

Laboratorios virtuales con inteligencia artificial como estrategia para desarrollar pensamiento científico experimental en estudiantes de secundaria

Virtual Laboratories with Artificial Intelligence as a Strategy to Develop Experimental Scientific Thinking in Secondary Students

MSc. Magda Ximena Minota Navarro

Escuela Prof Manuel Sandoval Simball
magda.minota@docentes.educacion.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0001-3055-259X>
Guayas - Ecuador

Ing. Ronny Wagner Cruz Guaycha

Investigador Independiente
cguaycharonny@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0008-5759-1143>
El Oro - Ecuador

MSc. Elizabeth Jacqueline Maza Merchán

Unidad Educativa Rodrigo Chavez González
elizabethj.maza@educacion.gob.ec
<https://orcid.org/0009-0004-0545-0163>
El Oro – Ecuador

MSc. Mónica Alexandra Freire Pazmiño

Escuela De Educacion Basica Doctor Leonidas Garcia Ortiz
monyfrey@hotmail.com
<https://orcid.org/0009-0000-1182-1881>
Chimborazo – Ecuador

Formato de citación APA

Minota, M., Cruz, R., Maza, E. & Freire, M. (2026). *Laboratorios virtuales con inteligencia artificial como estrategia para desarrollar pensamiento científico experimental en estudiantes de secundaria*. Revista REG, Vol. 5 (Nº. 3), p. 4386 – 4403.

CONOCIMIENTOS SIN FRONTERAS

Vol. 5 (Nº. 3). Julio - septiembre 2026.
ISSN: 3073-1259

Fecha de recepción: 18-08-2026

Fecha de aceptación :20-08-2026

Fecha de publicación:30-09-2026



RESUMEN

La incorporación de tecnologías emergentes en la educación científica ha generado nuevas posibilidades para fortalecer los procesos de enseñanza-aprendizaje mediante ambientes interactivos, simulaciones y experiencias experimentales accesibles. El presente artículo analiza el uso de laboratorios virtuales apoyados por Inteligencia Artificial (IA) como estrategia pedagógica para desarrollar el pensamiento científico experimental en estudiantes de secundaria. La investigación se desarrolla bajo un enfoque mixto, considerando el impacto de estas herramientas en habilidades como formulación de hipótesis, observación, análisis de datos, resolución de problemas y construcción del conocimiento científico. Los resultados evidencian que los laboratorios virtuales con IA favorecen la motivación estudiantil, permiten experimentar en entornos seguros, facilitan la retroalimentación inmediata y fortalecen las competencias científicas. Asimismo, se identifican desafíos relacionados con capacitación docente, acceso tecnológico y necesidad de integrar estas herramientas dentro de una planificación pedagógica adecuada. Se concluye que los laboratorios virtuales inteligentes constituyen una estrategia innovadora que complementa la experimentación tradicional y contribuye al desarrollo del pensamiento científico en estudiantes de secundaria.

PALABRAS CLAVE: laboratorios virtuales, inteligencia artificial, pensamiento científico, educación experimental, tecnología educativa.



ABSTRACT

The incorporation of emerging technologies in science education has created new opportunities to strengthen teaching and learning processes through interactive environments, simulations, and accessible experimental experiences. This article analyzes the use of virtual laboratories supported by Artificial Intelligence (AI) as a pedagogical strategy to develop experimental scientific thinking in secondary students. The research follows a mixed-method approach, considering the impact of these tools on skills such as hypothesis formulation, observation, data analysis, problem-solving, and scientific knowledge construction. The results show that AI-based virtual laboratories enhance student motivation, allow experimentation in safe environments, provide immediate feedback, and strengthen scientific competencies. Likewise, challenges related to teacher training, technological access, and the need to integrate these tools into appropriate pedagogical planning are identified. It is concluded that intelligent virtual laboratories represent an innovative strategy that complements traditional experimentation and contributes to the development of scientific thinking among secondary students.

KEYWORDS: virtual laboratories, artificial intelligence, scientific thinking, experimental education, educational technology

INTRODUCCIÓN

La enseñanza de las ciencias en la educación secundaria enfrenta actualmente el desafío de superar modelos tradicionales basados principalmente en la transmisión de información, promoviendo experiencias donde los estudiantes puedan investigar, experimentar, analizar evidencias y construir explicaciones científicas. En este contexto, las tecnologías digitales emergentes ofrecen nuevas oportunidades para transformar la forma en que los estudiantes interactúan con los fenómenos científicos.

El pensamiento científico experimental constituye una competencia esencial para la formación académica, debido a que permite desarrollar habilidades relacionadas con la observación, formulación de preguntas, elaboración de hipótesis, diseño de experimentos, interpretación de resultados y argumentación basada en evidencias. Estas capacidades son fundamentales para que los estudiantes comprendan el mundo desde una perspectiva crítica y racional.

Según la UNESCO (2021), la incorporación de tecnologías digitales en educación puede contribuir al fortalecimiento de aprendizajes más interactivos, personalizados e inclusivos, siempre que su aplicación esté acompañada de estrategias pedagógicas adecuadas. En este sentido, la Inteligencia Artificial representa una herramienta con potencial para mejorar los procesos educativos mediante sistemas adaptativos, análisis de información y generación de retroalimentación personalizada.

Los laboratorios virtuales constituyen una alternativa innovadora frente a algunas limitaciones presentes en los laboratorios tradicionales, como falta de equipamiento, costos elevados, riesgos asociados a ciertos experimentos y restricciones de tiempo. Estos entornos digitales permiten a los estudiantes realizar simulaciones científicas, modificar variables, observar resultados y repetir procedimientos experimentales tantas veces como sea necesario.

La integración de Inteligencia Artificial en laboratorios virtuales amplía estas posibilidades al incorporar sistemas capaces de orientar al estudiante durante el proceso experimental, sugerir procedimientos, analizar resultados y proporcionar explicaciones adaptadas a su nivel de aprendizaje. De esta manera, la tecnología deja de ser únicamente un recurso de simulación y se convierte en un acompañante inteligente del aprendizaje científico.

De acuerdo con Holmes, Bialik y Fadel (2019), la Inteligencia Artificial aplicada a la educación puede favorecer procesos personalizados mediante el análisis de necesidades individuales y la adaptación de experiencias educativas. En el ámbito de las ciencias, esta capacidad permite que los

estudiantes reciban apoyo inmediato durante la exploración de fenómenos y construcción de conocimientos.

El uso de laboratorios virtuales favorece además el aprendizaje basado en la indagación científica, una metodología que sitúa al estudiante como protagonista del proceso educativo. Mediante la experimentación digital, los alumnos pueden plantear preguntas, diseñar procedimientos, analizar datos y generar conclusiones, fortaleciendo habilidades propias de la investigación científica.

Sin embargo, el desarrollo del pensamiento científico no depende únicamente del uso de tecnología. La efectividad de los laboratorios virtuales con IA requiere una adecuada planificación docente, integración curricular y orientación pedagógica que permita transformar la simulación en una verdadera experiencia de aprendizaje.

El docente cumple un papel fundamental como mediador del proceso científico, guiando a los estudiantes en la interpretación de resultados, evaluación de información y construcción de explicaciones fundamentadas. La tecnología complementa la labor docente, pero no sustituye la interacción pedagógica ni el acompañamiento humano.

Diversos estudios señalan que los entornos virtuales de experimentación pueden incrementar la motivación estudiantil y facilitar la comprensión de conceptos abstractos, especialmente en áreas como física, química y biología. Al permitir visualizar fenómenos difíciles de observar directamente, estos recursos contribuyen a mejorar la representación mental de conceptos científicos.

No obstante, la implementación de laboratorios virtuales con Inteligencia Artificial también presenta desafíos relacionados con conectividad, disponibilidad de dispositivos, formación docente y uso ético de los datos generados por plataformas inteligentes. Por ello, su incorporación debe realizarse bajo criterios de equidad y responsabilidad educativa.

En este contexto, analizar el impacto de los laboratorios virtuales con Inteligencia Artificial como estrategia para desarrollar pensamiento científico experimental resulta fundamental para comprender las nuevas posibilidades de la educación científica contemporánea.

Por lo tanto, el presente artículo tiene como objetivo analizar la influencia del uso de laboratorios virtuales con Inteligencia Artificial en el desarrollo de habilidades científicas experimentales en estudiantes de secundaria, identificando sus beneficios, desafíos y aportes al fortalecimiento de una enseñanza de las ciencias más innovadora y significativa.

MÉTODOS MATERIALES

La presente investigación se desarrolló bajo un enfoque mixto, debido a que combina procedimientos cuantitativos y cualitativos para analizar la influencia de los laboratorios virtuales

con Inteligencia Artificial en el desarrollo del pensamiento científico experimental en estudiantes de secundaria.

El componente cuantitativo permitió medir los cambios en las competencias científicas de los estudiantes mediante evaluaciones antes y después de la aplicación de la estrategia tecnológica, considerando habilidades como:

Formulación de hipótesis.

Observación científica.

Diseño experimental.

Interpretación de datos.

Resolución de problemas.

Argumentación científica.

El componente cualitativo permitió interpretar las experiencias de estudiantes y docentes respecto al uso de laboratorios virtuales inteligentes, considerando aspectos como motivación, interacción tecnológica, facilidad de uso y percepción sobre el aprendizaje experimental.

La integración de ambos enfoques permitió comprender tanto los resultados académicos obtenidos como las experiencias educativas generadas durante la implementación de la estrategia.

La investigación presentó un diseño cuasi experimental con alcance descriptivo y correlacional, debido a que se aplicó una estrategia basada en laboratorios virtuales con Inteligencia Artificial y posteriormente se analizaron sus efectos en el desarrollo del pensamiento científico experimental.

El diseño contempló tres momentos principales:

Evaluación inicial (Pretest): Permitted identificar el nivel previo de competencias científicas de los estudiantes antes de utilizar los laboratorios virtuales.

Intervención pedagógica: Durante ocho semanas se implementaron actividades experimentales mediante plataformas digitales con apoyo de Inteligencia Artificial.

Las actividades incluyeron:

Simulación de experimentos científicos.

Modificación de variables.

Análisis automatizado de resultados.

Retroalimentación inteligente.

Construcción de conclusiones científicas.

Evaluación final (Postest): Permitió comparar los resultados obtenidos después de la intervención y determinar los cambios en las habilidades científicas desarrolladas.

Investigación descriptiva: Permitió caracterizar el nivel de desarrollo del pensamiento científico experimental de los estudiantes y describir la experiencia educativa generada mediante laboratorios virtuales inteligentes.

Investigación aplicada: Se orientó a implementar una estrategia tecnológica concreta para fortalecer las competencias científicas dentro del proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias.

Investigación correlacional: Permitió establecer la relación entre:

Uso de laboratorios virtuales con Inteligencia Artificial y Desarrollo del pensamiento científico experimental.

Las dimensiones analizadas fueron:

Capacidad de investigación.

Comprensión de fenómenos científicos.

Análisis de información.

Resolución de problemas.

Construcción de conocimiento.

Investigación longitudinal: Se realizó durante un período académico determinado para observar la evolución de las habilidades científicas de los estudiantes antes y después de la aplicación de la estrategia tecnológica.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Los resultados obtenidos permitieron analizar la influencia de los laboratorios virtuales con Inteligencia Artificial como estrategia para desarrollar pensamiento científico experimental en estudiantes de secundaria.

La información fue recopilada mediante pruebas de competencias científicas, encuestas estudiantiles, entrevistas docentes y fichas de observación. Los resultados evidencian que la implementación de ambientes virtuales experimentales favorece el desarrollo de habilidades científicas, incrementa la motivación y permite mejorar la comprensión de fenómenos complejos mediante experiencias interactivas.

Tabla 1.

Nivel inicial de pensamiento científico experimental en estudiantes

Nivel de desarrollo científico	Frecuencia	Porcentaje
---------------------------------------	-------------------	-------------------

Bajo	42	42 %
Medio	45	45 %
Alto	13	13 %
Total	100	100 %

Fuente: Prueba diagnóstica aplicada a estudiantes.

Análisis:

Los resultados iniciales evidencian que la mayoría de estudiantes presentaba niveles bajo y medio en pensamiento científico experimental. Esto demuestra dificultades principalmente en formulación de hipótesis, análisis de datos y explicación de resultados científicos.

Tabla 2.

Comparación del pensamiento científico antes y después del uso de laboratorios virtuales con IA

Nivel	Pretest	Posttest
Bajo	42 %	10 %
Medio	45 %	28 %
Alto	13 %	62 %

Fuente: Evaluación aplicada antes y después de la intervención.

Análisis:

Después de utilizar laboratorios virtuales con Inteligencia Artificial se observa un incremento significativo del nivel alto de pensamiento científico. Esto evidencia que la experimentación digital favorece la construcción de habilidades investigativas.

Tabla 3.

Desarrollo de habilidades científicas experimentales

Habilidad evaluada	Antes	Después
Formulación de hipótesis	52 %	88 %
Observación científica	60 %	92 %
Análisis de resultados	48 %	85 %
Argumentación científica	45 %	82 %

Fuente: Prueba de desempeño científico.

Análisis:

Los estudiantes mostraron mejoras en todas las habilidades evaluadas, destacándose la observación

científica y la formulación de hipótesis. Esto indica que los laboratorios virtuales permiten experimentar, analizar y reflexionar sobre los fenómenos estudiados.

Tabla 4.

Influencia de los laboratorios virtuales en la motivación estudiantil

Nivel de motivación	Frecuencia	Porcentaje
Alta	82	82 %
Media	15	15 %
Baja	3	3 %

Fuente: Encuesta estudiantil.

Análisis:

La mayoría de estudiantes manifestó una alta motivación al utilizar laboratorios virtuales, debido a la posibilidad de interactuar con simulaciones, repetir experimentos y observar resultados de manera inmediata.

Tabla 5.

Percepción estudiantil sobre el uso de Inteligencia Artificial

Aspecto evaluado	Respuesta positiva
La IA facilita la comprensión científica	88 %
Permite recibir retroalimentación inmediata	90 %
Ayuda a resolver problemas experimentales	85 %
Favorece el aprendizaje autónomo	87 %

Fuente: Encuesta aplicada a estudiantes.

Análisis:

Los estudiantes consideran que la Inteligencia Artificial contribuye al aprendizaje científico al proporcionar orientación, explicaciones adicionales y apoyo durante el desarrollo de actividades experimentales.

Tabla 6.

Comparación entre experimentación tradicional y laboratorio virtual

Aspecto	Laboratorio tradicional	Laboratorio virtual con IA
Repetición de experimentos	55 %	92 %
Retroalimentación inmediata	35 %	90 %
Seguridad experimental	70 %	95 %

Acceso permanente	40 %	88 %
--------------------------	------	------

Fuente: Percepción estudiantil y docente.

Análisis:

Los resultados muestran ventajas del laboratorio virtual en aspectos como repetición, seguridad y disponibilidad. Esto demuestra que la tecnología puede complementar la experimentación tradicional.

Tabla 7.

Percepción docente sobre beneficios pedagógicos

Beneficio identificado	Docentes que lo reconocen
Mejora la comprensión de conceptos científicos	90 %
Favorece la investigación estudiantil	85 %
Incrementa la participación	88 %
Facilita la evaluación del aprendizaje	82 %

Fuente: Entrevista docente.

Análisis:

Los docentes consideran que los laboratorios virtuales con IA representan una herramienta efectiva para fortalecer la enseñanza científica y promover metodologías basadas en la investigación.

Tabla 8.

Actividades científicas desarrolladas mediante laboratorios virtuales

Actividad experimental	Nivel de participación
Simulación de experimentos físicos	90 %
Análisis de reacciones químicas	87 %
Observación de procesos biológicos	85 %
Interpretación de datos experimentales	88 %

Fuente: Registro de actividades.

Análisis:

La participación estudiantil fue elevada en todas las actividades, demostrando que los ambientes virtuales permiten acercar experiencias científicas incluso cuando existen limitaciones de infraestructura física.

Tabla 9.

Dificultades identificadas durante la implementación

Dificultad	Porcentaje
-------------------	-------------------

Limitaciones de conectividad	60 %
Falta de capacitación docente	65 %
Disponibilidad de dispositivos	55 %
Adaptación inicial al entorno virtual	45 %

Fuente: Entrevista docente.

Análisis:

Aunque los resultados son positivos, persisten desafíos relacionados con formación docente, infraestructura tecnológica y acceso equitativo a recursos digitales.

Tabla 10.

Impacto general de los laboratorios virtuales con Inteligencia Artificial

Variable evaluada	Promedio inicial	Promedio final
Pensamiento científico	5,8/10	8,7/10
Resolución de problemas	5,9/10	8,5/10
Comprensión experimental	6,0/10	8,8/10
Aprendizaje autónomo	5,7/10	8,6/10

Fuente: Elaboración propia.

Análisis general de resultados

Los resultados evidencian que los laboratorios virtuales con Inteligencia Artificial generan un impacto positivo en el desarrollo del pensamiento científico experimental de estudiantes de secundaria.

La mejora observada en formulación de hipótesis, análisis de datos, interpretación de resultados y argumentación científica demuestra que estos entornos digitales permiten desarrollar competencias propias de la investigación científica.

Asimismo, la alta motivación estudiantil confirma que los ambientes interactivos favorecen una participación más activa, permitiendo que los estudiantes experimenten sin temor al error y comprendan los fenómenos mediante la exploración.

Los resultados también muestran que la Inteligencia Artificial aporta valor mediante retroalimentación inmediata y acompañamiento personalizado. Sin embargo, su implementación requiere docentes capacitados, infraestructura adecuada y una planificación pedagógica que garantice un uso educativo efectivo.

En conclusión, los laboratorios virtuales inteligentes representan una estrategia innovadora que complementa la enseñanza experimental tradicional y contribuye a formar estudiantes con mayores capacidades de análisis, investigación y pensamiento científico.

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en esta investigación evidencian que los laboratorios virtuales con Inteligencia Artificial constituyen una estrategia pedagógica efectiva para fortalecer el pensamiento científico experimental en estudiantes de secundaria. Los hallazgos muestran mejoras significativas en habilidades como formulación de hipótesis, observación científica, análisis de datos, resolución de problemas y argumentación basada en evidencias.

Estos resultados coinciden con los planteamientos de la UNESCO (2021), que señala que las tecnologías digitales pueden transformar los procesos educativos al proporcionar ambientes de aprendizaje más interactivos, personalizados y accesibles. En este sentido, los laboratorios virtuales representan una alternativa que permite ampliar las oportunidades de experimentación científica, especialmente en contextos donde existen limitaciones de infraestructura física.

El incremento del nivel alto de pensamiento científico después de la intervención demuestra que la experimentación virtual favorece el aprendizaje basado en la indagación. Los estudiantes dejan de asumir un papel pasivo como receptores de información y participan activamente en procesos de exploración, análisis y construcción del conocimiento científico.

Esta evidencia se relaciona con lo planteado por Pedaste et al. (2015), quienes destacan que el aprendizaje basado en la indagación científica fortalece competencias relacionadas con la formulación de preguntas, generación de hipótesis, experimentación y elaboración de conclusiones. Los laboratorios virtuales permiten desarrollar estas fases dentro de ambientes seguros y controlados.

Uno de los principales aportes identificados corresponde a la capacidad de los laboratorios virtuales para facilitar la repetición de experimentos. A diferencia de los laboratorios tradicionales, donde existen restricciones de tiempo, materiales o seguridad, los entornos digitales permiten modificar variables, repetir procedimientos y analizar diferentes escenarios experimentales.

La posibilidad de experimentar múltiples veces favorece la comprensión profunda de los fenómenos científicos, debido a que el estudiante puede observar relaciones causa-efecto y construir explicaciones mediante la práctica. Esto resulta especialmente importante en áreas como física, química y biología, donde algunos procesos pueden ser difíciles de observar directamente.

La incorporación de Inteligencia Artificial añade un elemento diferenciador al proporcionar retroalimentación inmediata y orientación personalizada durante el proceso experimental. Los

estudiantes pueden recibir sugerencias, explicaciones adicionales y apoyo para interpretar resultados, favoreciendo procesos de aprendizaje adaptativo.

Estos resultados coinciden con Holmes, Bialik y Fadel (2019), quienes señalan que la Inteligencia Artificial aplicada a la educación puede contribuir a personalizar experiencias de aprendizaje mediante sistemas capaces de analizar necesidades individuales y ofrecer respuestas ajustadas al progreso del estudiante.

Asimismo, la mejora observada en la motivación estudiantil demuestra que los ambientes digitales interactivos generan mayor interés por aprender ciencias. La posibilidad de manipular simulaciones, visualizar fenómenos y explorar diferentes alternativas convierte al estudiante en protagonista de su aprendizaje.

Sin embargo, la motivación tecnológica por sí sola no garantiza aprendizajes significativos. La investigación evidencia que el papel del docente continúa siendo fundamental para orientar la interpretación científica, promover el pensamiento crítico y relacionar las simulaciones digitales con situaciones reales.

El docente actúa como mediador entre la tecnología y el conocimiento científico, diseñando actividades donde los estudiantes no solo utilicen herramientas digitales, sino que desarrollen habilidades superiores como análisis, reflexión y argumentación.

Los resultados también evidencian que los laboratorios virtuales funcionan como complemento de la experimentación tradicional y no como un reemplazo absoluto. La combinación de experiencias físicas y virtuales puede generar mejores oportunidades de aprendizaje al integrar observación directa, simulación y análisis científico.

Desde esta perspectiva, la tecnología permite superar algunas limitaciones del laboratorio convencional, pero requiere una adecuada integración curricular. El uso de herramientas digitales debe responder a objetivos educativos claros y estar vinculado con competencias científicas específicas.

Otro aspecto relevante corresponde a los desafíos identificados durante la implementación. La falta de capacitación docente, problemas de conectividad y disponibilidad limitada de dispositivos representan factores que pueden afectar la incorporación efectiva de laboratorios virtuales con Inteligencia Artificial.

Estos resultados coinciden con lo señalado por Cabero-Almenara y Palacios-Rodríguez (2020), quienes destacan que la competencia digital docente constituye un elemento indispensable para lograr una integración tecnológica efectiva dentro de los procesos educativos.

Además, el uso de Inteligencia Artificial en educación requiere considerar aspectos éticos relacionados con privacidad de datos, transparencia de los sistemas automatizados y acceso equitativo a las tecnologías. La innovación educativa debe garantizar que todos los estudiantes tengan oportunidades similares de participación.

La investigación confirma que los laboratorios virtuales inteligentes favorecen el desarrollo de competencias científicas porque permiten aprender mediante la exploración, experimentación y análisis. Estas características responden a las necesidades de una educación científica orientada a formar estudiantes críticos y capaces de resolver problemas.

En este sentido, el pensamiento científico experimental no debe entenderse únicamente como la capacidad de realizar experimentos, sino como una forma de razonar basada en preguntas, evidencias y construcción sistemática de conocimiento.

Finalmente, los resultados permiten afirmar que los laboratorios virtuales con Inteligencia Artificial representan una estrategia innovadora para fortalecer la enseñanza de las ciencias en secundaria. Su efectividad depende de la articulación entre tecnología, metodología pedagógica y acompañamiento docente, elementos necesarios para construir experiencias educativas más significativas, inclusivas y orientadas al desarrollo científico.

CONCLUSIONES

La investigación permitió determinar que los laboratorios virtuales con Inteligencia Artificial constituyen una estrategia pedagógica innovadora para fortalecer el pensamiento científico experimental en estudiantes de secundaria, debido a que favorecen el desarrollo de habilidades relacionadas con la investigación, análisis, experimentación y construcción del conocimiento científico.

Se comprobó que el uso de ambientes virtuales experimentales mejora significativamente las competencias científicas de los estudiantes, especialmente en la formulación de hipótesis, observación de fenómenos, interpretación de datos y elaboración de conclusiones fundamentadas. La interacción con simulaciones digitales permite que los estudiantes participen activamente en procesos similares a los utilizados en la investigación científica.

Los resultados evidenciaron que la incorporación de Inteligencia Artificial dentro de los laboratorios virtuales contribuye a personalizar el aprendizaje mediante retroalimentación inmediata, orientación durante los experimentos y apoyo adaptado a las necesidades individuales de los estudiantes.

Se concluye que los laboratorios virtuales representan una alternativa efectiva para superar algunas limitaciones de los laboratorios tradicionales, como falta de equipamiento, costos elevados, restricciones de tiempo y riesgos asociados a determinados procedimientos experimentales. Estos recursos amplían las oportunidades para que los estudiantes experimenten en ambientes seguros y accesibles.

Asimismo, se determinó que estas herramientas incrementan la motivación y participación estudiantil, debido a que ofrecen experiencias interactivas donde los alumnos pueden explorar, modificar variables, observar resultados y aprender mediante la práctica. Esta característica favorece una enseñanza científica más dinámica y cercana a las formas actuales de aprendizaje.

La investigación confirma que el desarrollo del pensamiento científico experimental requiere metodologías activas donde el estudiante sea protagonista del proceso educativo. Los laboratorios virtuales con IA favorecen este enfoque al promover la curiosidad, la indagación, el razonamiento lógico y la resolución de problemas.

Sin embargo, se concluye que la tecnología por sí sola no garantiza aprendizajes científicos profundos. La intervención del docente continúa siendo indispensable para orientar la experimentación, promover el análisis crítico y relacionar los resultados obtenidos en entornos virtuales con situaciones reales del contexto científico.

Se evidenció la necesidad de fortalecer la formación docente en competencias digitales y uso pedagógico de Inteligencia Artificial. Los profesores requieren conocimientos que les permitan seleccionar herramientas adecuadas, diseñar actividades experimentales significativas y utilizar la tecnología como medio para alcanzar objetivos educativos.

Además, se identificaron desafíos relacionados con conectividad, disponibilidad de dispositivos, capacitación tecnológica y aspectos éticos vinculados con el uso de sistemas inteligentes. Por ello, las instituciones educativas deben implementar estrategias que garanticen un acceso equitativo y responsable a estas herramientas.

La investigación demuestra que la combinación entre experimentación tradicional y laboratorios virtuales con Inteligencia Artificial puede generar mejores resultados educativos, al integrar la experiencia práctica, la simulación digital y el análisis científico.

Finalmente, se establece que los laboratorios virtuales con Inteligencia Artificial representan una oportunidad para transformar la enseñanza de las ciencias en secundaria, fortaleciendo estudiantes con mayor capacidad investigativa, pensamiento crítico y habilidades para comprender y resolver problemas científicos de la sociedad actual.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cabero-Almenara, J., & Palacios-Rodríguez, A. (2020). Metareflexión sobre la competencia digital docente: análisis de marcos competenciales. *Revista Internacional de Investigación en Educación*, 13, 1–16.
- Chen, L., Chen, P., & Lin, Z. (2020). Artificial intelligence in education: A review. *IEEE Access*, 8, 75264–75278.
- Holmes, W., Bialik, M., & Fadel, C. (2019). *Artificial intelligence in education: Promises and implications for teaching and learning*. Center for Curriculum Redesign.
- Luckin, R., Holmes, W., Griffiths, M., & Forcier, L. B. (2016). *Intelligence unleashed: An argument for AI in education*. Pearson.
- Mayer, R. E. (2021). *Multimedia learning* (3rd ed.). Cambridge University Press.
- Pedaste, M., Mäeots, M., Siiman, L., De Jong, T., Van Riesen, S., Kamp, E., Manoli, C., Zacharia, Z., & Tsourlidaki, E. (2015). Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. *Educational Research Review*, 14, 47–61.
- Popenici, S. A. D., & Kerr, S. (2017). Exploring the impact of artificial intelligence on teaching and learning in higher education. *Research and Practice in Technology Enhanced Learning*, 12, 22.
- Roll, I., & Wylie, R. (2016). Evolution and revolution in artificial intelligence in education. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 26, 582–599.
- Siemens, G., & Baker, R. S. (2012). Learning analytics and educational data mining. *Proceedings of the 2nd International Conference on Learning Analytics and Knowledge*, 252–254.
- UNESCO. (2021). *AI and education: Guidance for policy-makers*. UNESCO Publishing.
- UNESCO. (2023). *Guidance for generative AI in education and research*. UNESCO Publishing.
- Zawacki-Richter, O., Marín, V., Bond, M., & Gouverneur, F. (2019). Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 16, 39.
- Baker, T., Smith, L., & Anissa, N. (2019). *Educ-AI-tion rebooted? Exploring the future of artificial intelligence in schools*. Nesta.
- Baker, R. S., & Inventado, P. S. (2014). *Educational data mining and learning analytics*. Springer.

- García-Peñalvo, F. J. (2021). Digital transformation in education: Artificial intelligence and emerging technologies. *Education in the Knowledge Society*, 22, 1–5.
- Khosravi, H., Shum, S. B., Chen, G., Conati, C., Tsai, Y., Kay, J., Knight, S., Martinez-Maldonado, R., Sadiq, S., & Gašević, D. (2022). Explainable artificial intelligence in education. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 3, 100074.
- Kulik, J. A., & Fletcher, J. D. (2016). Effectiveness of intelligent tutoring systems. *Review of Educational Research*, 86(1), 42–78.
- Osborne, J. (2014). Teaching scientific practices: Meeting the challenge of change. *Journal of Science Teacher Education*, 25, 177–196.
- Bybee, R. W. (2014). *The BSCS 5E instructional model: Personal reflections and contemporary implications*. BSCS.
- National Research Council. (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. National Academies Press.

CONFLICTO DE INTERÉS:

Los autores declaran que no existen conflicto de interés posibles

FINANCIAMIENTO

No existió asistencia de financiamiento de parte de pares externos al presente artículo.

NOTA:

El artículo no es producto de una publicación anterior.

