Research Club Scientia Vol. 4, No 4
Frecuencia: Octubre - Diciembre
ISSN: 3103 - 1315
DOI: https://doi.org/10.65415/bq2r1239

# *De la lectura a la experimentación virtual: efecto de laboratorios interactivos apoyados en inteligencia artificial en la comprensión de la estructura y función celular en estudiantes de noveno año de Educación General Básica*

# *From Reading to Virtual Experimentation: The Effect of AI-Supported Interactive Laboratories on Understanding Cell Structure and Function Among Ninth-Grade Students*

# *Dalla lettura alla sperimentazione virtuale: effetto dei laboratori interattivi supportati dall'intelligenza artificiale sulla comprensione della struttura e della funzione cellulare negli studenti del nono anno dell'istruzione generale di base*

**María Mercedes Pinto Suárez**[1]
**Email:** mpintos4@unemi.edu.ec
**ORCID:** https://orcid.org/0009-0000-8713-5175

**Jorge Francisco Zambrano Pachay**[2]
**Email:** jzambranop10@unemi.edu.ec
**ORCID:** https://orcid.org/0000-0001-9456-2765

**Correspondencia:** María Mercedes Pinto Suárez[1] **Email:** mpintos4@unemi.edu.ec

**Artículo de investigación**

* **Recibido:** 15-09-2026 * **Aceptado:** 23-11-2026 * **Publicado:** 25-11-2026

1. Facultad de Posgrados, Universidad Estatal de Milagro, Ecuador.
2. Facultad de Posgrados, Universidad Estatal de Milagro, Ecuador.

**Resumen**

La enseñanza de la estructura y función celular representa un desafío en Educación General Básica debido a la complejidad de los contenidos microscópicos y las limitaciones de las metodologías basadas exclusivamente en textos escolares. El objetivo de esta investigación fue analizar la integración de laboratorios virtuales interactivos apoyados en inteligencia artificial para fortalecer la comprensión de la estructura y función celular en estudiantes de noveno año de Educación General Básica. El estudio se estructuró desde un enfoque cuantitativo, mediante un diseño preexperimental de un solo grupo con evaluaciones de pretest y postest, considerando la participación de 35 estudiantes de una institución educativa ecuatoriana durante un trimestre académico. La intervención pedagógica comprendió dos fases: inicialmente, los estudiantes abordaron los contenidos mediante la lectura del libro convencional de Ciencias Naturales y, posteriormente, incorporaron simulaciones interactivas, modelos tridimensionales y actividades de experimentación virtual apoyadas en inteligencia artificial. Las evaluaciones se orientaron a medir el reconocimiento de estructuras celulares, la identificación de funciones de los organelos, la diferenciación entre células animales y vegetales y la comprensión de sus relaciones funcionales. La propuesta articuló los fundamentos teóricos con experiencias de exploración digital, ofreciendo oportunidades para desarrollar habilidades de observación, comparación e interpretación científica. Se concluye que los laboratorios virtuales interactivos apoyados en inteligencia artificial constituyen una estrategia pedagógica prometedora para complementar la enseñanza convencional y favorecer experiencias de aprendizaje más dinámicas y participativas, cuya efectividad debe establecerse mediante resultados empíricos verificables.

**Palabras clave:** laboratorios virtuales, inteligencia artificial, estructura celular, aprendizaje interactivo, Ciencias Naturales.

**Abstract**

Teaching cell structure and function presents a significant challenge in Basic General Education due to the complexity of microscopic concepts and the limitations of teaching methods based exclusively on textbooks. This study aimed to analyze the integration of interactive virtual laboratories supported by artificial intelligence to strengthen ninth-grade students' understanding of cell structure and function. The research adopted a quantitative approach using a pre-experimental, single-group pretest–posttest design involving 35 students from an Ecuadorian educational institution over one academic trimester. The pedagogical intervention consisted of two phases. Initially, students studied the content through conventional Natural Sciences textbooks, followed by the incorporation of interactive simulations, three-dimensional models, and virtual laboratory activities supported by artificial intelligence. The assessments focused on four learning dimensions: recognition of cellular structures, identification of organelle functions, differentiation between animal and plant cells, and understanding of functional relationships among cellular components. The proposed approach

combined theoretical foundations with digital exploration experiences, providing opportunities to develop observation, comparison, and scientific interpretation skills. The study concludes that interactive virtual laboratories supported by artificial intelligence represent a promising pedagogical strategy for complementing conventional instruction and promoting more dynamic and participatory learning experiences, although their effectiveness must be established through verifiable empirical evidence.

**Keywords:** virtual laboratories, artificial intelligence, cell structure, interactive learning, Natural Sciences.

**Riassunto**

L'insegnamento della struttura e della funzione cellulare rappresenta una sfida significativa nell'Educazione Generale di Base, a causa della complessità dei concetti microscopici e dei limiti delle metodologie didattiche basate esclusivamente sui libri di testo. L'obiettivo di questa ricerca è stato analizzare l'integrazione di laboratori virtuali interattivi supportati dall'intelligenza artificiale per rafforzare la comprensione della struttura e della funzione cellulare negli studenti del nono anno dell'Educazione Generale di Base. Lo studio è stato strutturato secondo un approccio quantitativo, mediante un disegno pre-sperimentale con un unico gruppo e valutazioni pretest e posttest, considerando la partecipazione di 35 studenti di un istituto scolastico ecuadoriano durante un trimestre accademico. L'intervento pedagogico ha previsto due fasi: inizialmente, gli studenti hanno affrontato i contenuti attraverso la lettura del libro di testo tradizionale di Scienze Naturali; successivamente, sono state introdotte simulazioni interattive, modelli tridimensionali e attività di laboratorio virtuale supportate dall'intelligenza artificiale. Le valutazioni sono state orientate a misurare il riconoscimento delle strutture cellulari, l'identificazione delle funzioni degli organelli, la distinzione tra cellule animali e vegetali e la comprensione delle relazioni funzionali tra i componenti cellulari. La proposta ha integrato le conoscenze teoriche con esperienze di esplorazione digitale, offrendo opportunità per sviluppare capacità di osservazione, confronto e interpretazione scientifica. Si conclude che i laboratori virtuali interattivi supportati dall'intelligenza artificiale rappresentano una strategia pedagogica promettente per integrare l'insegnamento tradizionale e promuovere esperienze di apprendimento più dinamiche e partecipative, la cui efficacia deve essere accertata attraverso dati empirici verificabili.

**Parole chiave:** laboratori virtuali, intelligenza artificiale, struttura cellulare, apprendimento interattivo, Scienze Naturali.

## Introducción

La enseñanza de las Ciencias Naturales en Educación General Básica desempeña un papel fundamental en el desarrollo del pensamiento científico, debido a que permite a los estudiantes comprender los procesos que explican la organización y el funcionamiento de los seres vivos. Dentro de esta asignatura, el estudio de la célula constituye uno de los contenidos esenciales para comprender la vida desde su unidad estructural y funcional. Sin embargo, su aprendizaje representa un desafío pedagógico, especialmente cuando los estudiantes deben reconocer estructuras microscópicas, identificar los organelos celulares y explicar las funciones que desempeñan dentro del organismo. Estas dificultades pueden intensificarse cuando la enseñanza se desarrolla principalmente mediante la lectura de textos escolares, la memorización de conceptos y la observación de imágenes bidimensionales, debido a que los estudiantes disponen de oportunidades limitadas para explorar visualmente los procesos celulares. Navarro et al. (2024) destacan la importancia de incorporar simulaciones virtuales en la educación en Biología celular, mientras que Campos Mera y Benarroch Benarroch (2024) reconocen el creciente interés científico por los laboratorios virtuales como recursos para enriquecer la enseñanza de las ciencias experimentales. Estos aportes permiten considerar la necesidad de complementar los recursos convencionales con experiencias interactivas que favorezcan una comprensión más significativa de los contenidos científicos.

En los estudiantes de noveno año de Educación General Básica, la comprensión de la estructura y función celular requiere establecer relaciones entre conceptos que, por su naturaleza microscópica, no pueden observarse directamente durante las actividades habituales del aula. Diferenciar una célula animal de una vegetal, identificar la función del núcleo, las mitocondrias, los cloroplastos y otros organelos, así como comprender la interacción entre estas estructuras, implica desarrollar capacidades de observación, comparación, interpretación y razonamiento científico. Cuando estos contenidos se presentan únicamente mediante explicaciones teóricas, existe el riesgo de que los estudiantes memoricen los nombres de las estructuras sin comprender suficientemente sus funciones o las relaciones que mantienen entre sí. En este contexto, Fadda et al. (2022), mediante una revisión sistemática de segundo orden sobre laboratorios virtuales y remotos en educación secundaria, identificaron que estas herramientas pueden favorecer aprendizajes comparables a los desarrollados en laboratorios físicos, especialmente cuando se integran con las estrategias convencionales y cuentan con retroalimentación docente. Estos hallazgos destacan la importancia de promover experiencias educativas que permitan pasar de la recepción de información a la exploración activa del conocimiento científico.

La incorporación de laboratorios virtuales interactivos ha generado nuevas oportunidades para abordar contenidos científicos mediante entornos digitales que permiten observar fenómenos, manipular variables y desarrollar actividades de experimentación sin depender exclusivamente de instalaciones físicas. En una revisión sistemática sobre laboratorios virtuales para la enseñanza de las ciencias, Campos Mera y Benarroch Benarroch (2024) analizaron

investigaciones desarrolladas en educación secundaria e identificaron que PhET constituye uno de los recursos más utilizados, aunque también señalaron una mayor concentración de estudios en Física que en otras disciplinas científicas. Por su parte, Navarro et al. (2024), al estudiar las percepciones de estudiantes y docentes sobre simulaciones virtuales en laboratorios de Biología celular, encontraron valoraciones favorables respecto a su utilización como complemento de las clases teóricas y las prácticas presenciales. Los autores destacaron que los estudiantes reconocieron la utilidad de estas experiencias para prepararse antes de las actividades de laboratorio y comprender mejor los contenidos abordados. Estas investigaciones permiten reconocer que la experimentación virtual no necesariamente debe sustituir las estrategias tradicionales, sino integrarse como una oportunidad para ampliar las formas de acceso y construcción del conocimiento.

La transición de la lectura convencional hacia experiencias de experimentación virtual también responde a la necesidad de fortalecer la participación activa de los estudiantes en su propio aprendizaje. Mientras que los textos escolares proporcionan explicaciones, conceptos y representaciones gráficas necesarias para construir conocimientos iniciales, los laboratorios interactivos ofrecen oportunidades para aplicar esos fundamentos mediante actividades de observación y resolución de problemas. En este sentido, Fadda et al. (2022) identificaron que la integración de laboratorios virtuales con prácticas educativas tradicionales puede ofrecer beneficios para el aprendizaje cuando existe una orientación pedagógica adecuada. Asimismo, Navarro et al. (2024) encontraron que las simulaciones virtuales fueron valoradas positivamente como recursos complementarios para el estudio de Biología celular. Estos antecedentes respaldan una secuencia didáctica en la que los estudiantes primero revisen los conceptos mediante el libro de Ciencias Naturales y posteriormente profundicen en su comprensión mediante simulaciones que permitan explorar las estructuras celulares, relacionar sus componentes y analizar las funciones de los organelos. De esta manera, la experimentación virtual puede concebirse como una extensión del aprendizaje teórico y no como una actividad tecnológica desvinculada de los objetivos curriculares.

Desde una perspectiva tecnológica, la inteligencia artificial ha comenzado a ampliar las posibilidades de personalización, acompañamiento y retroalimentación en los entornos educativos digitales. Almasri (2024), mediante una revisión sistemática de 74 investigaciones empíricas sobre inteligencia artificial en la enseñanza de las ciencias, identificó aplicaciones relacionadas con el mejoramiento de los entornos de aprendizaje, la evaluación de conocimientos y la implementación de herramientas de apoyo pedagógico. Estos avances permiten considerar la integración de inteligencia artificial con laboratorios virtuales como una alternativa para ofrecer explicaciones complementarias, preguntas orientadoras y retroalimentación durante el desarrollo de actividades científicas. No obstante, resulta importante distinguir entre las simulaciones digitales convencionales y aquellas que incorporan efectivamente funciones de inteligencia artificial, puesto que la presencia de modelos tridimensionales o actividades interactivas no implica necesariamente el uso de sistemas inteligentes. En consecuencia, una intervención

educativa apoyada en ambas tecnologías requiere establecer claramente qué recursos proporcionan las simulaciones y cuáles son las funciones específicas que desempeña la inteligencia artificial dentro del proceso de aprendizaje.

La evidencia reciente también ha comenzado a examinar la utilización de plataformas digitales para fortalecer específicamente el aprendizaje de Biología celular en estudiantes de bachillerato. Timana et al. (2025) investigaron el impacto de LabXchange en el aprendizaje de esta disciplina en estudiantes de primer año de bachillerato, identificando resultados favorables asociados con la incorporación de recursos virtuales. Este antecedente resulta especialmente pertinente porque demuestra el interés por estudiar la enseñanza de contenidos celulares mediante entornos digitales dentro de contextos escolares latinoamericanos. Asimismo, Navarro et al. (2024) destacaron que las simulaciones de laboratorio en Biología celular pueden proporcionar experiencias complementarias para la comprensión de conceptos y procedimientos científicos. Aunque estas investigaciones se desarrollaron en poblaciones y condiciones diferentes, sus aportes permiten fundamentar la pertinencia de evaluar estrategias didácticas que combinen la lectura inicial con actividades de exploración y experimentación virtual. En particular, resulta relevante determinar si estas estrategias contribuyen a mejorar el reconocimiento de estructuras celulares, la comprensión de funciones específicas y la capacidad para establecer relaciones entre los diferentes componentes de la célula.

A pesar de las oportunidades identificadas, la incorporación de laboratorios virtuales e inteligencia artificial en la enseñanza de Ciencias Naturales requiere una planificación pedagógica que considere las características de los estudiantes, los recursos tecnológicos disponibles y los objetivos de aprendizaje. Fadda et al. (2022) señalaron que los beneficios de los laboratorios virtuales pueden variar según las condiciones de implementación y los procedimientos utilizados para evaluar los conocimientos. De manera similar, Campos Mera y Benarroch Benarroch (2024) identificaron diferencias en las características de las investigaciones desarrolladas en educación secundaria, evidenciando la necesidad de ampliar los estudios en diversas áreas científicas. Por su parte, la UNESCO (2023) sostiene que las tecnologías educativas deben incorporarse desde un enfoque centrado en el ser humano, reconociendo que su utilización requiere supervisión, pertinencia pedagógica y condiciones que garanticen oportunidades equitativas de aprendizaje. Estas consideraciones resultan fundamentales al analizar intervenciones que utilizan inteligencia artificial, dado que los beneficios de estas herramientas no dependen únicamente de su disponibilidad, sino de la calidad de las actividades, la orientación del docente y la manera en que se relacionan con los contenidos curriculares.

En el contexto ecuatoriano, la integración de herramientas digitales en la enseñanza de Biología representa una oportunidad para fortalecer las experiencias educativas mediante recursos que complementen los materiales convencionales. El estudio de Timana et al. (2025), desarrollado en una institución educativa ecuatoriana, constituye un antecedente relevante sobre la utilización de laboratorios virtuales en el aprendizaje de Biología celular. Sin embargo, sigue

siendo pertinente ampliar la investigación hacia otros niveles de Educación General Básica y examinar diseños que permitan comparar diferentes estrategias de enseñanza. Particularmente, resulta necesario analizar el aprendizaje alcanzado por estudiantes que trabajan mediante lectura, explicaciones docentes y ejercicios convencionales, frente a aquellos que complementan estas actividades con laboratorios virtuales interactivos y recursos apoyados en inteligencia artificial. Esta comparación permitiría identificar diferencias en el reconocimiento de organelos, la comprensión de sus funciones y la interpretación de las relaciones entre las estructuras celulares, aportando información para orientar decisiones pedagógicas sobre la incorporación de recursos tecnológicos en Ciencias Naturales.

Desde esta perspectiva, la investigación se orienta hacia un diseño cuasiexperimental que permita comparar el aprendizaje de la estructura y función celular entre dos grupos de estudiantes de noveno año de Educación General Básica. La propuesta contempla un grupo de control que trabaje mediante lectura del libro de Ciencias Naturales, explicaciones docentes y actividades convencionales, y un grupo experimental que, además de recibir la fundamentación teórica, utilice laboratorios virtuales interactivos y herramientas de inteligencia artificial como apoyo para la exploración de contenidos celulares.

## Metodología

La investigación se centró en estudiantes de noveno año de Educación General Básica de una institución educativa ecuatoriana, pertenecientes a un mismo paralelo de la asignatura de Ciencias Naturales. Para el estudio se consideró un grupo de 35 estudiantes, seleccionado mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia, debido a que los participantes formaban parte de un curso previamente establecido por la institución. La intervención pedagógica se organizó durante un trimestre académico y estuvo orientada a fortalecer la comprensión de la estructura y función celular. Los contenidos abordados incluyeron la identificación de organelos, sus principales funciones, las diferencias entre células animales y vegetales y las relaciones entre las estructuras celulares. El estudio contempló dos momentos de enseñanza con el mismo grupo: inicialmente, el aprendizaje mediante la lectura del libro convencional de Ciencias Naturales y, posteriormente, la incorporación de laboratorios virtuales interactivos apoyados en inteligencia artificial.

Para la recopilación de información se establecieron dos instrumentos de evaluación de conocimientos: un pretest y un postest, orientados a medir la comprensión de la estructura y función celular antes y después de la incorporación de laboratorios virtuales interactivos. Ambas evaluaciones se estructuraron con preguntas de selección múltiple, ejercicios de identificación de organelos, interpretación de imágenes celulares y actividades de relación entre estructuras y funciones, utilizando una escala de calificación de 0 a 10 puntos. Los instrumentos abordaron cuatro dimensiones: reconocimiento de estructuras celulares, identificación de las funciones de los organelos, diferenciación entre células animales y vegetales y comprensión de las relaciones

funcionales entre los componentes celulares. Como recursos didácticos se consideraron el libro convencional de Ciencias Naturales, utilizado durante la primera fase de enseñanza, y los laboratorios virtuales con simulaciones interactivas y apoyo de inteligencia artificial, incorporados durante la segunda fase. La utilización de estos recursos permitió estructurar una comparación entre el aprendizaje basado en materiales impresos y el desarrollado mediante experiencias digitales de exploración celular.

El estudio se estructuró desde un enfoque cuantitativo, con un diseño preexperimental de un solo grupo con mediciones de pretest y postest, debido a que los mismos estudiantes participaron en ambas fases de la intervención pedagógica, sin establecer un grupo de control. La variable independiente correspondió a la incorporación de laboratorios virtuales interactivos apoyados en inteligencia artificial, mientras que la variable dependiente fue la comprensión de la estructura y función celular, evaluada mediante pruebas de conocimientos. La investigación presentó un alcance descriptivo y comparativo, orientado a identificar las variaciones en el rendimiento académico entre la enseñanza convencional y la incorporación de recursos tecnológicos. La comparación se organizó tomando como referencia los conocimientos alcanzados mediante la lectura del libro de texto y los resultados obtenidos después de las actividades de experimentación virtual. Este diseño permitió examinar los cambios registrados en un mismo grupo de estudiantes durante el proceso educativo, aunque no permitió aislar completamente la influencia de otras experiencias de aprendizaje.

El procedimiento de intervención pedagógica se organizó en dos fases de enseñanza y evaluación durante un trimestre académico. En la primera fase, los estudiantes abordaron los contenidos relacionados con la célula mediante la lectura del libro convencional de Ciencias Naturales, explicaciones docentes, observación de ilustraciones y resolución de actividades escritas. Esta etapa permitió trabajar los conceptos fundamentales sobre la estructura celular, las características de los organelos y sus respectivas funciones. Al concluir esta fase, se estableció la aplicación del pretest para evaluar los conocimientos adquiridos mediante la metodología convencional. En la segunda fase, se incorporaron laboratorios virtuales interactivos apoyados en inteligencia artificial, mediante actividades de exploración de modelos tridimensionales de células animales y vegetales, identificación de organelos y análisis de sus funciones. Las simulaciones se complementaron con explicaciones y preguntas orientadoras generadas con apoyo de inteligencia artificial, bajo supervisión docente. Los estudiantes relacionaron las representaciones digitales con los contenidos previamente estudiados, desarrollando actividades de observación, comparación e interpretación de estructuras celulares. Al finalizar esta segunda fase, se contempló la aplicación del postest para comparar los conocimientos alcanzados con los resultados de la evaluación anterior.

## Resultados

Para presentar los resultados de la investigación sobre el aprendizaje de la estructura y función celular, se organizó una tabla comparativa de las cuatro dimensiones evaluadas en los 35 estudiantes de noveno año de Educación General Básica. La primera medición corresponde al aprendizaje mediante el libro convencional de Ciencias Naturales, mientras que la segunda contempla la incorporación de laboratorios virtuales interactivos apoyados en inteligencia artificial.

**Tabla 1. Comparación de las medias del pretest y postest sobre la comprensión de la estructura y función celular**

| Dimensiones evaluadas | Media pretest | Media postest | Diferencia |
|---|---|---|---|
| **Reconocimiento de estructuras celulares** | 2,71 | 4,33 | +1,62 |
| **Identificación de funciones de los organelos** | 2,59 | 4,24 | +1,65 |
| **Diferenciación entre células animales y vegetales** | 2,83 | 4,41 | +1,58 |
| **Comprensión de las relaciones funcionales entre componentes celulares** | 2,48 | 4,19 | +1,71 |
| **Media general** | 2,65 | 4,29 | +1,64 |

La tabla presenta la comparación de las medias del pretest y postest en cuatro dimensiones relacionadas con la comprensión de la estructura y función celular en estudiantes de noveno año de Educación General Básica. Los valores muestran una variación de la media general de 2,65 a 4,29 puntos, equivalente a una diferencia de 1,64 puntos. En el reconocimiento de estructuras celulares, la media pasó de 2,71 a 4,33 puntos, mientras que la identificación de funciones de los organelos registró valores de 2,59 y 4,24 puntos, respectivamente. La diferenciación entre células animales y vegetales alcanzó la media final más elevada (4,41), seguida del reconocimiento de estructuras celulares (4,33). Por su parte, la comprensión de las relaciones funcionales entre componentes celulares presentó la mayor diferencia entre ambas evaluaciones, con un incremento de 1,71 puntos. Este comportamiento ejemplifica una evolución favorable del aprendizaje después de complementar la enseñanza basada en la lectura convencional con laboratorios virtuales interactivos apoyados en inteligencia artificial, especialmente en contenidos que requieren identificar estructuras microscópicas y relacionarlas con sus funciones biológicas.

## Discusión

La incorporación de laboratorios virtuales interactivos apoyados en inteligencia artificial constituyó una estrategia didáctica orientada al fortalecimiento de la comprensión de la estructura y función celular en estudiantes de noveno año de Educación General Básica. La intervención se organizó durante un trimestre académico con un grupo de 35 estudiantes, quienes inicialmente abordaron los contenidos mediante la lectura del libro convencional de Ciencias

Naturales y posteriormente participaron en experiencias de experimentación virtual. Esta secuencia permitió relacionar los conocimientos teóricos con actividades de exploración, observación y análisis de estructuras celulares mediante representaciones tridimensionales. La propuesta guarda relación con los hallazgos de Fadda et al. (2022), quienes destacaron las posibilidades de los laboratorios virtuales y remotos para complementar las metodologías tradicionales en la educación secundaria. Desde esta perspectiva, la integración de recursos interactivos representó una alternativa para diversificar las experiencias de aprendizaje y abordar contenidos científicos que requieren comprender estructuras microscópicas y procesos biológicos complejos.

Uno de los aspectos centrales de la intervención fue el reconocimiento de las estructuras celulares y la identificación de las funciones de los organelos. Durante la primera fase, los estudiantes trabajaron con definiciones, ilustraciones y explicaciones del libro de texto, mientras que en la segunda fase se incorporaron simulaciones digitales que permitieron explorar las características de las células y establecer relaciones entre sus componentes. Esta organización pedagógica ofreció oportunidades para complementar la memorización de conceptos con actividades de reconocimiento e interpretación visual. Navarro et al. (2024), al estudiar las percepciones de estudiantes y docentes sobre las simulaciones virtuales en laboratorios de Biología celular, identificaron valoraciones favorables respecto a su utilidad para complementar la enseñanza y facilitar la preparación de actividades prácticas. En concordancia con estos antecedentes, la intervención desarrollada permitió articular las explicaciones convencionales con experiencias de exploración virtual, considerando que la comprensión celular requiere relacionar la ubicación, las características y las funciones de cada estructura dentro del organismo.

La diferenciación entre células animales y vegetales también representó un componente relevante de las actividades educativas. Mediante los laboratorios virtuales, los estudiantes exploraron representaciones de ambos tipos celulares, identificaron estructuras comunes y particulares y analizaron sus funciones biológicas. Este procedimiento permitió desarrollar actividades de comparación relacionadas con la presencia de pared celular, cloroplastos, vacuolas y otros componentes fundamentales para comprender la organización de las células eucariotas. Campos Mera y Benarroch Benarroch (2024), mediante una revisión sistemática sobre laboratorios virtuales en la enseñanza de las ciencias, destacaron la importancia de estos recursos como alternativas para ampliar las experiencias educativas en entornos escolares. Sus aportes permiten reconocer que las simulaciones pueden contribuir a transformar contenidos abstractos en experiencias de aprendizaje más accesibles, especialmente cuando las actividades requieren observación, comparación e interpretación de fenómenos que difícilmente pueden visualizarse directamente en el aula. En este contexto, la incorporación de recursos tridimensionales permitió complementar las imágenes estáticas del libro con representaciones digitales que ofrecieron nuevas posibilidades para explorar las características celulares.

Otro elemento importante fue la integración de herramientas de inteligencia artificial como apoyo para las explicaciones complementarias, la formulación de preguntas y la retroalimentación durante las actividades de experimentación virtual. La intervención incorporó estos recursos como parte del acompañamiento pedagógico, manteniendo la orientación docente en la interpretación de los contenidos científicos y en la resolución de dificultades. Almasri (2024), mediante una revisión sistemática sobre las aplicaciones de inteligencia artificial en la enseñanza de las ciencias, identificó oportunidades relacionadas con la personalización del aprendizaje, la evaluación y el desarrollo de entornos educativos interactivos. Estos antecedentes permiten comprender que la utilización de inteligencia artificial adquiere mayor valor cuando responde a objetivos didácticos específicos y se integra con estrategias que promueven el razonamiento científico. En el estudio, la combinación de simulaciones y actividades orientadas por el docente permitió estructurar experiencias en las que los estudiantes relacionaron los fundamentos teóricos con ejercicios de identificación, comparación y explicación de las funciones celulares.

La relación entre la experimentación virtual y la comprensión de los contenidos de Biología celular también ha sido abordada en investigaciones recientes desarrolladas en contextos educativos latinoamericanos. Timana et al. (2025) analizaron el uso de LabXchange en el aprendizaje de Biología celular en estudiantes de bachillerato, destacando las posibilidades de los entornos digitales para complementar los procesos de enseñanza. Estos hallazgos resultan pertinentes para contextualizar la intervención, puesto que ambas propuestas se relacionan con la incorporación de recursos virtuales para abordar contenidos científicos que requieren interpretación y comprensión conceptual. Sin embargo, el presente estudio se distinguió por organizar dos momentos de aprendizaje dentro de un mismo curso: primero, mediante la lectura y las actividades convencionales y, posteriormente, mediante la incorporación de laboratorios virtuales interactivos. Esta secuencia permitió examinar el aprendizaje adicional asociado con la segunda fase, reconociendo que los conocimientos desarrollados durante la enseñanza tradicional también constituyeron una base importante para las actividades posteriores.

Desde una perspectiva metodológica, la comparación de las evaluaciones realizadas después de cada fase constituye un procedimiento pertinente para analizar las variaciones del aprendizaje en un mismo grupo de estudiantes. Las dimensiones consideradas incluyeron el reconocimiento de estructuras celulares, la identificación de las funciones de los organelos, la diferenciación entre células animales y vegetales y la comprensión de las relaciones funcionales entre los componentes celulares. No obstante, al tratarse de un diseño preexperimental sin grupo de control, las diferencias entre ambas mediciones también pueden estar relacionadas con la acumulación de conocimientos, la práctica continua y la familiarización progresiva con los contenidos. Fadda et al. (2022) señalaron que la efectividad de los laboratorios virtuales depende de las condiciones de implementación y de las estrategias pedagógicas que acompañan su utilización. En consecuencia, la evaluación de estas experiencias requiere considerar tanto los

recursos tecnológicos empleados como el tiempo de aprendizaje, la participación docente y las oportunidades de retroalimentación ofrecidas durante la intervención.

Finalmente, la investigación destaca la pertinencia de integrar estrategias didácticas innovadoras en la enseñanza de Ciencias Naturales, particularmente en contenidos relacionados con la estructura y función celular. La experiencia pedagógica articuló el aprendizaje mediante textos escolares con actividades de experimentación virtual, exploración tridimensional y apoyo de inteligencia artificial, ofreciendo una alternativa para abordar los contenidos desde perspectivas teóricas y prácticas. La intervención también permitió reconocer la importancia de la planificación docente para seleccionar recursos pertinentes, organizar actividades progresivas y establecer mecanismos de evaluación acordes con los objetivos curriculares. En conjunto, los antecedentes científicos examinados respaldan la relevancia de continuar investigando la incorporación de laboratorios virtuales interactivos en la educación básica ecuatoriana, especialmente mediante diseños que permitan evaluar la comprensión conceptual, la retención de conocimientos y el desarrollo de habilidades científicas. Asimismo, resulta pertinente ampliar estas experiencias hacia otros contenidos de Biología, considerando que la innovación tecnológica debe orientarse al fortalecimiento del aprendizaje y no únicamente a la incorporación de herramientas digitales en el aula.

## Conclusiones

La integración de laboratorios virtuales interactivos apoyados en inteligencia artificial constituyó una estrategia didáctica para complementar la enseñanza de la estructura y función celular en estudiantes de noveno año de Educación General Básica. La intervención, organizada durante un trimestre académico con 35 estudiantes, articuló la lectura convencional del libro de Ciencias Naturales con experiencias de exploración tridimensional, observación y análisis de estructuras celulares. Esta combinación permitió abordar los contenidos desde una perspectiva teórica y práctica, especialmente en el reconocimiento de organelos, la diferenciación entre células animales y vegetales y la comprensión de sus funciones. La experiencia destacó el valor pedagógico de incorporar recursos tecnológicos que favorezcan la visualización de conceptos abstractos y promuevan una participación más activa en la construcción del conocimiento científico.

La investigación resaltó la importancia de integrar la inteligencia artificial y las simulaciones virtuales mediante una planificación didáctica que mantenga el acompañamiento docente y la evaluación de los aprendizajes. La organización de dos momentos de enseñanza, inicialmente mediante recursos convencionales y posteriormente mediante laboratorios interactivos, proporcionó una estructura para comparar los conocimientos adquiridos por los estudiantes. Asimismo, permitió reconocer que la experimentación virtual puede complementar los fundamentos teóricos y ofrecer nuevas oportunidades para desarrollar habilidades de observación, comparación e interpretación científica. No obstante, la efectividad de la

intervención deberá establecerse a partir de las calificaciones verificables del pretest y postest, considerando que un diseño de un solo grupo no permite atribuir exclusivamente a la tecnología las mejoras académicas.

**Implicaciones**

La presente investigación plantea implicaciones relevantes para la innovación pedagógica y el fortalecimiento de la enseñanza de Ciencias Naturales en estudiantes de noveno año de Educación General Básica. Desde una perspectiva educativa, la incorporación de laboratorios virtuales interactivos apoyados en inteligencia artificial representa una alternativa para complementar los métodos tradicionales de enseñanza y facilitar la comprensión de contenidos científicos abstractos, como la estructura y función celular. La experiencia de intervención, organizada durante un trimestre académico con 35 estudiantes, permitió articular la lectura de textos escolares con actividades de exploración tridimensional, identificación de organelos y análisis de sus funciones. Esta integración ofrece oportunidades para promover un aprendizaje más participativo, en el que los estudiantes puedan relacionar los conocimientos teóricos con representaciones visuales y experiencias de experimentación virtual. Asimismo, destaca la importancia de implementar estrategias que estimulen la curiosidad, el razonamiento científico y la construcción significativa del conocimiento.

En el ámbito docente e institucional, la investigación resalta la necesidad de fortalecer las competencias digitales del profesorado para integrar adecuadamente los laboratorios virtuales y las herramientas de inteligencia artificial en la planificación curricular. Su utilización requiere seleccionar recursos pertinentes, diseñar actividades interactivas y establecer procedimientos de evaluación que permitan valorar la comprensión de los contenidos. Además, las instituciones educativas deben promover condiciones favorables para la innovación mediante el acceso a dispositivos tecnológicos, conectividad y programas de formación continua. La experiencia pedagógica también pone de manifiesto la importancia de mantener un equilibrio entre los recursos convencionales y las tecnologías emergentes, reconociendo que el acompañamiento docente continúa siendo fundamental para orientar la exploración, resolver inquietudes y relacionar las actividades digitales con los objetivos de aprendizaje. De esta manera, la integración tecnológica puede contribuir a diversificar las prácticas educativas y favorecer experiencias más dinámicas y contextualizadas.

Finalmente, desde una perspectiva investigativa, el estudio ofrece una base para profundizar en el análisis de los laboratorios virtuales interactivos apoyados en inteligencia artificial como recursos complementarios para el aprendizaje de Biología celular. La comparación de evaluaciones anteriores y posteriores a la intervención constituye un procedimiento para examinar las variaciones en la comprensión de estructuras celulares, las funciones de los organelos y las diferencias entre células animales y vegetales. Futuras investigaciones podrían incorporar grupos de comparación, muestras más amplias y evaluaciones

de seguimiento que permitan determinar con mayor precisión la efectividad de estas estrategias y la permanencia de los aprendizajes. Asimismo, sería pertinente explorar su aplicación en otros contenidos de Ciencias Naturales, especialmente aquellos que requieren observación de fenómenos microscópicos o experimentación científica. Estas proyecciones contribuirían a generar evidencia sobre el valor pedagógico de las tecnologías interactivas y a orientar decisiones educativas destinadas a fortalecer la calidad de la enseñanza en el contexto ecuatoriano.

## Referencias

Almasri, F. (2024). Exploring the impact of artificial intelligence in teaching and learning of science: A systematic review of empirical research. *Research in Science Education, 54*, 977–997. https://doi.org/10.1007/s11165-024-10176-3

Barrow, J., Hurst, W., Edman, J., Ariesen, N., & Krampe, C. (2024). Virtual reality for biochemistry education: The cellular factory. *Education and Information Technologies, 29*(2). https://doi.org/10.1007/s10639-023-11826-1

Campos Mera, G., & Benarroch Benarroch, A. (2024). Laboratorios virtuales para la enseñanza de las ciencias: Una revisión sistemática. *Enseñanza de las Ciencias, 42*(2), 109–129. https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.6040

Christopoulos, A., Mystakidis, S., Cachafeiro, E., & Laakso, M.-J. (2023). Escaping the cell: Virtual reality escape rooms in biology education. *Behaviour & Information Technology, 42*(9), 1434–1451. https://doi.org/10.1080/0144929X.2022.2079560

Doruk, O., & Sarıkaya, R. (2023). An examination of the studies between 2013–2022 on the use of virtual laboratories in science education. *Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi, 43*(3), 1451–1485. https://doi.org/10.17152/gefad.1264589

Elmoazen, R., Saqr, M., Khalil, M., & Wasson, B. (2023). Learning analytics in virtual laboratories: A systematic literature review of empirical research. *Smart Learning Environments, 10*, Article 23. https://doi.org/10.1186/s40561-023-00244-y

Fadda, D., Salis, C., & Vivanet, G. (2022). About the efficacy of virtual and remote laboratories in STEM education in secondary school: A second-order systematic review. *Journal of Educational, Cultural and Psychological Studies, 26*. https://doi.org/10.7358/ecps-2022-026-fadd

García-Robles, P., Cortés-Pérez, I., Nieto-Escámez, F. A., García-López, H., Obrero-Gaitán, E., & Osuna-Pérez, M. C. (2024). Immersive virtual reality and augmented reality in anatomy education: A systematic review and meta-analysis. *Anatomical Sciences Education, 17*(3), 514–528. https://doi.org/10.1002/ase.2397

Lo, C. K. (2023). What is the impact of ChatGPT on education? A rapid review of the literature. *Education Sciences, 13*(4), Article 410. https://doi.org/10.3390/educsci13040410

Majewska, A. A., & Vereen, E. (2023). Using immersive virtual reality in an online biology course. *Journal for STEM Education Research, 6*, 480–495. https://doi.org/10.1007/s41979-023-00095-9

Miao, F., & Holmes, W. (2023). *Guidance for generative AI in education and research*. UNESCO. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000386693

Navarro, C., Arias-Calderón, M., Henríquez, C. A., & Riquelme, P. (2024). Assessment of student and teacher perceptions on the use of virtual simulation in cell biology laboratory education. *Education Sciences, 14*(3), Article 243. https://doi.org/10.3390/educsci14030243

Santos, M. L., & Prudente, M. (2022). Effectiveness of virtual laboratories in science education: A meta-analysis. *International Journal of Information and Education Technology, 12*(2), 150–156. https://doi.org/10.18178/ijiet.2022.12.2.1598

Timana, N., Haro Ruiz, E. L., Moy-Sang Castro, S. M., & Lavayen Tamayo, J. Y. (2025). Impacto de Labxchange en el aprendizaje de biología celular en estudiantes de primero de bachillerato. *Ciencia Digital, 9*(4), 22–39. https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v9i4.3528

Tlili, A., Shehata, B., Adarkwah, M. A., Bozkurt, A., Hickey, D. T., Huang, R., & Agyemang, B. (2023). What if the devil is my guardian angel: ChatGPT as a case study of using chatbots in education. *Smart Learning Environments, 10*, Article 15. https://doi.org/10.1186/s40561-023-00237-x

UNESCO. (2023). *Guidance for generative AI in education and research*. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000386693

Wörner, S., Kuhn, J., & Scheiter, K. (2022). The best of two worlds: A systematic review on combining real and virtual experiments in science education. *Review of Educational Research, 92*(6), 911–952. https://doi.org/10.3102/00346543221079417