

Uso de simuladores digitales para la comprensión de fenómenos biológicos complejos en Educación Básica Superior

Use of Digital Simulators for Understanding Complex Biological Phenomena in Upper Basic Education

Lic. Arteaga Velasquez Irlanda Del Rosario

Unidad Educativa Fiscomisional "Sagrado Corazon"
arteagavelasquez183@sagradocorazon.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0002-4665-1565>
Esmeraldas – Ecuador

MSc. Olmedo Mairongo Leicia Juana

Unidad Educativa Aurelia Becerra Del Quiñonez
leicia.olmedo@docentes.educacion.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0001-2326-8830>
Esmeraldas – Ecuador

MSc. Intriago Palacios Betsy Maricela

Unidad Educativa Aurelia Becerra Del Quiñonez
betsi.intriago@docentes.educacion.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0006-4208-6908>
Esmeraldas – Ecuador

MSc. Bustamante Bustamante Anya Elizabeth

Unidad Educativa "Rosario Gonzalez De Murillo "
tanya.bustamante@docentes.educacion.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0008-9354-4360>
Pichincha - Ecuador

Formato de citación APA

Arteaga, I., Olmedo, L., Intriago, B. & Bustamante, A. (2026). *Uso de simuladores digitales para la comprensión de fenómenos biológicos complejos en Educación Básica Superior*. Revista REG, Vol. 5 (Nº. 3), 4404 – 4421.

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 enseñanza de la Biología en Educación Básica Superior enfrenta el desafío de explicar fenómenos complejos que, por sus características microscópicas, dinámicas o abstractas, presentan dificultades de comprensión para los estudiantes. En este contexto, los simuladores digitales constituyen herramientas tecnológicas que permiten representar procesos biológicos mediante modelos interactivos, favoreciendo la visualización, experimentación y construcción del conocimiento científico. El presente artículo analiza el uso de simuladores digitales como estrategia didáctica para mejorar la comprensión de fenómenos biológicos complejos en estudiantes de Educación Básica Superior. La investigación se desarrolla bajo un enfoque mixto, considerando el impacto de estas herramientas en la comprensión conceptual, motivación académica, aprendizaje autónomo y desarrollo del pensamiento científico. Los resultados evidencian que los simuladores digitales favorecen la interpretación de procesos como división celular, genética, sistemas del cuerpo humano y relaciones ecológicas, debido a que permiten observar fenómenos difíciles de representar mediante métodos tradicionales. Se concluye que la integración pedagógica de simuladores digitales fortalece la enseñanza de la Biología al generar ambientes interactivos, experimentales y significativos, aunque requiere capacitación docente, planificación adecuada y acceso equitativo a recursos tecnológicos.

PALABRAS CLAVE: simuladores digitales, Biología, fenómenos complejos, educación tecnológica, aprendizaje científico.



ABSTRACT

The teaching of Biology in Upper Basic Education faces the challenge of explaining complex phenomena that, due to their microscopic, dynamic, or abstract nature, are difficult for students to understand. In this context, digital simulators are technological tools that allow the representation of biological processes through interactive models, promoting visualization, experimentation, and scientific knowledge construction. This article analyzes the use of digital simulators as a teaching strategy to improve the understanding of complex biological phenomena among Upper Basic Education students. The research follows a mixed-method approach, considering the impact of these tools on conceptual understanding, academic motivation, autonomous learning, and scientific thinking development. The results show that digital simulators improve the interpretation of processes such as cell division, genetics, human body systems, and ecological relationships, as they allow students to observe phenomena that are difficult to represent through traditional methods. It is concluded that the pedagogical integration of digital simulators strengthens Biology teaching by creating interactive, experimental, and meaningful learning environments, although it requires teacher training, adequate planning, and equitable access to technological resources.

KEYWORDS: digital simulators, Biology, complex phenomena, educational technology, scientific learning.



INTRODUCCIÓN

La enseñanza de la Biología en los niveles educativos actuales requiere estrategias que permitan superar las dificultades asociadas a la comprensión de fenómenos complejos, especialmente aquellos relacionados con procesos microscópicos, dinámicos o abstractos. Conceptos como división celular, expresión genética, funcionamiento de sistemas corporales, evolución y relaciones ecológicas implican modelos mentales difíciles de construir mediante explicaciones exclusivamente teóricas.

En este contexto, la incorporación de tecnologías digitales en educación científica representa una oportunidad para transformar las prácticas pedagógicas tradicionales mediante recursos interactivos que facilitan la representación visual y experimental de fenómenos naturales. Los simuladores digitales permiten recrear escenarios científicos, manipular variables y observar resultados sin las limitaciones presentes en ambientes experimentales convencionales.

Según la UNESCO (2021), las tecnologías digitales pueden contribuir al fortalecimiento de los aprendizajes cuando se integran con objetivos pedagógicos claros y metodologías centradas en el estudiante. En el área de Ciencias Naturales, estas herramientas favorecen procesos de exploración, análisis y construcción del conocimiento científico.

Los simuladores digitales se caracterizan por representar modelos de sistemas reales mediante entornos virtuales donde los estudiantes pueden interactuar con diferentes elementos del fenómeno estudiado. Esta posibilidad resulta especialmente importante en Biología, debido a que muchos procesos ocurren a escalas microscópicas o temporales que no pueden observarse directamente en el aula.

La comprensión de fenómenos biológicos complejos requiere que los estudiantes desarrollen habilidades cognitivas superiores, como interpretación de modelos, análisis de relaciones causa-efecto y aplicación del conocimiento en nuevas situaciones. Los simuladores permiten fortalecer estas capacidades al proporcionar experiencias de aprendizaje basadas en la exploración y experimentación.

De acuerdo con Mayer (2021), los recursos multimedia interactivos favorecen el aprendizaje cuando combinan adecuadamente información visual y verbal, permitiendo que los estudiantes construyan representaciones mentales más completas. En este sentido, los simuladores digitales facilitan la comprensión de estructuras y procesos biológicos mediante representaciones dinámicas.

En Educación Básica Superior, los estudiantes enfrentan dificultades frecuentes para comprender contenidos relacionados con genética, células, anatomía y fisiología humana. Estos temas

requieren visualizar estructuras que no pueden observarse directamente y comprender procesos que ocurren en diferentes niveles de organización biológica.

El uso de simuladores digitales permite superar estas dificultades al ofrecer modelos interactivos donde los estudiantes pueden observar procesos, modificar condiciones y analizar consecuencias. Por ejemplo, en genética pueden experimentar con combinaciones hereditarias; en ecología pueden modificar variables ambientales; y en fisiología pueden analizar el funcionamiento de sistemas corporales.

Además, estos recursos favorecen el aprendizaje activo, ya que convierten al estudiante en protagonista del proceso educativo. En lugar de memorizar información, los alumnos pueden formular preguntas, explorar hipótesis y obtener evidencias mediante la interacción con modelos científicos.

Sin embargo, la efectividad de los simuladores digitales depende de una adecuada mediación docente. La tecnología por sí sola no garantiza aprendizaje significativo; requiere actividades planificadas, preguntas orientadoras y procesos de reflexión que permitan relacionar la simulación con conceptos científicos.

El docente cumple un papel fundamental como guía del aprendizaje, seleccionando simuladores adecuados, orientando la interpretación de resultados y promoviendo el pensamiento crítico. La integración tecnológica debe responder a necesidades educativas específicas y no limitarse al uso instrumental de herramientas digitales.

A pesar de sus beneficios, la implementación de simuladores digitales presenta desafíos relacionados con conectividad, disponibilidad de dispositivos, formación docente y selección de recursos de calidad. Por ello, las instituciones educativas deben generar condiciones que permitan una incorporación efectiva y equitativa de estas tecnologías.

En este sentido, analizar el uso de simuladores digitales para la comprensión de fenómenos biológicos complejos resulta relevante para identificar sus aportes en la enseñanza de la Biología y establecer estrategias que fortalezcan el aprendizaje científico.

Por lo tanto, el presente artículo tiene como objetivo analizar la influencia del uso de simuladores digitales en la comprensión de fenómenos biológicos complejos en estudiantes de Educación Básica Superior, determinando sus beneficios, limitaciones y contribuciones al desarrollo de aprendizajes científicos significativos.

MÉTODOS MATERIALES

La presente investigación se desarrolló bajo un enfoque mixto, debido a que integra métodos cuantitativos y cualitativos para analizar la influencia del uso de simuladores digitales en la comprensión de fenómenos biológicos complejos en estudiantes de Educación Básica Superior.

El componente cuantitativo permitió medir los cambios en el nivel de comprensión conceptual de los estudiantes mediante evaluaciones antes y después de la aplicación de simuladores digitales, considerando contenidos relacionados con:

Estructura y función celular.

División celular.

Genética y herencia.

Sistemas del cuerpo humano.

Relaciones ecológicas.

El componente cualitativo permitió interpretar las experiencias de estudiantes y docentes respecto al uso de simuladores, considerando aspectos como:

Motivación hacia el aprendizaje de Biología.

Facilidad de comprensión de fenómenos abstractos.

Interacción con recursos digitales.

Percepción sobre el aprendizaje experimental.

La integración de ambos enfoques permitió obtener una visión integral sobre la efectividad pedagógica de los simuladores digitales como estrategia de enseñanza científica.

La investigación presentó un diseño cuasi experimental con alcance descriptivo y correlacional, debido a que se aplicó una estrategia didáctica basada en simuladores digitales y posteriormente se analizaron sus efectos en la comprensión de fenómenos biológicos.

El diseño contempló tres etapas:

Evaluación inicial (Pretest): Permitted identificar los conocimientos previos de los estudiantes sobre fenómenos biológicos complejos antes de utilizar los simuladores digitales.

Se evaluaron aspectos como:

Comprensión conceptual.

Interpretación de imágenes científicas.

Relación entre estructuras y funciones biológicas.

Explicación de procesos naturales.

Intervención pedagógica: Durante ocho semanas se desarrollaron actividades mediante simuladores digitales aplicados a contenidos de Biología.

Las actividades incluyeron:

Simulación del ciclo celular.

Modelos interactivos de ADN y genética.

Representación de sistemas del cuerpo humano.

Simulación de ecosistemas.

Análisis de cambios en variables biológicas.

Los estudiantes participaron mediante exploración guiada, formulación de preguntas, análisis de resultados y construcción de explicaciones científicas.

Evaluación final (Postest): Permitió comparar los resultados obtenidos después de la aplicación de la estrategia tecnológica y determinar cambios en la comprensión de los contenidos biológicos.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Los resultados obtenidos permitieron analizar la influencia del uso de simuladores digitales en la comprensión de fenómenos biológicos complejos en estudiantes de Educación Básica Superior.

La información fue recopilada mediante pruebas de comprensión biológica, encuestas estudiantiles, entrevistas docentes y fichas de observación. Los resultados evidencian que los simuladores digitales favorecen la comprensión conceptual, incrementan la motivación y permiten representar procesos biológicos difíciles de observar mediante métodos tradicionales.

Tabla 1.

Nivel inicial de comprensión de fenómenos biológicos complejos

Nivel de comprensión	Frecuencia	Porcentaje
Bajo	52	43,3 %
Medio	50	41,7 %
Alto	18	15 %
Total	120	100 %

Fuente: Prueba diagnóstica aplicada a estudiantes.

Análisis:

Los resultados iniciales evidencian que la mayoría de estudiantes presentaba dificultades para comprender procesos biológicos abstractos, especialmente aquellos relacionados con estructuras microscópicas y relaciones entre sistemas biológicos.

Tabla 2.

Comparación de comprensión biológica antes y después del uso de simuladores digitales

Nivel de comprensión	Pretest	Posttest
Bajo	43,3 %	11,7 %
Medio	41,7 %	30 %
Alto	15 %	58,3 %

Fuente: Evaluación antes y después de la intervención.

Análisis:

Después de utilizar simuladores digitales se observa un aumento considerable del nivel alto de comprensión. Esto demuestra que las representaciones interactivas facilitan la construcción de modelos mentales sobre fenómenos biológicos complejos.

Tabla 3.

Comprensión de contenidos biológicos específicos

Contenido evaluado	Antes	Después
División celular	52 %	88 %
Genética y herencia	48 %	85 %
Sistemas del cuerpo humano	60 %	90 %
Relaciones ecológicas	55 %	87 %

Fuente: Prueba de conocimientos biológicos.

Análisis:

Los estudiantes mejoraron en todos los contenidos evaluados. Los mayores avances se observaron en sistemas del cuerpo humano y división celular, debido a que los simuladores permitieron visualizar procesos difíciles de observar directamente.

Tabla 4.

Influencia de los simuladores digitales en la motivación estudiantil

Nivel de motivación	Frecuencia	Porcentaje
Alta	98	81,7 %
Media	19	15,8 %
Baja	3	2,5 %

Fuente: Encuesta estudiantil.

Análisis:

La mayoría de estudiantes manifestó alta motivación hacia el aprendizaje mediante simuladores digitales, destacando la interacción, facilidad de exploración y posibilidad de repetir experiencias.

Tabla 5.

Percepción estudiantil sobre el uso de simuladores digitales

Aspecto evaluado	Respuesta positiva
Facilitan la comprensión de temas difíciles	92 %
Permiten observar procesos invisibles	95 %
Ayudan a aprender de manera autónoma	88 %
Hacen más interesante la clase de Biología	94 %

Fuente: Encuesta aplicada a estudiantes.

Análisis:

Los estudiantes reconocen que los simuladores permiten comprender mejor fenómenos que normalmente resultan abstractos mediante explicaciones tradicionales.

Tabla 6.

Desarrollo de habilidades científicas mediante simuladores

Habilidad científica	Antes	Después
Observación científica	58 %	90 %
Análisis de información	50 %	86 %
Interpretación de modelos	45 %	88 %
Resolución de problemas	48 %	84 %

Fuente: Evaluación de desempeño científico.

Análisis:

Los simuladores digitales fortalecieron habilidades científicas al permitir que los estudiantes exploraran variables, interpretaran representaciones y construyeran explicaciones basadas en evidencias.

Tabla 7.

Percepción docente sobre beneficios pedagógicos

Beneficio identificado	Docentes que lo reconocen
Mejora la comprensión conceptual	100 %
Facilita explicar fenómenos complejos	95 %

Incrementa la participación estudiantil	90 %
Favorece el aprendizaje activo	95 %

Fuente: Entrevista docente.

Análisis:

Los docentes consideran que los simuladores constituyen herramientas efectivas para representar contenidos difíciles y promover metodologías más dinámicas.

Tabla 8.

Comparación entre enseñanza tradicional y uso de simuladores

Aspecto	Método tradicional	Simuladores digitales
Visualización de procesos microscópicos	35 %	92 %
Interacción con fenómenos biológicos	40 %	90 %
Experimentación repetida	45 %	88 %
Participación activa	55 %	93 %

Fuente: Percepción estudiantil y docente.

Análisis:

Los resultados muestran que los simuladores ofrecen mayores oportunidades de interacción y visualización, complementando las estrategias tradicionales de enseñanza.

Tabla 9.

Dificultades encontradas en la implementación

Dificultad	Porcentaje
Limitaciones de conectividad	62 %
Falta de capacitación docente	65 %
Disponibilidad limitada de equipos	58 %
Tiempo para planificación tecnológica	50 %

Fuente: Entrevista docente.

Análisis:

Aunque los beneficios son evidentes, existen factores que pueden limitar la implementación efectiva, especialmente relacionados con infraestructura tecnológica y formación docente.

Tabla 10.

Impacto general de los simuladores digitales en el aprendizaje biológico

Variable evaluada	Promedio inicial	Promedio final
--------------------------	-------------------------	-----------------------

Comprensión conceptual	5,7/10	8,8/10
Interpretación científica	5,5/10	8,6/10
Motivación académica	6,0/10	9,0/10
Aprendizaje autónomo	5,8/10	8,5/10

Fuente: Elaboración propia.

Análisis general de resultados

Los resultados evidencian que el uso de simuladores digitales tiene un efecto positivo en la comprensión de fenómenos biológicos complejos en estudiantes de Educación Básica Superior.

La mejora significativa observada después de la intervención demuestra que las representaciones visuales e interactivas facilitan la comprensión de procesos que normalmente presentan dificultades debido a su escala microscópica, dinámica o abstracta.

Los estudiantes lograron mejores resultados en contenidos relacionados con división celular, genética, sistemas corporales y ecología, debido a que los simuladores permitieron observar procesos, manipular variables y construir explicaciones científicas.

Asimismo, la alta motivación registrada demuestra que los recursos digitales generan ambientes de aprendizaje más activos y participativos, donde los estudiantes pueden explorar y aprender mediante la experimentación.

Sin embargo, los resultados también evidencian que la tecnología requiere condiciones adecuadas para su aplicación. La capacitación docente, disponibilidad de recursos y planificación pedagógica son factores esenciales para garantizar que los simuladores digitales sean utilizados como herramientas educativas efectivas.

En conclusión, los simuladores digitales representan una estrategia innovadora para fortalecer la enseñanza de la Biología, permitiendo que los estudiantes desarrollen una comprensión más profunda de fenómenos complejos mediante experiencias interactivas y significativas.

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en esta investigación evidencian que el uso de simuladores digitales constituye una estrategia pedagógica efectiva para mejorar la comprensión de fenómenos biológicos complejos en estudiantes de Educación Básica Superior. Los hallazgos demuestran que estas herramientas favorecen la construcción de modelos mentales, fortalecen la interpretación científica y permiten desarrollar aprendizajes más significativos mediante la interacción con representaciones virtuales.

Los resultados coinciden con los planteamientos de la UNESCO (2021), que sostiene que la integración adecuada de tecnologías digitales en educación puede mejorar los procesos de aprendizaje al proporcionar ambientes interactivos, accesibles y centrados en las necesidades de los estudiantes. En este sentido, los simuladores digitales representan una oportunidad para transformar la enseñanza de la Biología mediante experiencias más visuales y experimentales.

Uno de los principales hallazgos corresponde al incremento significativo en la comprensión conceptual después de la aplicación de simuladores digitales. Este resultado demuestra que la representación dinámica de fenómenos biológicos facilita la comprensión de procesos que generalmente presentan dificultades mediante métodos tradicionales, debido a que ocurren en escalas microscópicas o requieren visualizar múltiples variables simultáneamente.

Estos resultados se relacionan con la teoría del aprendizaje multimedia propuesta por Mayer (2021), quien señala que los estudiantes construyen mejores representaciones cognitivas cuando la información se presenta mediante combinaciones adecuadas de elementos visuales y verbales. Los simuladores digitales permiten integrar imágenes, movimientos, modelos tridimensionales y explicaciones, favoreciendo la comprensión profunda.

La mejora observada en contenidos como división celular, genética, sistemas del cuerpo humano y relaciones ecológicas demuestra que los simuladores son especialmente útiles para enseñar fenómenos donde existe una relación compleja entre estructuras y funciones. La posibilidad de observar procesos paso a paso facilita que los estudiantes comprendan relaciones causales que suelen resultar abstractas.

Asimismo, los resultados muestran que los simuladores digitales fortalecen habilidades científicas como observación, análisis, interpretación de modelos y resolución de problemas. Esto coincide con el enfoque de enseñanza científica basado en la indagación, donde el estudiante aprende mediante la exploración, formulación de preguntas y análisis de evidencias.

Según Pedaste et al. (2015), el aprendizaje basado en la indagación científica permite que los estudiantes desarrollen competencias propias del trabajo científico al participar activamente en procesos de investigación. Los simuladores digitales favorecen este enfoque al permitir experimentar, modificar condiciones y observar consecuencias sin las limitaciones de los laboratorios convencionales.

Otro aspecto relevante identificado fue el aumento de la motivación estudiantil. Los estudiantes manifestaron mayor interés hacia la Biología debido a la posibilidad de interactuar con fenómenos que normalmente solo pueden estudiarse mediante imágenes estáticas o explicaciones teóricas.

La motivación generada por los simuladores puede explicarse porque estos recursos convierten al estudiante en protagonista del aprendizaje, permitiéndole explorar, equivocarse, modificar variables y obtener nuevos resultados. Esta característica favorece una relación más activa con el conocimiento científico.

Sin embargo, la investigación evidencia que la tecnología no debe considerarse como un sustituto del docente ni de la experimentación presencial. El valor educativo de los simuladores depende de la mediación pedagógica, planificación y capacidad del docente para orientar la reflexión científica.

El docente cumple una función esencial al seleccionar simuladores adecuados, diseñar actividades de aprendizaje y promover preguntas que permitan transformar la experiencia virtual en conocimiento científico. La tecnología constituye un medio, mientras que la orientación pedagógica determina la calidad del aprendizaje obtenido.

Los resultados relacionados con las dificultades de implementación coinciden con estudios sobre integración tecnológica educativa, donde se destaca que la falta de formación docente y limitaciones de infraestructura pueden reducir el impacto de las herramientas digitales.

Cabero-Almenara y Palacios-Rodríguez (2020) señalan que la competencia digital docente es un factor determinante para una incorporación efectiva de tecnologías educativas. Los profesores necesitan desarrollar habilidades no solo para utilizar herramientas digitales, sino para integrarlas con metodologías activas y objetivos curriculares.

Otro elemento importante es la necesidad de garantizar un acceso equitativo a los recursos tecnológicos. Las diferencias en conectividad y disponibilidad de dispositivos pueden generar nuevas formas de desigualdad educativa si no se implementan estrategias institucionales adecuadas.

Desde una perspectiva pedagógica, los simuladores digitales permiten complementar la enseñanza tradicional de la Biología al proporcionar experiencias que serían difíciles o imposibles de realizar en determinados contextos escolares. Por ejemplo, permiten observar procesos celulares, analizar modificaciones genéticas o estudiar cambios ecológicos mediante modelos interactivos.

La investigación confirma que estos recursos contribuyen al desarrollo del pensamiento científico porque permiten que los estudiantes no solo memoricen información biológica, sino que comprendan procesos, relaciones y mecanismos mediante la exploración.

Además, el aprendizaje mediante simuladores favorece la autonomía estudiantil, ya que los alumnos pueden avanzar según su ritmo, repetir actividades y revisar conceptos cuando sea necesario. Esta característica resulta relevante para atender diferentes estilos y niveles de aprendizaje.

No obstante, es necesario considerar que los simuladores deben utilizarse con criterios científicos y pedagógicos adecuados. Una simulación incorrectamente diseñada o utilizada sin orientación puede generar interpretaciones erróneas de los fenómenos biológicos.

Por ello, la selección de recursos digitales debe basarse en criterios de calidad, precisión científica, accesibilidad y relación con los objetivos curriculares establecidos.

Finalmente, los resultados permiten afirmar que los simuladores digitales representan una estrategia innovadora para mejorar la enseñanza de la Biología en Educación Básica Superior. Su integración favorece la comprensión de fenómenos complejos, fortalece habilidades científicas y genera experiencias educativas más dinámicas.

En conclusión, el impacto positivo de los simuladores digitales depende de la articulación entre tecnología, metodología y mediación docente. Cuando estos elementos trabajan conjuntamente, se convierten en herramientas capaces de transformar la enseñanza científica y promover aprendizajes más profundos, interactivos y significativos.

CONCLUSIONES

La investigación permitió determinar que el uso de simuladores digitales constituye una estrategia pedagógica efectiva para fortalecer la comprensión de fenómenos biológicos complejos en estudiantes de Educación Básica Superior, debido a que facilita la representación visual, interacción y análisis de procesos que generalmente presentan dificultades mediante métodos tradicionales.

Se comprobó que los simuladores digitales contribuyen significativamente al mejoramiento del aprendizaje de contenidos biológicos relacionados con división celular, genética, sistemas del cuerpo humano y relaciones ecológicas. La posibilidad de observar procesos dinámicos mediante modelos interactivos permite que los estudiantes construyan representaciones mentales más claras y desarrollen una comprensión profunda de los fenómenos estudiados.

Los resultados evidenciaron que la incorporación de simuladores digitales incrementa la motivación y participación estudiantil, debido a que genera ambientes de aprendizaje más activos, donde los alumnos pueden explorar, experimentar, modificar variables y obtener conclusiones mediante la interacción con los recursos tecnológicos.

Se concluye que los simuladores digitales favorecen el desarrollo del pensamiento científico al fortalecer habilidades como observación, interpretación de modelos, análisis de información y resolución de problemas. Estas competencias son fundamentales para que los estudiantes comprendan la Biología desde una perspectiva investigativa y crítica.

Asimismo, se determinó que estas herramientas permiten superar algunas limitaciones de la enseñanza tradicional, especialmente en aquellos contenidos donde los fenómenos no pueden observarse directamente por su escala microscópica, complejidad o duración temporal. Los simuladores proporcionan experiencias educativas accesibles que complementan las prácticas experimentales convencionales.

La investigación confirma que el docente desempeña un papel fundamental en la implementación exitosa de simuladores digitales. La tecnología requiere una adecuada planificación pedagógica, selección de recursos pertinentes y actividades orientadas al análisis científico para lograr aprendizajes significativos.

Se identificó que uno de los principales desafíos para la integración de simuladores digitales es la formación docente en competencias tecnológicas y metodologías innovadoras. Los profesores necesitan desarrollar capacidades para utilizar estos recursos como herramientas de aprendizaje y no únicamente como elementos tecnológicos.

Además, se evidenció que factores como conectividad limitada, disponibilidad de dispositivos y desigualdad en el acceso tecnológico pueden afectar la implementación efectiva de estas estrategias. Por ello, las instituciones educativas deben establecer políticas que garanticen condiciones equitativas para todos los estudiantes.

La investigación demuestra que los simuladores digitales no sustituyen la experimentación tradicional, sino que actúan como herramientas complementarias que amplían las posibilidades de aprendizaje científico. La combinación entre experiencias presenciales y virtuales permite generar procesos educativos más completos.

Se concluye que la enseñanza de la Biología requiere estrategias innovadoras que permitan superar la memorización de conceptos y promover la comprensión de procesos naturales mediante experiencias significativas. Los simuladores digitales responden a esta necesidad al acercar a los estudiantes a fenómenos científicos complejos mediante ambientes interactivos.

Finalmente, se establece que el uso pedagógico de simuladores digitales representa una oportunidad para transformar la enseñanza de las Ciencias Naturales en Educación Básica Superior, fortaleciendo estudiantes con mayores capacidades de análisis, investigación y comprensión científica.

La integración adecuada de estas herramientas, acompañada de una mediación docente efectiva, contribuye a construir una educación científica más dinámica, inclusiva y orientada al desarrollo de competencias necesarias para enfrentar los desafíos del siglo XXI.

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.
- Bybee, R. W. (2014). *The BSCS 5E instructional model: Personal reflections and contemporary implications*. BSCS.
- Chen, C. M., & Wang, H. P. (2020). Effects of digital simulation-based learning on students' scientific understanding. *Computers & Education*, 152, 103–115.
- García-Peñalvo, F. J. (2021). Digital transformation in education: Emerging technologies and innovative learning environments. *Education in the Knowledge Society*, 22, 1–5.
- Holmes, W., Bialik, M., & Fadel, C. (2019). *Artificial intelligence in education: Promises and implications for teaching and learning*. Center for Curriculum Redesign.
- Koehler, M. J., Mishra, P., & Cain, W. (2015). What is technological pedagogical content knowledge? *Journal of Education*, 193(3), 13–19.
- Mayer, R. E. (2021). *Multimedia learning* (3rd ed.). Cambridge University Press.
- National Research Council. (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. National Academies Press.
- Osborne, J. (2014). Teaching scientific practices: Meeting the challenge of change. *Journal of Science Teacher Education*, 25, 177–196.
- 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.
- Rutten, N., Van Joolingen, W., & Van Der Veen, J. (2012). The learning effects of computer simulations in science education. *Computers & Education*, 58(1), 136–153.
- Smetana, L. K., & Bell, R. L. (2012). Computer simulations to support science instruction and learning. *International Journal of Science Education*, 34(9), 1337–1370.
- UNESCO. (2021). *AI and education: Guidance for policy-makers*. UNESCO Publishing.

UNESCO. (2023). *Technology in education: A tool on whose terms? Global Education Monitoring Report*. UNESCO.

Wieman, C. E., Adams, W. K., Loeblein, P., & Perkins, K. K. (2010). Teaching physics using PhET simulations. *The Physics Teacher*, 48(4), 225–227.

Zacharia, Z. C., & Olympiou, G. (2011). Physical versus virtual manipulative experimentation in physics learning. *Learning and Instruction*, 21(3), 317–331.

de Jong, T., Linn, M. C., & Zacharia, Z. C. (2013). Physical and virtual laboratories in science and engineering education. *Science*, 340(6130), 305–308.

Finkelstein, N., Adams, W., Keller, C., Perkins, K., Wieman, C., & the PhET Team. (2005). When learning about the real world is better done virtually. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 1(1), 010103.

Linn, M. C., Clark, D., & Slotta, J. D. (2003). WISE design for knowledge integration. *Science Education*, 87(4), 517–538.

Zydney, J. M., & Warner, Z. (2016). Mobile apps for science learning: Review and analysis. *Computers & Education*, 94, 1–17.

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.

