *Entornos personales de aprendizaje: una visión actual de cómo aprender con tecnologías* (pp. 19-38). Octaedro.
- Prendes Espinosa, P., Castañeda Quintero, L, Gutiérrez-Porlán, I y Sánchez-Vera, M.M. (2017). Personal Learning Environments in future professionals: nor natives or residents, just survivors. *International Journal of Information and Education Technology*, 7(3), 172-179. <https://doi.org/10.18178/ijiet.2017.7.3.861>
- Prendes Espinosa, M.P, Montiel Ruiz, F.J. y González Calatayud, V. (2021). Uso de TIC por parte del profesorado de enseñanza secundaria analizado a partir del modelo de ecologías de aprendizaje: estudio de caso en la región de Murcia. *Publicaciones*, 51(3), 109-135. <https://doi.org/10.30827/publicaciones.v51i3.18374>
- Premsky, M. (2001). Digital natives, digital immigrants. *On the Horizon*, 9(5). <https://bit.ly/3wNnNqN>
- Rattaro, C., Briozzo, I., Siniscalchi, M., Blasina, F. y Del Castillo, M. (2020). Encouraging girls in STEM: workshops on analog electronics, sensors and robotics. In G.R. Alves, A.V. Fidalgo, M.C. Felgueiras, R. Costa (Eds.), *Proceedings TAAE 2020* (Article number 9163703). IEEE. <https://bit.ly/2UzQ8zL>

- Recomendación del Parlamento Europeo y del Consejo de 18 de diciembre de 2006 sobre las competencias clave para el aprendizaje permanente (2006/962/CE). *Diario Oficial de la Unión Europea*. <https://bit.ly/34DrumK>
- Redecker, C. (2017). *European framework for the digital competence of educators: DigCompEdu*. En Y. Punie (Ed.). Publications Office of the European Union. <https://bit.ly/3wHBhnK>
- Ribera, J.M. y Cuadrado, M.L. (2016). LegoMath. Realidad aumentada en el aula de matemáticas. En R. Roig-Vila (Ed.), *Tecnología, innovación e investigación en los procesos de enseñanza-aprendizaje* (pp. 1128-1133). Octaedro. <http://bit.ly/2rp24c5>
- Rivero, C. y Suárez, C. (2017). Mobile learning y aprendizaje de las Matemáticas: el caso del proyecto mati-tec en el Perú. *Tendencias pedagógicas*, 30, 37-52. <https://bit.ly/32TmTww>
- Roqueta, M.L. (2018). La realidad aumentada aplicada al ámbito científico en el nivel de ESO. En A. Brandi (Ed.), *Investigación y Didáctica en Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas* (pp. 461-470). Santillana.
- Sampedro, B.E., Muñoz, J.M. y Vega, E. (2017). El videojuego digital como mediador del aprendizaje en la etapa de Educación Infantil. *Educar*, 53(1), 89-107. <https://doi.org/10.5565/rev/educar.850>
- Sánchez-Vera, M.M. (2021). La robótica, la programación y el pensamiento computacional en la educación infantil. *Revista Infancia, Educación y Aprendizaje*, 7(1), 209-234. <https://doi.org/10.22370/ieya.2021.7.1.2343>
- Saorín, J.L., Torre, J., Martín, N., Carbonell, C. y Melián D. (2017). Creación e inserción de modelos 3D en Minecraft para la mejora de la competencia espacial y creativa en Ingeniería. En A. Vega y D. Stendardi (Eds.), *Imaginar y comprender la innovación en la universidad* (pp. 303-312). Universidad de La Laguna. <https://bit.ly/2HhisnA>
- Schacter, J. y Jo, B. (2017). Improving preschoolers' mathematics achievement with tablets: a randomized controlled trial. *Mathematics education research journal*, 29, 313-327. <https://doi.org/10.1007/s13394-017-0203-9>
- Serrano-Sánchez, J.L., López-Vicent, P. y Gutiérrez-Portlán, I. (2021). Entornos personales de aprendizaje: estrategias y tecnologías utilizadas por el alumnado universitario. *Revista Electrónica Educare*, 25(2), 1-18. <https://doi.org/10.15359/ree.25-2.22>
- Tadeu, P. (2020). La competencia científico-tecnológica en la formación del futuro docente. Algunos aspectos de la autopercepción en respeto a la integración de las TIC en el aula. *Educatio siglo XXI: Revista de la Facultad de Educación*, 38(3), 37-54. <https://doi.org/10.6018/educatio.413821>
- Turan, S., y Aydoğdu, F. (2020). Effect of coding and robotic education on pre-school children's skills of scientific process. *Education and Information Technologies*, 25, 4353-4363. <https://doi.org/10.1007/s10639-020-10178-4>
- Underwood, J. (2017). Exploring AI Language Assistants with Primary EFL Students. *EUROCALL 2017 Conference*, Southampton, United Kingdom.
- UNESCO (2020). *La educación en un mundo tras la COVID: nueve ideas para la acción pública*. UNESCO. En https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000373717_spa
- Valverde-Berrocoso, J. (2016). La investigación en Tecnología Educativa y las nuevas ecologías del aprendizaje: Design-Based Research (DBR) como enfoque metodológico. *Revista Interuniversitaria de Investigación en Tecnología Educativa*, 0. <https://doi.org/10.6018/riite/2016/257931>
- Vergne, M.J., Smith, J.D. y Bowen, R.S. (2020). Escape the (remote) classroom. *Journal of chemical education*, 97(9), 2845-2848. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c00449>
- White, D.S. y Le Cornu, A. (2011). Visitors and residents: a new typology for online engagement. *First Monday*, 16(9). <https://doi.org/10.5210/fm.v16i9.3171>
- Ye, S.H., Hsiao, T.Y. y Sun, C.T. (2018). Using commercial video games in flipped classrooms to support physical concept construction. *Journal of computer assisted learning*, 34(5), 602-614. <https://doi.org/10.1111/jcal.12267>

Cómo citar en APA:

Arabit-García, J., García-Tudela, P. A. y Prendes-Espinosa, M. P. (2021). Uso de tecnologías avanzadas para la educación científica. *Revista Iberoamericana de Educación*, 87(1), 173-194. <https://doi.org/10.35362/rie8714591>