

BORDÓN

Revista de Pedagogía

NÚMERO MONOGRÁFICO / *SPECIAL ISSUE*

Educación STEM: tecnologías emergentes para
el aprendizaje científico
STEM education: emerging technologies for science learning

Alicia Palacios Ortega, Daniel Moreno Mediavilla
y Virginia Pascual López (editores invitados / *guest editors*)



Volumen 74
Número, 4
2022

SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PEDAGOGÍA

EL PAPEL DE LAS NUEVAS TECNOLOGÍAS EN LA EDUCACIÓN STEM

The role of new technologies in STEM education

ALICIA PALACIOS, VIRGINIA PASCUAL Y DANIEL MORENO-MEDIAVILLA
Universidad Internacional de La Rioja (España)

DOI: 10.13042/Bordon.2022.96550

Fecha de recepción: 30/09/2022 • Fecha de aceptación: 04/10/2022

Autor de contacto / Corresponding author: Daniel Moreno-Mediavilla. E-mail: daniel.moreno@unir.net

Cómo citar este artículo: Palacios, A., Pascual, V. y Moreno-Mediavilla, D. (2022). El papel de las nuevas tecnologías en la educación STEM. *Bordón, Revista de Pedagogía*, 74(4), 11-21. <https://doi.org/10.13042/Bordon.2022.96550>

INTRODUCCIÓN. El interés creciente alrededor de las enseñanzas STEM es el resultado de la acuciante necesidad de profesionales del área científico-tecnológica, unida a la necesidad de fomentar una alfabetización científica de la ciudadanía. De esta manera, la sociedad será capaz de enfrentarse a las grandes problemáticas sociocientíficas de la actualidad. La colaboración activa de las tecnologías emergentes como facilitadoras del proceso de enseñanza-aprendizaje se presenta como una herramienta clave para fomentar las vocaciones STEM, desarrollar habilidades de trabajo científico y mejorar la interpretación de procesos y conceptos. **MÉTODO.** Este artículo presenta a la comunidad científica un compendio de investigaciones teóricas y aplicadas que arrojan luz sobre el importante papel de las nuevas tecnologías en la educación STEM y las necesidades de investigación futuras. **RESULTADOS.** Los trabajos presentados muestran que la producción científica de este ámbito ha experimentado un crecimiento exponencial en los últimos años, observándose un auge en la aplicación de la realidad virtual en áreas STEM. Las simulaciones virtuales, se desarrollen a través de realidad virtual o como entorno virtual interactivo, plantean diferentes desafíos para su aplicación efectiva. Por un lado, es crucial determinar la validez de los *applets* como facilitadores del aprendizaje científico, y por otro lado, es importante conocer las competencias del profesorado en el uso de estas tecnologías para la educación STEM. Finalmente, se muestran evidencias claras de cómo las simulaciones y los laboratorios virtuales mejoran la enseñanza científico-tecnológica, favoreciendo la construcción de modelos mentales. **DISCUSIÓN.** Estos análisis permiten poner el foco en el interés de seguir profundizando en el desarrollo de las nuevas tecnologías, la complejidad de la tarea de seleccionar los simuladores más adecuados y en las necesidades de formación del profesorado.

Palabras clave: *Educación STEM, Tecnologías educativas, Integración de la tecnología, Simulaciones virtuales.*

Introducción

En pleno siglo XXI, es indiscutible que el aprendizaje de las ciencias se hace imprescindible para la sociedad actual, a pesar de que los informes internacionales de PISA (OECD, 2016; OECD, 2019) muestran resultados desesperanzadores con respecto a la motivación por las mismas y a su comprensión. Ante este reto que se plantea, nace una visión integradora de la enseñanza de las ciencias denominada STEM (ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas), que intenta propiciar aprendizajes contextualizados y basados en el desarrollo de competencias clave, intentando tener, de ese modo, gran calado entre el alumnado. Por tanto, la educación STEM debe centrarse en un aprendizaje activo y crítico que permita una adquisición significativa de los contenidos a la vez que desarrolla las habilidades propias del trabajo científico, como son la capacidad de observar, generar hipótesis y resolver problemas a partir de la interpretación y la reflexión crítica, así como la capacidad de difundir sus conclusiones.

Una de las competencias íntimamente relacionadas con la enseñanza-aprendizaje de las disciplinas STEM es la competencia científica, cuyo desarrollo en el aula está íntimamente ligado a las actividades prácticas, ya que proporcionan el aprendizaje de los procesos de la ciencia, indispensables en los nuevos enfoques de enseñanza (Bybee, 2011; Osborne, 2014). Dichas actividades son fundamentales en la enseñanza-aprendizaje del ámbito científico tecnológico, pues permiten alcanzar los objetivos de enseñanza a la par que fomentan el pensamiento crítico. Sin embargo, en los centros educativos se torna complejo implementar este tipo de actividades, ya que deben desarrollarse de forma análoga a como se producen las prácticas reales o profesionales de estas disciplinas (Osborne, 2014; Vasquez *et al.*, 2013).

En este sentido, el desarrollo de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación ha propiciado múltiples opciones para facilitar,

a la par que enriquecer, el aprendizaje científico (Oliveira *et al.*, 2019). También han sido de gran ayuda para complementar la educación a distancia impuesta por la situación de emergencia sanitaria. Dentro de ellas, las tecnologías emergentes se plantean como recursos educativos de gran interés gracias a sus propiedades intrínsecas. Estas nuevas tecnologías favorecen situaciones de aprendizaje complejas como las que actualmente vive la sociedad, permiten al alumnado aprender en cualquier momento y cualquier lugar y pueden ser utilizadas tantas veces como se necesite. Además, en sí mismas, son motivadoras, fomentan el interés del estudiante y captan su atención (Oliveira *et al.*, 2019). Todo ello, unido al ritmo acelerado de la innovación tecnológica en los últimos años, ha creado una necesidad acuciante de investigación educativa que nos ayude a entender mejor la forma en que las nuevas tecnologías influyen en el aprendizaje escolar.

A pesar de las dificultades que se pueden derivar del uso de dichas tecnologías, como por ejemplo la falta de dotación de recursos materiales (European Commission, 2019), la propia implementación pedagógica (Napal y Zudaire, 2019) o los perfiles docentes (Sosa y Valverde, 2020), son numerosos los beneficios que se encuentran para el aula STEM. López *et al.* (2020) esgrimen numerosos argumentos a favor de su uso que agrupan en cinco apartados:

- a) Permiten la experimentación con fenómenos naturales y tecnológicos mediante la observación, manipulación, recogida y análisis de datos;
- b) la elaboración de modelos científicos y matemáticos, y la interacción con representaciones virtuales de entidades abstractas;
- c) la argumentación y comunicación de soluciones científicas, matemáticas y tecnológicas, así como la evaluación de pruebas y argumentos aportados por los demás;
- d) la alfabetización digital [...];
- e) el pensamiento computacional (p. 29).

Uno de los recursos tecnológicos que nos brindan estas posibilidades es la simulación o laboratorio

virtual, entendida como una aplicación interactiva que muestra una representación virtual de un fenómeno o sistema (De Jong y Van Joolingen, 1998). En las últimas décadas, la cantidad de simulaciones accesibles ha aumentado exponencialmente. Existen multitud de simulaciones de acceso abierto, de gran versatilidad y que abarcan una buena parte de los contenidos científicos (Brinson, 2017; D'Angelo *et al.*, 2014; Hallinger y Wang, 2020; Velasco y Buteler, 2017). Las simulaciones proporcionan gran flexibilidad en cuanto a dónde y cuándo las usamos, son intuitivas, pueden ser utilizadas simultáneamente por un gran número de estudiantes y la visualización e interacción con el fenómeno puede repetirse tantas veces como se quiera. Estas características hacen que sean adecuadas para presentar la ciencia como un proceso y mejorar la comprensión contextualizada de conceptos y fenómenos científicos (Alabdulhadi y Faisal, 2020).

Otras herramientas emergentes que se suelen asociar con la enseñanza STEM, según el informe *Horizon Report: K-12 Edition* (Freeman *et al.*, 2017), son *makerspaces*, robótica, tecnologías analíticas, realidad virtual, inteligencia artificial e internet de las cosas. La implementación de dichas herramientas en las aulas tiene distintos ritmos: los *makerspaces* y el uso de robótica son una realidad en la actualidad, se prevé que a medio plazo se implementen las tecnologías analíticas y la realidad virtual, y en cuanto a la inteligencia artificial e internet de las cosas, se prevé que lo hagan a largo plazo. Mientras que los *makerspaces* se articulan como espacios que alimentan la creatividad y la colaboración (Freeman *et al.*, 2017), Leonard *et al.* (2016) destacan la relevancia del uso de la robótica en el aula para poder desarrollar de manera sencilla el pensamiento computacional, uno de los puntos clave dentro de la enseñanza STEM. La importancia de la aplicación de realidad virtual y realidad aumentada en las aulas STEM radica en que permiten comprender conceptos científicos abstractos complejos, experimentar en primera persona algún fenómeno natural o alcanzar lugares imposibles, entre

otras cosas (Zhang y Wang, 2021). Con la inteligencia artificial se prevé que se pueda evaluar el progreso del alumnado (Freeman *et al.*, 2017) mediante la promoción de una enseñanza metacognitiva, aunque también se estima que pueda ayudar, al igual que con el internet de las cosas, en tareas administrativas.

La investigación didáctica en esta área ha tenido un crecimiento muy marcado en la última década (Freeman *et al.*, 2017; Hallinger y Wang, 2020; Oliveira *et al.*, 2019). Esto se debe, en primer lugar, a que la tecnología es cada vez más accesible tanto en las aulas de educación media como en educación superior. En segundo lugar, la tipología de herramientas y el enriquecimiento de sus características se encuentran en una fase de crecimiento exponencial gracias al desarrollo tecnológico. Y, en tercer lugar, a pesar de que existen numerosos estudios que avalan el uso de estos recursos para mejorar el aprendizaje, todos ellos coinciden en que las tecnologías emergentes en sí mismas no son condición suficiente para la mejora del aprendizaje, lo que pone el foco en cómo introducir la tecnología en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Si se tienen en cuenta estos elementos, la iniciativa de *Bordón* de desarrollar el monográfico sobre educación STEM y nuevas tecnologías plantea el interés de la comunidad educativa por impulsar la educación científica. La introducción de tecnologías emergentes, tales como laboratorios virtuales, simulaciones o realidad virtual, representa una oportunidad inmejorable para que la educación STEM pueda adaptarse a las demandas de la sociedad actual.

Estructura y contenido del monográfico

Este monográfico incluye el análisis de diferentes factores implicados en la inclusión de las nuevas tecnologías en el aprendizaje de las disciplinas STEM. El conjunto de artículos presentados explora cuáles son las tecnologías

emergentes con mayor progresión en áreas STEM, plantea las claves para entender la importancia de la realidad virtual para la comprensión de la ciencia, estudia las características que promueven la idoneidad didáctica de las simulaciones virtuales, analiza el papel del desarrollo de competencias docentes para el uso adecuado de las simulaciones virtuales en el aula y presenta experiencias educativas que contribuyen a mostrar cómo mejora el aprendizaje del alumnado con el uso de simulaciones y laboratorios virtuales.

Con la idea de aportar una visión global sobre los avances tecnológicos que fomentan un aprendizaje activo y experimental de los ámbitos STEM, el monográfico incluye artículos que abordan el uso de diferentes tecnologías emergentes tanto de forma global como de forma específica, presentando una amplia visión de tecnologías como la realidad virtual, los laboratorios virtuales o los *applets*. Además, los artículos muestran tanto una visión global de las áreas STEM como visiones más particulares centradas en ámbitos matemáticos o de ingeniería. Finalmente, las propuestas prácticas incluidas en el monográfico se abordan desde diferentes formatos de enseñanza: presencial y *blended learning*, y se han implementado en diferentes escuelas de España y América Latina, lo que aporta una perspectiva internacional.

El monográfico comienza con los artículos que aportan una visión global sobre las tecnologías emergentes en la educación STEM.

En primer lugar, resulta fundamental conocer si las diferentes tecnologías que se presentan en este monográfico realmente tienen aplicación en los ámbitos educativos en los que se les puede sacar un mayor partido, como es la educación STEM. En el trabajo titulado “Tecnologías emergentes en la educación STEM. Análisis bibliométrico de publicaciones en Scopus y WoS (2010-2020)”, Silva-Díaz, Fernández-Ferrer, Vázquez-Vilchez, Ferrada, Narváez y Carrillo-Rosúa han estudiado el modo en el que las tecnologías emergentes se

van incluyendo o no en el ámbito de la educación STEM. Para ello han establecido una revisión de las principales bases de datos Scopus y Web of Science-Clarivate, centrándose en aquellos resultados de la última década, relacionados con los niveles educativos que abarca la educación secundaria. Para ello, toman como referencia los tipos de tecnologías emergentes en educación descritos en el informe *Horizon Report: K-12 Edition*, entre las que se incluyen: a) espacios *maker*, b) robótica, c) tecnologías analíticas, d) realidad virtual, e) inteligencia artificial y f) internet de las cosas (IoT). Los resultados de la revisión bibliométrica desarrollada se centraron en el análisis de 250 artículos. De ellos se extrae que a partir del año 2017 la producción científica ha aumentado de manera casi exponencial, encabezada por Estados Unidos. De los resultados relacionados con el tipo de tecnología descrito en los trabajos, es francamente interesante comprobar cómo la realidad virtual ocupa la primera posición como tecnología más aplicada, seguida de la robótica, considerándose ambas tecnologías como las que muestran más recorrido temporal y experiencia en su aplicabilidad. Por otro lado, los autores destacan cómo, a pesar de un incremento de los trabajos en enseñanza STEM, la mayoría de las publicaciones se basan en trabajos desarrollados en enseñanza de ciencias concretas sin integración STEM. Otros resultados, como la distribución bibliográfica, las temáticas de las revistas en las que se publica o el número de publicaciones por revista, completan este interesante trabajo que aporta mucha información sobre el lugar que ocupa la tecnología educativa dentro de las publicaciones de impacto en la actualidad.

En el siguiente artículo del monográfico, Marro Galván y Hernández Padrón parten de la premisa de que la realidad virtual (RV) se torna como la tecnología emergente de elección por los docentes en el área STEM para desarrollar su trabajo titulado “La trascendencia de la realidad virtual en la educación STEM: una revisión sistemática desde el punto de vista de la experimentación en el aula”. En la revisión sistemática

propuesta se pone especial énfasis en analizar el papel del alumnado de primaria y secundaria en la experimentación con realidad virtual en las disciplinas STEM, así como la tipología metodológica usada para su implementación en el aula y la eficacia de esta. Para ello, se centran en artículos publicados con acceso abierto desde 2000 a 2021 en la base de datos Scopus y siguen las indicaciones que proporciona PRISMA para este tipo de revisiones. Los resultados obtenidos indican que la mayor producción se centra entre los años 2019-2021. Además, muestran que el aprendizaje basado en problemas o la indagación suelen ser las metodologías de elección para la educación STEM a través de realidad virtual. Por otro lado, las propuestas de intervención implementadas han dado resultados positivos tanto a nivel cognitivo como afectivo en el alumnado, aunque estos resultados son de alcance limitado debido al reducido tamaño muestral de estas investigaciones. En este trabajo también se plantean ideas interesantes sobre la escasa fundamentación teórica de los diseños de actividades con RV, así como sobre las limitaciones en cuanto al uso y la disponibilidad de esta herramienta. Todo ello hace que sea un trabajo clave para definir las líneas de investigación sobre esta temática en los próximos años.

El siguiente trabajo aborda una de las problemáticas a las que se enfrenta el profesorado cuando se plantea la implantación de simulaciones virtuales en sus aulas: la dificultad de escoger la más adecuada para el objetivo didáctico que alcanzar.

Al considerar GeoGebra como una de las principales plataformas de simulaciones virtuales que pueden encontrar los docentes de Matemáticas, Barreras, Dubarbie y Oller-Marcén analizan en su trabajo la idoneidad didáctica de un conjunto de *applets* de GeoGebra orientados al estudio del concepto de límite de una función. La idea de idoneidad didáctica queda definida como resultado de cinco variables identificadas y descritas por los autores de manera profusa

dentro del análisis teórico; las variables mencionadas son: tipo de límite, interactividad, imagen conceptual, representación y acción, y que a su vez se dividen en otras. El análisis cuantitativo de los resultados, desarrollado durante el año 2021, los llevó a analizar unos 150 *applets* a través de un proceso de triangulación de investigadores para dotar de validez y consistencia los resultados. Dentro de los resultados obtenidos tras el análisis, toma especial relevancia comprobar que los *applets* que incluyen un manejo interactivo son más completos a la hora de desarrollar las diferentes imágenes conceptuales de la noción de límite. Los autores indican que “la interactividad parece ser una buena elección a la hora de desarrollar imágenes conceptuales eficientes”, del mismo modo la idoneidad didáctica se ve favorecida por la aparición de “dos y hasta tres acciones de manera simultánea en el mismo *applet*”. Estos resultados evidencian una correlación entre la cantidad de representaciones del límite utilizadas en los *applets* y el porcentaje de *applets* que permiten realizar dos o tres acciones entre los sistemas de representación considerados. Además, se ha comprobado cómo la información recogida en el propio *applet* no es suficiente para comprender el concepto que trabajan y que es necesario introducir un “discurso docente” que la complemente. El artículo titulado “Análisis de *applets* de GeoGebra para la enseñanza del límite de una función” es un punto de partida para una doble función, por un lado, continuar con el diseño de instrumentos de análisis que permitan la clasificación más completa de cualquier *applet* y, por otro lado, diseñar actividades de formación que permitan sacar el máximo rendimiento de estos.

Tal y como muestran Barreras *et al.*, el papel del docente es primordial en el éxito del uso de tecnologías emergentes para la educación STEM, tanto desde el punto de vista de la elección de la simulación como desde el diseño didáctico para su puesta en práctica en el aula. Esta última idea es abordada en el trabajo de Gómez, Palacios, Moreno-Mediavilla y Barreras, donde plantean

que, como toda herramienta educativa, las simulaciones virtuales no son capaces de transformar el aprendizaje por sí solas, siendo esencial la cuestión de cómo las usan los docentes. Bajo esta premisa, plantean la necesidad de conocer las competencias que requiere un docente para ser capaz de superar las dificultades concretas asociadas al uso de las simulaciones virtuales STEM en el aula de educación secundaria. A partir de una profunda revisión bibliográfica sobre competencias tecnológicas y las dificultades asociadas al uso de simulaciones virtuales, diseñan un cuestionario compuesto por 26 ítems que pretende valorar la percepción del profesorado sobre sus competencias en el uso de simulaciones virtuales (CDUSV). Este cuestionario es sometido inicialmente a una prueba piloto y un juicio de expertos y, finalmente, se analiza tanto la validez del constructo, mediante un análisis factorial exploratorio, como la fiabilidad del instrumento. Estos métodos de análisis permiten a los autores presentar el diseño y validación de una escala que contiene unas propiedades psicométricas satisfactorias. Esta escala se compone de cuatro factores que evidencian las cuatro claves que tener en cuenta cuando se quiere formar al profesorado en el uso de simulaciones virtuales STEM: “desarrollo de la práctica docente”, “planificación didáctica”, “autorreflexión sobre la práctica docente” y “dificultades asociadas al uso de las simulaciones virtuales”. El cuestionario presentado es de gran interés para la comunidad educativa del área STEM, ya que su puesta en práctica permite determinar las necesidades de formación del profesorado respecto al uso de simulaciones virtuales y, con ello, se abre la puerta a poder diseñar formaciones adaptadas a las necesidades reales de los docentes en cada una de las áreas STEM. Esto representa un punto de partida imprescindible para avanzar y mejorar en la didáctica de las ciencias a través de simulaciones virtuales.

El último bloque del monográfico lo componen tres artículos que se centran en el diseño e implementación de propuestas didácticas que

utilizan simulaciones y laboratorios virtuales para la mejora del proceso de enseñanza-aprendizaje.

En primer lugar, Cox, González, Magreñán y Orcos destacan la importancia de utilizar simulaciones virtuales para mantener la atención y despertar el interés del alumnado hacia la enseñanza de las matemáticas, así como para mejorar su rendimiento académico. Para ello, este artículo plantea el desarrollo de una experiencia de aprendizaje con el uso de simulaciones virtuales de estadística descriptiva en la asignatura de Lenguaje Cuantitativo de primer curso de universidad en Ecuador. La peculiaridad de esta propuesta radica en que está diseñada para estudiantes de educación superior, pero con un nivel muy bajo o nulo en estadística, lo que añade una cualidad positiva adicional al uso de simulaciones virtuales en el aula. En la propuesta didáctica se plantea el uso de diferentes simulaciones virtuales de reconocido prestigio (PhET Colorado, GeoGebra y proyecto Descartes) en diferentes momentos del proceso de enseñanza, usándose para las clases teóricas, las clases de resolución de problemas y en el trabajo que el estudiante debía desarrollar como tarea para casa. Para determinar si con la puesta en práctica de su propuesta didáctica se produce una mejora de la competencia estadística del estudiante y de su satisfacción, los autores utilizan una metodología pretest postest con grupo control. Los resultados muestran diferencias significativas entre el grupo experimental y el control, concluyéndose que el uso conjunto de varios simuladores y laboratorios virtuales es muy efectivo para superar las dificultades de aprendizaje en relación con el estudio de la estadística descriptiva en el aula. Además, los autores muestran una mejora motivacional gracias al uso de estas herramientas, con lo que concluyen que los simuladores elegidos y la planificación didáctica diseñada son eficaces para la enseñanza de estadística descriptiva. Este artículo representa una muestra más de que este tipo de herramientas deben ser tenidas muy en cuenta para la educación STEM

y que su implementación en el aula debe ser cuidadosamente diseñada para alcanzar un aprendizaje auténtico.

En el siguiente artículo, “Experiencia *blended learning* apoyada en un laboratorio virtual para educación de materias STEM”, Arce, Zayas-Gato, Suárez-García, Michelena, Jove, Casteleiro-Roca, Quintián y Calvo-Rolle plantean un análisis de la modalidad de enseñanza *blended learning*, que tanto crecimiento y aplicación ha tenido en los últimos tiempos. Este enfoque lo aplican a través de un laboratorio virtual diseñado *ex profeso* para la asignatura de Tecnología de Sistemas de Control, dentro de los estudios del Máster Universitario en Ingeniería Industrial. La metodología *blended learning* permite un modelo de aprendizaje flexible y personalizado, puesto que facilita al alumnado su planificación y ofrece un entorno de trabajo colaborativo que favorece la adquisición de las denominadas *soft skills* (competencias blandas). Los autores plantean la dependencia de la tecnología como uno de los principales problemas de la metodología *blended learning*. Esta dependencia se hace aún más marcada en aquellas titulaciones de corte STEM, que necesitan de la práctica de laboratorio como complemento formativo. Para solucionar este vacío, los autores del trabajo proponen el diseño de un laboratorio virtual basado en un entorno de simulación virtual para estudiantes de ingeniería, cuyo objetivo es la emulación de un sistema real de control de nivel de líquido. En el trabajo incluyen una descripción completa del diseño del laboratorio virtual, describiendo también el entorno de programación aplicado y comparándolo con el equipo de medida real existente en el laboratorio físico. Además, plantean un estudio comparativo de los resultados obtenidos por dos grupos de estudiantes que han trabajado en el entorno real o en el entorno virtual. Los resultados muestran que aquellos que lo hicieron de manera virtual obtuvieron una calificación mayor que aquellos que trabajaron de manera real con el equipo. Los autores destacan la importancia de la adquisición de habilidades duras y blandas por

parte del alumnado que participa de un modo virtual, ya que se favorece el trabajo autónomo y les permite una organización del trabajo más personalizada.

Finalmente, el último trabajo incluido en este monográfico aborda una de las dificultades asociadas al aprendizaje de la ciencia, como es el uso intuitivo de modelos mentales de carácter alternativo para explicar los fenómenos científicos. En estos casos, para conseguir una mejora en el aprendizaje, es necesario comprender los modelos alternativos de los que parte el estudiante y desarrollar una estrategia que favorezca un aprendizaje reflexivo y la construcción de modelos mentales avanzados. Con la idea de dar respuesta a esta preocupación, Pontes Pedrajas presenta un interesante estudio que analiza cómo el uso de un laboratorio virtual mediante indagación guiada favorece la reflexión y la progresión de los modelos mentales de los estudiantes de primero de ingeniería en torno al funcionamiento de circuitos eléctricos. El diseño de la experiencia de aprendizaje que plantea el autor parte de la exploración de los conocimientos previos del alumnado a través de problemas abiertos sobre circuitos eléctricos. Con este primer paso comprueba que los estudiantes de primer curso de universidad utilizan diversos modelos mentales de carácter alternativo. Para desarrollar un cambio conceptual en sus estudiantes, su trabajo plantea el desarrollo de actividades de indagación guiada a través del uso del laboratorio virtual del proyecto PhET Simulations. El laboratorio virtual escogido facilita la construcción de circuitos sencillos o complejos, la medida de magnitudes y comprobar cómo cambian estas al modificar alguna variable o la propia estructura del circuito. El uso de esta simulación se desarrolla a partir de un problema al que los estudiantes deben enfrentarse planteando hipótesis y contrastándolas a través del diseño virtual de circuitos y la recogida de datos. El análisis cuantitativo y cualitativo de los resultados muestra un aumento importante de ideas coherentes con el modelo científico de corriente eléctrica entre los participantes

en el estudio. Esto representa una evidencia más que apoya el uso de programas de simulación para mejorar la calidad de la educación científica. Además, este trabajo abre la puerta a futuras investigaciones sobre cuáles son los métodos y materiales didácticos más adecuados para mejorar el proceso de enseñanza a través de simulaciones y, así, poder determinar el papel específico de los programas de simulación en el aprendizaje.

En definitiva, a partir de los trabajos incluidos en este monográfico se desarrollan y consolidan algunas de las cuestiones relacionadas con la importancia de las tecnologías emergentes para mejorar la educación STEM y salen a la luz importantes líneas de investigación futuras. Esperamos que la

comunidad científica pueda tener en cuenta estas ideas en sus próximos estudios de investigación didáctica y, con ello, la educación científica pueda adaptarse a las necesidades del siglo XXI.

Agradecimientos

Agradecemos el apoyo de la Sociedad Española de Pedagogía y del equipo de editores de *Bordón*, así como a las evaluadoras y los evaluadores que permitieron mejorar las propuestas de investigación. Agradecemos el apoyo de la Universidad Internacional de La Rioja (Proyectos RETOS de Investigación UNIR 2020) y del profesor Javier Tourón.

Referencias bibliográficas

- Alabdulhadi, A. y Faisal, M. (2020). Systematic literature review of STEM self-study related ITSs. *Education and Information Technologies*, 26, 1549-1588. <https://doi.org/10.1007/s10639-020-10315-z>
- Brinson, J. R. (2017). A further characterization of empirical research related to learning outcome achievement in remote and virtual science labs. *Journal of Science Education and Technology*, 26, 546-560. <https://doi.org/10.1007/s10956-017-9699-8>
- Bybee, R. (2011). Scientific and engineering practices in K-12 classrooms: understanding “A framework for K-12 science education”. *Science Teacher*, 78(1), 34-40.
- D’Angelo, C., Rutstein, D., Harris, C., Bernard, R., Borokhovski, E. y Haertel, G. (2014). *Simulations for STEM learning: systematic review and meta-analysis*. SRI International.
- De Jong, T. y Van Joolingen, W. R. (1998). Scientific discovery learning with computer simulations of conceptual domains. *Review of Educational Research*, 68(2), 179-201. <https://doi.org/10.2307/1170753>
- European Commission (2019). 2nd survey of schools: ICT in education. Benchmarking access, use and attitudes to technology in Europe’s schools.
- Freeman, A., Adams, S., Cummins, M., Davis, A. y Hall, C. (2017). *NMC/CoSN Horizon Report: 2017 K-12 Edition*. The New Media Consortium.
- Hallinger, P. y Wang, R. (2020). The evolution of simulation-based learning across the disciplines, 1965-2018: a science map of the literature. *Simulation & Gaming*, 51(1), 9-32. <https://doi.org/10.1177/1046878119888246>
- Leonard, J., Buss, A., Gamboa, R., Mitchell, M., Fashola, O., Hubert, T. y Almughyirah, S. (2016). Using robotics and game design to enhance children’s self-efficacy, STEM attitudes, and computational thinking skills. *Journal of Science Education and Technology*, 25, 860-876. <https://doi.org/10.1007/s10956-016-9628-2>
- López, V., Couso, D. y Simarro, C. (2020) Educación STEM en y para un mundo digital: el papel de las herramientas digitales en el desempeño de prácticas científicas, ingenieriles y matemáticas. *Revista de Educación a Distancia*, 62(20), 20-29. <http://dx.doi.org/10.6018/red.410011>
- Napal, M. y Zudaire, M. I. (2019). *STEM. La enseñanza de las ciencias en la actualidad*. Dextra.

- OECD (2016). *PISA 2015 Assessment and Analytical Framework*. OECD. <https://www.oecd.org/education/pisa-2015-assessment-and-analytical-framework-9789264281820-en.htm>
- OECD (2019). *PISA 2018 Assessment and Analytical Framework*. OECD. https://read.oecd-ilibrary.org/education/pisa-2018-assessment-and-analytical-framework_b25efab8-en#page1
- Oliveira, A., Behnagh, R., Ni, L., Mohsinah, A. A., Burgess, K. J. y Guo, L. (2019). Emerging technologies as pedagogical tools for teaching and learning science: a literature review. *Human Behavior & Emerging Technologies*, 1, 149-160. <https://doi.org/10.1002/hbe2.141>
- Osborne, J. (2014). Teaching scientific practices: meeting the challenge of change. *Journal of Science Teacher Education*, 177-196. <http://doi.org/10.1007/s10972-014-9384-1>
- Sosa-Díaz, M. J. y Valverde-Berrocoso, J. (2020). Perfiles docentes en el contexto de la transformación digital de la escuela. *Bordón, Revista de Pedagogía*, 72(1), 151-173. <https://doi.org/10.13042/Bordon.2020.72965>
- Vasquez, J. A., Sneider, C. y Comer, M. (2013). *STEM lesson essentials, grades 3-8: integrating science, technology, engineering, and mathematics*. Heinemann.
- Velasco, J. y Buteler, L. (2017). Simulaciones computacionales en la enseñanza de la física: una revisión crítica de los últimos años. *Enseñanza de las Ciencias*, 35(2), 161-178. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2117>
- Zhang, W. y Wang, Z. (2021). Teoría y práctica de VR/AR en educación científica K-12: una revisión sistemática. *Sustentabilidad*, 13, 12646. <https://doi.org/10.3390/su132212646>

Abstract

The role of new technologies in STEM education

INTRODUCTION. The growing interest around STEM teachings is the result of the urgent need for professionals in the scientific-technological added to the need to promote scientific literacy among citizens. This way, the society will be able to face the great current socio-scientific problems. The active contribution of emerging technologies as facilitators of the teaching-learning process are presented as a key tool to promote STEM vocations, develop scientific work skills and improve the interpretation of processes and concepts. **METHOD.** This paper introduces a compilation of theoretical and applied research to the scientific community, that sheds light to the important role of new technologies in STEM Education, and also the needs of future research. **RESULTS.** The included research papers show that scientific production in this field has experienced an exponential growth in recent years, with an exponential growth in the application of virtual reality in STEM areas. Virtual simulations pose different challenges for their effective implementation, either if they are developed through virtual reality or as an interactive virtual environment. On the one hand, it is crucial to determine the validity of applets as facilitators of scientific learning; on the other hand, it is also important to know the teacher's competences in the use of these technologies for STEM education. Finally, clear evidence is shown about how simulations and virtual laboratories improve scientific-technological teaching as well as the construction of mental models. **DISCUSSION.** These results allow us to focus on deepening in the development of new technologies, as well as in the complex task of selecting the most suitable simulators, and in the training needs for teachers.

Keywords: *STEM education, Educational technology, Virtual reality, Computer simulation.*

Résumé

Le rôle des nouvelles technologies dans l'éducation STEM

INTRODUCTION. La croissance de l'intérêt autour de l'enseignements des STEM conjointement avec la nécessité de développer une alphabétisation scientifique pour les citoyens résultent de l'urgente nécessité d'innovation des professionnels du domaine scientifique et technologique. Seulement de cette façon, la société sera capable d'affronter les grandes problématiques socio-scientifiques de l'actualité. La collaboration active des technologies émergentes comme facilitateur du processus d'enseignement-apprentissage se présente comme un outil clé pour encourager les vocations STEM, pour développer des compétences de travail scientifique et pour améliorer l'interprétation de processus et de concepts. **METHODE.** Cet article présente à la communauté scientifique un ensemble d'investigations théoriques et appliquées qui mettent en lumière le rôle important des nouvelles technologies dans l'enseignement des STEM, ainsi que l'orientation des futurs recherches. **RESULTATS.** Les travaux présentés montrent que la production scientifique dans ce domaine a expérimenté une croissance exponentielle dans les dernières années, en observant un essor dans l'application de la réalité virtuelle dans les domaines STEM. Les simulations virtuelles se développent à travers la réalité virtuelle, comme un environnement virtuel interactif, et elles présentent des différents défis pour leurs applications effectives. D'un côté, il est crucial de déterminer la validité des applets comme facilitateurs de l'apprentissage scientifique, et de l'autre, reconnaître les compétences des enseignants dans l'utilisation de ces technologies pour l'enseignement des STEM. Finalement, on montre des claires évidences de comment les simulations et laboratoires virtuels améliorent l'enseignement scientifique et technologique, en favorisant la construction des modèles mentaux. **DISCUSSION.** Ces analyses permettent de mettre en lumière l'intérêt de continuer à approfondir le développement des nouvelles technologies, ainsi que la complexité de la tâche de sélectionner les simulateurs les plus adéquats, de pair avec les besoins de formation des enseignants.

Mots-clés : *Enseignement des STEM, Technologie éducative, Réalité virtuelle, Simulations virtuelles.*

Perfil profesional de los autores

Alicia Palacios Ortega

Doctora en Bioquímica por la Universidad Complutense de Madrid. Docente del área de ciencias en educación secundaria y educación de adultos. Profesora e investigadora de la Facultad de Educación de la Universidad Internacional de La Rioja (UNIR). Directora académica del Máster Universitario de Didáctica de Física y Química en Educación Secundaria de la Universidad Internacional de La Rioja (UNIR). Miembro del grupo de investigación de Didáctica de las Matemáticas y las Ciencias Experimentales (DIMACE).

Código ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7906-1417>

Correo electrónico de contacto: alicia.palacios@unir.net

Virginia Pascual López

Doctora en Biología por la Universidad de Málaga (mención europea). Profesora e investigadora de la Universidad Internacional de La Rioja (UNIR). Directora académica del Máster Universitario de Didáctica de Biología y Geología en Educación Secundaria y Bachillerato de la Universidad Internacional de La Rioja (UNIR). Miembro del grupo de investigación DIMACE (Didáctica de las Matemáticas y Ciencias Experimentales).

Código ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9442-1380>

Correo electrónico de contacto: virginia.pascual@unir.net

Daniel Moreno-Mediavilla (autor de contacto)

Profesor de la Facultad de Educación de la Universidad Internacional de La Rioja (UNIR). Miembro del grupo de investigación de Didáctica de las Matemáticas y las Ciencias Experimentales (DIMACE). Coordinador del Área de Didáctica de las Matemáticas y Ciencias Experimentales en la Facultad de Educación de la Universidad Internacional de La Rioja (UNIR). Doctor en Química por la Universidad de Burgos. Más de 20 artículos publicados dentro de JCR y Scopus, y autor de una patente.

Código ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5633-2376>

Correo electrónico de contacto: daniel.moreno@unir.net

Dirección para la correspondencia: Universidad Internacional de La Rioja. Av. de la Paz, 137, 26006 Logroño (La Rioja).