



Francisco Aguilar-Acevedo (Autor de correspondencia)

Universidad Anáhuac Puebla

facevedo@anahuac.mx

ORCID: 0000-0002-5248-3230

Javier Caldera-Miguel

Universidad Anáhuac Puebla

javier.caldera@anahuac.mx

ORCID: 0000-0002-7569-4401

Luis Antonio Romero-Cruz

Universidad Anáhuac Puebla

luis.romero77@anahuac.mx

ORCID: 0009-0009-6616-2356

Luis Alberto Rodríguez-Morales

Universidad Anáhuac Puebla

alberto.rodriguezmo@anahuac.mx

ORCID: 0000-0002-1277-9248

Simulaciones para la enseñanza de las ciencias

Simulations for science teaching

Palabras clave: aprendizaje experiencial, simulaciones por computadora, simuladores PhET.

Resumen

La simulación permite, de manera segura y rentable, sin limitaciones de tiempo o espacio, verificar hipótesis y reflexionar sobre la estructura y los procesos de decisión del sistema estudiado, de modo que el aprendizaje se convierte en característica inherente. Este artículo presenta un panorama del uso de simulaciones en la enseñanza de las ciencias en educación superior, como forma de aprendizaje experiencial que permite afrontar dificultades de los estudiantes para relacionar conceptos abstractos y complejos de las ciencias, con experiencias del mundo real, ya sea por la imposibilidad de observar fenómenos por su escala (micro/macro), o por la falta de recursos o equipo para realizar experimentos. En este trabajo se discuten implicaciones pedagógicas del uso de simuladores, destacando el caso de PhET (*Physics Education Technology*). Finalmente, se comparten recomendaciones para la incorporación efectiva de estas herramientas en contextos educativos científicos para contribuir a una comprensión más amplia de sus beneficios. [Versión en lengua de señas mexicana](#)

Keywords: experiential learning, computer simulations, PhET simulators.

Abstract

Simulation allows, in a safe and cost effective manner, without time or space constraints, to verify hypotheses and reflect on the structure and decision-making processes of the system being studied, so that learning becomes an inherent characteristic. This article presents an overview of the use of simulations in science teaching in higher education, as a form of experiential learning that allows students to address difficulties in relating abstract and complex science concepts with real world experiences, either due to the impossibility of observing phenomena due to their scale (micro/macro), or due to the lack of resources or equipment to carry out experiments. This paper discusses the pedagogical implications of using simulators, highlighting the case of PhET (Physics Education Technology). Finally, recommendations are shared for the effective incorporation of these tools into science education contexts to contribute to a broader understanding of their benefits.

Introducción

Una simulación es una representación interactiva de un sistema estudiado basado en un modelo conceptual, físico o matemático, que puede ser usada con fines instruccionales. En particular, las simulaciones por computadora son utilizadas con propósitos heurísticos (descubrir), ya sea para predecir datos que no se tienen, o generar un entendimiento de los ya existentes, mediante múltiples representaciones que facilitan la manipulación de variables y la visualización de resultados, que de otra manera serían imperceptibles o inconcebibles (Solé-Llussà et al., 2020), proporcionando una positiva y efectiva experiencia de aprendizaje en los estudiantes (Laverie et al., 2022). En este sentido, el uso de simulaciones en la educación se reconoce como una manifestación del aprendizaje experiencial que, desde la perspectiva constructivista de Kolb, concibe el aprendizaje como un proceso cíclico en el que el conocimiento se crea a través de la transformación de la experiencia (Morris, 2019; Kong, 2021).

Dentro de las características que posibilitan el uso de las simulaciones por computadora se pueden citar su fidelidad, interactividad, inmersión y capacidad para adaptarse a las necesidades del usuario (Chernikova et al., 2024). Más aún, resulta innegable que el avance tecnológico ha favorecido notablemente el realismo (credibilidad) de estas herramientas, como la realidad virtual, aumentada y mixta,

alternativas viables para representar eventos u objetos tridimensionales conectados con el mundo real (Negahban, 2024). En el mismo sentido, es importante distinguir entre programas de *software* centrados en la simulación, y aquellos entornos de aprendizaje que además cuentan con un apoyo instruccional y diversos recursos enfocados a facilitar y enriquecer la experiencia de los estudiantes, permitiendo su integración en modalidades semipresenciales y en línea (Campos et al., 2020).

En este punto, cabe mencionar que las simulaciones pueden presentar dos niveles de transparencia de sus modelos; por un lado, se tienen aquellas que se basan en principios físicos fundamentales y ecuaciones para simular interacciones del sistema, denominadas de caja blanca; por el otro, las que aprovechan enfoques empíricos basados en datos, y pueden incorporar algoritmos de aprendizaje automático y técnicas estadísticas, llamadas de caja negra (Shahcheraghian et al., 2024). Esta distinción es especialmente relevante en contextos educativos, pues las simulaciones de caja blanca facilitan la comprensión de los fenómenos modelados, mientras que las de caja negra pueden ser útiles en tareas de predicción o análisis de datos.

Desde esta perspectiva, a continuación se presentan los elementos distintivos del aprendizaje basado en simulaciones y se examina el uso de estas herramientas en la enseñanza de las ciencias, destacando sus repercusiones en los procesos educativos y los desafíos asociados a su integración en la práctica docente.

Desarrollo

Aprendizaje basado en simulaciones

En el ámbito de la educación, las simulaciones permiten generar actividades que fomentan actitudes y percepciones positivas en los estudiantes, lo que favorece procesos de enseñanza y aprendizaje complejos, como los demandados en el estudio de las ciencias, aludiendo al llamado aprendizaje basado en simulación (*simulation-based learning*).

El uso de simulaciones para fines de aprendizaje puede manifestarse empleando un simulador existente o construyendo uno. Para el caso del existente, este puede ser empleado para ilustrar contenidos y realizar experimentos, fomentando el aprendizaje de conceptos a través de la observación y reflexión (Banda y Nzabahimana, 2021); y en el caso de tener que desarrollar un simulador, el proceso mismo es el medio para aprender. Sin embargo, como señala Falloon (2019), al momento de emplear estas herramientas es importante considerar no solo el hecho que los estudiantes puedan operarlas, sino que también puedan comprender la información y los conceptos que comunican. Lo que

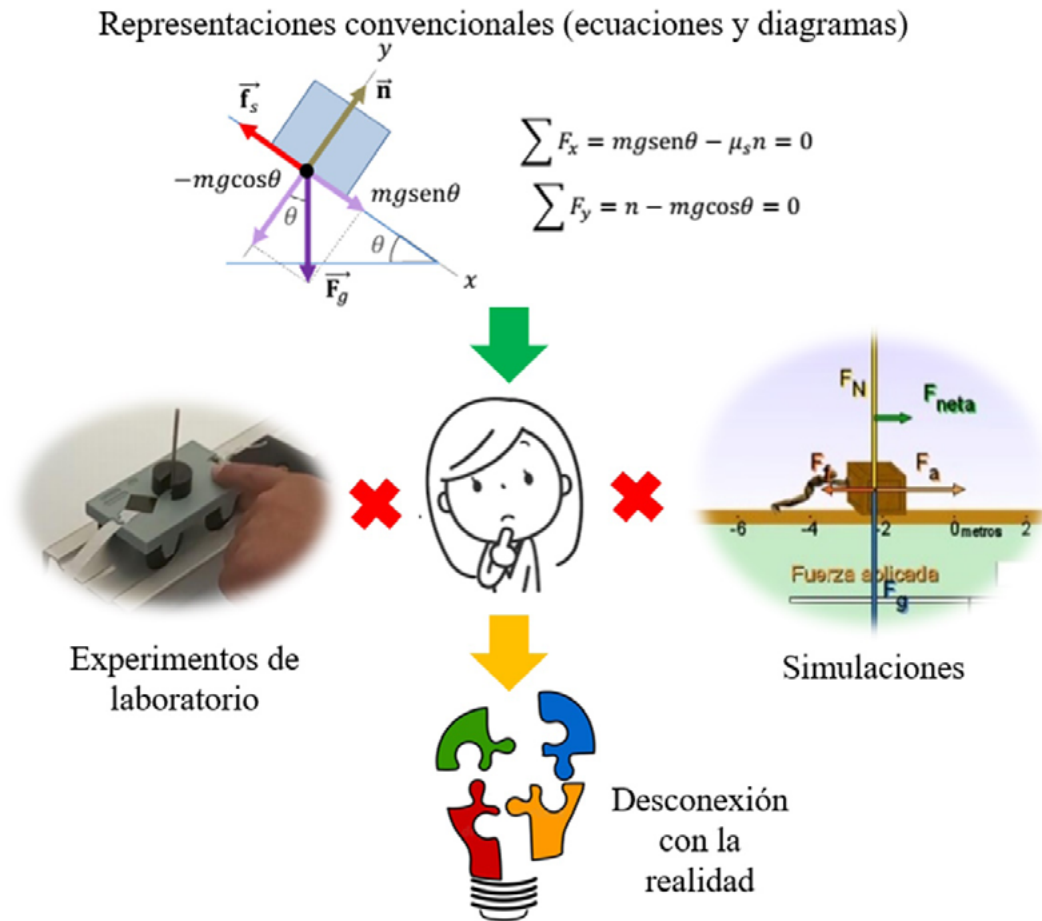
implica que el uso de simuladores no garantiza por sí solo la comprensión conceptual, este debe acompañarse de un enfoque pedagógico efectivo.

Por otra parte, un concepto vinculado frecuentemente con la simulación es el aprendizaje basado en juegos (*game-based learning*), que de forma simple se puede definir como “el aprendizaje facilitado por el uso de un juego”, y cuya justificación se centra en la suposición que estos motivan a los alumnos, lo cual puede no ser cierto para todos los casos (Gómez-Ruiz et al., 2020). Es de señalar que existen juegos que no se basan en simulaciones y viceversa, lo que resulta relevante al momento de considerar la ludificación como herramienta pedagógica.

Uso de simuladores en el aprendizaje de las ciencias

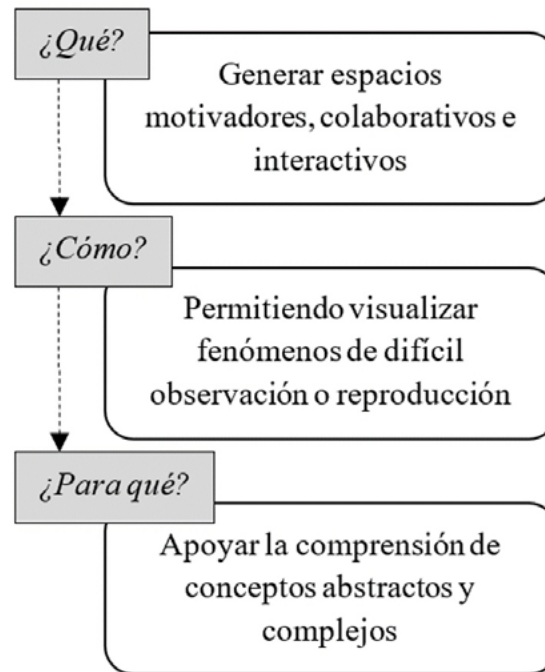
Uno de los obstáculos didácticos en el proceso de enseñanza-aprendizaje, de conceptos abstractos y complejos presentes en las ciencias, es sin duda la dificultad para relacionar estos conceptos con experiencias del mundo real, en particular por la imposibilidad de observar fenómenos debido a su escala (micro/macro), como los enlaces químicos o los campos gravitacionales. Otra limitante frecuente es la falta de recursos o equipo para realizar experimentos, lo que puede traer consigo aprendizajes poco significativos (ver Figura 1). Al respecto, diversas investigaciones señalan al uso de simuladores como una estrategia viable para abordar estos desafíos, al favorecer la colaboración y la motivación de los estudiantes hacia el aprendizaje, a través de interfaces interactivas. Bajo estas consideraciones, en la Figura 2 se esquematiza el objetivo del uso de simuladores en la educación, como una herramienta que, bajo el enfoque del aprendizaje experiencial, conecta la teoría con la práctica.

Figura 1. Representación de la dificultad para relacionar la enseñanza-aprendizaje de las ciencias con experiencias del mundo real



Fuente: Elaboración propia.

Figura 2. Objetivo del uso de simuladores en la educación



Fuente: Elaboración propia.

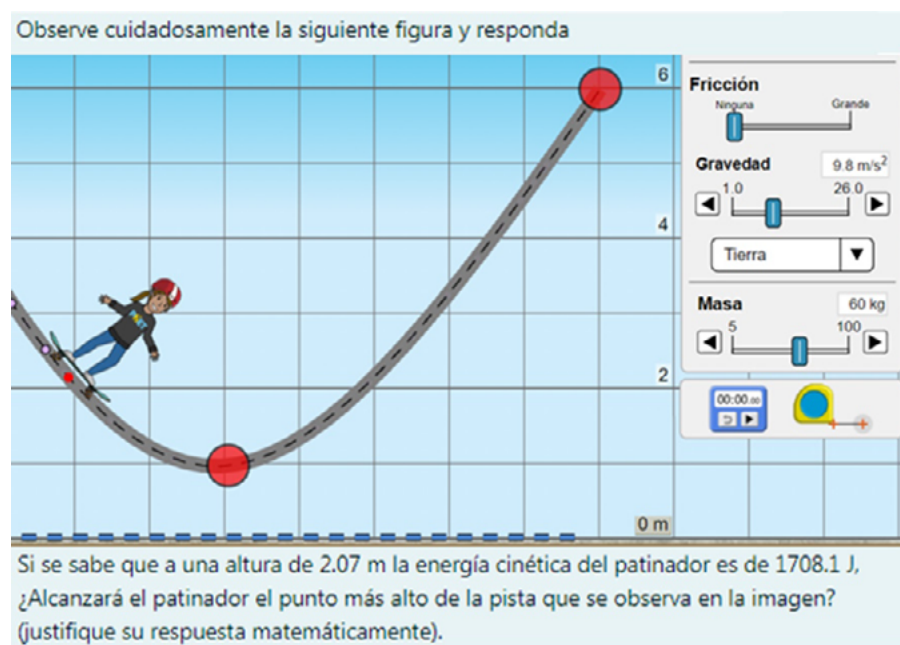
Sin embargo, un desafío inherente al uso de simuladores en procesos de enseñanza y aprendizaje es la dificultad que representa la incorporación de estos recursos en la práctica docente, ya sea por la falta de acceso a la tecnología o las carencias de competencias tecno-pedagógicas en los docentes, que les permitan regular escenarios de aprendizaje con simulaciones (Ramaila, 2024). En este sentido, aunque diversos estudios destacan mejoras en la comprensión conceptual, la participación y las habilidades de resolución de problemas de los estudiantes al utilizar estas herramientas, aún persisten vacíos en las investigaciones que requieren mayor exploración y evidencia empírica (Kefalis et al., 2025).

Al respecto, uno de los recursos ampliamente usados para el proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias (Diab et al., 2024; Dy et al., 2024) han sido las simulaciones web denominadas PhET (Physics Education Technology). Desarrolladas por la Universidad de Colorado en Boulder, las simulaciones PhET permiten abordar temas de física, química, matemáticas, ciencias de la Tierra y biología, siendo reconocidas por diversos estudios como una opción eficaz para la comprensión conceptual, sin dejar de señalar que una combinación de simulaciones y experimentos reales, cuando es posible, es una alternativa a investigar. Dentro de los esquemas de uso de estas herramientas web, destacan su empleo en demostraciones dentro de clases

dirigidas como medio para complementar experimentos de laboratorio y para que los estudiantes exploren las relaciones de causa y efecto, incluso sin la presencia de un instructor (Harahap et al., 2025).

A manera de ejemplo, en la Figura 3 se presenta el planteamiento de un problema de mecánica clásica referente a la conservación de la energía, que hace uso de la simulación PhET denominada “Energía en la pista de patinaje/Patio de juego”, como un medio para que el alumno analice las relaciones causa-efecto y pueda responder a preguntas a partir de la exploración del simulador. En el caso particular, los datos del punto más alto de la pista, la masa (del patinador), la gravedad y la fricción son proporcionadas por la imagen obtenida del *software*, con el propósito de incentivar a los usuarios a examinar la simulación. Este tipo de planteamientos buscan fomentar un aprendizaje activo, al permitir que el estudiante relacione los conceptos abstractos con resultados experimentales simulados.

Figura 3. Planteamiento de un problema de conservación de la energía usando una simulación PhET



Fuente: Elaboración propia.

Conclusión

Hoy, la apropiación social de la tecnología digital ha otorgado a la educación diversas posibilidades para abordar los desafíos que conllevan la enseñanza y el aprendizaje de conceptos abstractos y complejos presentes en áreas como las ciencias, siendo los simuladores por computadora una de las herramientas tecnológicas más recurridas. En ese contexto, dichas herramientas han encontrado un espacio relevante en el ámbito educativo, al permitir enriquecer procesos de enseñanza mediante entornos virtuales de exploración y experimentación.

Finalmente, diversas investigaciones destacan a las simulaciones como una estrategia eficaz para generar experiencias motivadoras, colaborativas e interactivas, que favorecen el rendimiento académico de los estudiantes, sin dejar de mencionar que asumir una visión tecno-pedagógica, a través de estudios sobre el diseño, el desarrollo y la aplicación de simuladores educativos, resulta indispensable para potenciar su anclaje en los currículos y por tanto en la práctica docente en diferentes contextos educativos. ^{sc}

Referencias

- Banda, H. J., y Nzabahimana, J. (2021). Effect of integrating physics education technology simulations on students' conceptual understanding in physics: A review of literature. *Physical Review Physics Education Research*, 17, Article 023108. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.17.023108>
- Campos, N., Nogal, M., Caliz, C., y Juan, A. A. (2020). Simulation-based education involving online and on-campus models in different european universities. *International Journal of Education al Technology in Higher Education*, 17, Article 8. <https://doi.org/10.1186/s41239-020-0181-y>
- Chernikova, O., Sommerhoff, D., Stadler, M., Holzberger, D., Nickl, M., Seidel, T., Kasneci, E., Küchemann, S., Kuhn, J., Fischer, F., y Heitzmann, N. (2024). Personalization through adaptivity or adaptability? A meta-analysis on simulation-based learning in higher education. *Educational Research Review*, 46, Article 100662. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2024.100662>
- Diab, H., Daher, W., Rayan, B., Issa, N., y Rayan, A. (2024). Transforming science education in elementary schools: The power of PhET

- simulations in enhancing student learning. *Multimodal Technologies and Interaction*, 8(11), Article 105. <https://doi.org/10.3390/mti8110105>
- Dy, A. U., Lagura, J. C., y Baluyos, G. R. (2024). Using PhET interactive simulations to improve the learners' performance in science. *Journal of Education and Learning Innovation*, 4(4), 520-530. <https://doi.org/10.35877/454RI.eduline2981>
- Falloon, G. (2019). Using simulations to teach young students science concepts: An experiential learning theoretical analysis. *Computers & Education*, 135, 138-159. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.03.001>
- Gómez-Ruiz, M. Á., Ibarra-Sáiz, M. S., y Rodríguez-Gómez, G. (2020). Aprender a evaluar mediante juegos de simulación en educación superior: Percepciones y posibilidades de transferencia para los estudiantes. *Revista Iberoamericana de Evaluación Educativa*, 13(1), 157-181. <https://doi.org/10.15366/riee2020.13.1.007>
- Harahap, F. S., Susetyarini, E., Purwanti, E., Fitri, S., Rukman, N. K., y Pohan, H. M. (2025). PhET simulation in education: A bibliometric analysis of the Scopus database. *Research and Development in Education*, 5(1), 555-570. <https://doi.org/10.22219/raden.v5i1.40504>
- Kefalis, C., Skordoulis, C., y Drigas, A. (2025). Digital simulations in STEM education: Insights from recent empirical studies, a systematic review. *Encyclopedia*, 5(1), Article 10. <https://doi.org/10.3390/encyclopedia5010010>
- Kong, Y. (2021). The role of experiential learning on students' motivation and classroom engagement. *Frontiers in Psychology*, 12, Article 771272. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.771272>
- Laverie, D. A., Hass, A., y Mitchell, C. (2022). Experiential learning: A study of simulations as a pedagogical tool. *Marketing Education Review*, 32(1), 3-17. <https://doi.org/10.1080/10528008.2020.1843360>
- Morris, T. H. (2019). Experiential learning—a systematic review and revision of Kolb's model. *Interactive Learning Environments*, 28(8), 1064-1077. <https://doi.org/10.1080/10494820.2019.1570279>
- Negahban, A. (2024). Simulation in engineering education: The transition from physical experimentation to digital immersive simulated environments. *Simulation*, 100(7), 695-708. <https://doi.org/10.1177/00375497241229757>

- Ramaila, S. (2024). Pedagogical affordances of physics education technology in teaching and learning: A systematic review. *The International Journal of Technology, Knowledge, and Society*, 20(2), 109-131. <https://doi.org/10.18848/1832-3669/CGP/v20i02/109-131>
- Shahcheraghian, A., Madani, H., e Ilinca, A. (2024). From white to black-box models: A review of simulation tools for building energy management and their application in consulting practices. *Energies*, 17(2), Article 376. <https://doi.org/10.3390/en17020376>
- Solé-Llussà, A., Aguilar Caamaño, D., e Ibáñez Plana, M. (2020). El rol del maestro en indagaciones escolares mediante simulaciones. *Edutec, Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, (74), 221-223. <https://doi.org/10.21556/edutec.2020.74.1803>