

## La inteligencia artificial y su incidencia en el aprendizaje de biología

Artificial intelligence and its impact on biology learning

A inteligência artificial e o seu impacto na aprendizagem da biologia

Criollo Sangoquiza, Vilma Azucena  
Unidad educativa Leopoldo Mercado  
[vilma.criollo@educacion.gob.ec](mailto:vilma.criollo@educacion.gob.ec)  
<https://orcid.org/0009-0009-7680-9977>



 DOI / URL: <https://doi.org/10.55813/gaea/ccri/v6/nE1/850>

### Como citar:

Criollo Sangoquiza, V. A. (2025). La inteligencia artificial y su incidencia en el aprendizaje de biología. *Código Científico Revista De Investigación*, 6(E1), 2671–2687.  
<https://doi.org/10.55813/gaea/ccri/v6/nE1/850>.

**Recibido:** 24/02/2025

**Aceptado:** 15/03/2025

**Publicado:** 31/03/2025

**Resumen**

El presente estudio aborda la creciente utilización de la inteligencia artificial (IA) en la enseñanza de la biología, destacando su potencial transformador en el aprendizaje de contenidos complejos. A partir de una revisión bibliográfica sistematizada, se analizaron investigaciones recientes indexadas en Scopus y Web of Science que evalúan la efectividad de tutores inteligentes y simuladores adaptativos en contextos educativos. Los hallazgos indican que estas tecnologías permiten personalizar el proceso educativo, mejorar el rendimiento académico, fortalecer la comprensión conceptual y fomentar la motivación intrínseca de los estudiantes. En particular, plataformas como AutoTutor, Andes, BioLogica y Cell Collective han demostrado ser eficaces para la enseñanza de genética, fisiología y otros temas abstractos. Sin embargo, los beneficios dependen de su adecuada integración pedagógica, la formación docente y el diseño instruccional centrado en el estudiante. Se concluye que la IA, bien implementada, representa una herramienta clave para una educación más equitativa, crítica y eficaz en ciencias biológicas.

**Palabras clave:** inteligencia artificial; enseñanza de biología; tutores inteligentes; simuladores educativos; aprendizaje adaptativo.

**Abstract**

This study addresses the growing use of artificial intelligence (AI) in biology education, highlighting its transformative potential in the learning of complex content. Based on a systematized literature review, recent research indexed in Scopus and Web of Science evaluating the effectiveness of intelligent tutors and adaptive simulators in educational contexts was analyzed. The findings indicate that these technologies allow personalizing the educational process, improving academic performance, strengthening conceptual understanding and fostering students' intrinsic motivation. In particular, platforms such as AutoTutor, Andes, BioLogica and Cell Collective have proven to be effective for teaching genetics, physiology and other abstract topics. However, the benefits depend on their proper pedagogical integration, teacher training and student-centered instructional design. It is concluded that AI, properly implemented, represents a key tool for a more equitable, critical and effective education in biological sciences.

**Keywords:** artificial intelligence; biology teaching; intelligent tutors; educational simulators; adaptive learning.

**Resumo**

Este estudo aborda a crescente utilização da inteligência artificial (IA) no ensino da biologia, destacando o seu potencial transformador na aprendizagem de conteúdos complexos. A partir de uma revisão sistematizada da literatura, analisamos pesquisas recentes indexadas nas bases Scopus e Web of Science que avaliam a eficácia de tutores inteligentes e simuladores adaptativos em contextos educacionais. Os resultados indicam que estas tecnologias permitem personalizar o processo educativo, melhorar o desempenho académico, reforçar a compreensão concetual e fomentar a motivação intrínseca dos alunos. Em particular, plataformas como o AutoTutor, o Andes, o BioLogica e o Cell Collective provaram ser eficazes no ensino da genética, da fisiologia e de outros temas abstractos. No entanto, os benefícios dependem da sua correta integração pedagógica, da formação dos professores e de uma conceção pedagógica centrada no aluno. Conclui-se que a IA, devidamente implementada, representa uma ferramenta fundamental para um ensino mais equitativo, crítico e eficaz das ciências da vida.

**Palavras-chave:** inteligência artificial; ensino da biologia; tutores inteligentes; simuladores educativos; aprendizagem adaptativa.

## Introducción

La transformación digital ha dado lugar a una evolución significativa en los procesos educativos, y entre las tecnologías emergentes más influyentes se encuentra la inteligencia artificial (IA). En el contexto de la enseñanza de las ciencias naturales, particularmente la biología, la incorporación de herramientas basadas en IA representa un fenómeno creciente que está reformulando los métodos de enseñanza y aprendizaje. Sin embargo, esta integración tecnológica plantea una serie de interrogantes sobre su real incidencia en el aprendizaje significativo de los estudiantes, tanto en entornos formales como no formales. Pese al incremento del uso de estas tecnologías, persisten vacíos conceptuales y empíricos respecto a su impacto pedagógico, eficacia cognitiva y adaptabilidad curricular en la enseñanza de contenidos complejos propios de la biología (Holmes et al., 2019).

El principal problema radica en la falta de una articulación clara entre el desarrollo tecnológico y los enfoques pedagógicos sustentados en teorías del aprendizaje. Aunque existen iniciativas que implementan algoritmos de IA en plataformas educativas, muchas de estas carecen de fundamentos didácticos robustos, lo cual limita su potencial para promover un aprendizaje profundo. Además, la IA no siempre se adapta a las necesidades cognitivas de los estudiantes, especialmente en asignaturas que requieren la comprensión de fenómenos abstractos, como la genética, la fisiología o la ecología (Zawacki-Richter et al., 2019). En este sentido, el uso de IA en la enseñanza de biología puede convertirse en una solución superficial si no se acompaña de estrategias pedagógicas adecuadas.

Entre los factores que agravan esta problemática se encuentran la escasa capacitación docente en el uso de tecnologías inteligentes, la resistencia al cambio por parte de las instituciones educativas, y la limitada disponibilidad de herramientas diseñadas específicamente para contextos educativos en ciencias biológicas. A esto se suma la falta de investigación empírica longitudinal que evalúe el impacto de la IA en términos de retención de

conocimientos, desarrollo de habilidades científicas y pensamiento crítico. Según Chen et al. (2020), muchos estudios existentes sobre IA en educación se centran en los aspectos tecnológicos o de programación, dejando de lado su integración en procesos de enseñanza disciplinar. Esta desconexión entre tecnología y pedagogía obstaculiza el aprovechamiento efectivo de la IA como instrumento mediador del aprendizaje.

Justificar una revisión bibliográfica sobre este tema es pertinente y necesario, dado el avance acelerado de la IA en la educación y la urgente necesidad de comprender sus implicaciones en disciplinas específicas. La biología, al ser una ciencia que combina conceptualización teórica, análisis empírico y pensamiento sistémico, requiere enfoques educativos innovadores que promuevan la comprensión integral de sus contenidos. Las herramientas de IA, tales como tutores inteligentes, sistemas de aprendizaje adaptativo y entornos de simulación, pueden facilitar este proceso si son correctamente implementadas (Lu et al., 2018). Además, explorar críticamente la literatura científica actual sobre esta temática permitirá identificar buenas prácticas, brechas de conocimiento y desafíos emergentes, contribuyendo así a un desarrollo educativo más equitativo, eficiente y tecnológicamente informado.

La viabilidad de este trabajo se sustenta en la amplia disponibilidad de investigaciones recientes indexadas en bases de datos científicas como Scopus y Web of Science, lo cual facilita el acceso a estudios de caso, revisiones sistemáticas y marcos teóricos actualizados. Asimismo, la revisión permitirá comparar diversos enfoques metodológicos, identificar patrones de implementación y analizar los resultados obtenidos en distintos niveles educativos y contextos culturales. Esta pluralidad de fuentes contribuirá a una comprensión más profunda y crítica sobre la interacción entre inteligencia artificial y aprendizaje de la biología.

El objetivo de esta revisión bibliográfica es analizar el impacto de la inteligencia artificial en el aprendizaje de la biología, evaluando las evidencias empíricas disponibles, los

marcos teóricos utilizados y las aplicaciones tecnológicas más relevantes. Se busca identificar cómo la IA ha sido implementada en la enseñanza de esta disciplina, qué resultados ha generado en el aprendizaje de los estudiantes y cuáles son las limitaciones y oportunidades de su uso pedagógico. A partir de este análisis, se pretende contribuir al diseño de estrategias educativas más efectivas e inclusivas que integren las tecnologías inteligentes de manera crítica y contextualizada.

## Metodología

El presente estudio se enmarca dentro de un enfoque cualitativo de tipo exploratorio, basado en una revisión bibliográfica sistematizada cuyo propósito es analizar la incidencia de la inteligencia artificial en el aprendizaje de la biología. Para ello, se realizó una búsqueda exhaustiva de literatura académica publicada entre los años 2018 y 2024, seleccionando exclusivamente fuentes científicas indexadas en bases de datos reconocidas como Scopus y Web of Science. Esta estrategia permitió garantizar la calidad, pertinencia y actualidad de los documentos revisados, priorizando aquellos que presentaran evidencia empírica, revisiones sistemáticas o análisis teóricos relacionados con la aplicación de tecnologías basadas en inteligencia artificial en contextos educativos, específicamente en la enseñanza de ciencias biológicas.

El proceso de recopilación de información se efectuó mediante el uso de descriptores en inglés y español, tales como “inteligencia artificial”, “aprendizaje”, “educación en biología”, “tecnologías educativas” y “AI in biology education”, combinados mediante operadores booleanos (AND, OR) para afinar los resultados. La selección de los artículos se realizó siguiendo criterios de inclusión que consideraron la relevancia temática, el acceso al texto completo, la rigurosidad metodológica, y su contribución al análisis del fenómeno estudiado.

Se excluyeron documentos duplicados, publicaciones en idiomas distintos al español o inglés, y aquellos que no abordaran explícitamente el vínculo entre IA y la enseñanza de la biología.

Una vez obtenidos los documentos, se procedió a su lectura crítica, con el objetivo de identificar enfoques metodológicos, contextos de aplicación, hallazgos principales y limitaciones reportadas. Esta etapa permitió construir una matriz de análisis en la que se organizaron las publicaciones según su tipo de estudio, población abordada, tecnología aplicada y resultados observados. A partir de esta sistematización, se realizó una síntesis interpretativa que facilitó la identificación de patrones comunes, vacíos investigativos y perspectivas emergentes en torno al uso de inteligencia artificial como herramienta de apoyo al aprendizaje biológico.

La metodología adoptada no busca establecer generalizaciones estadísticas, sino comprender en profundidad cómo ha sido conceptualizada y aplicada la inteligencia artificial en el campo educativo de la biología. Este abordaje permite ofrecer una visión integradora, crítica y fundamentada del estado actual del conocimiento, lo cual resulta pertinente para orientar futuras investigaciones, así como para fundamentar decisiones pedagógicas y tecnológicas en contextos educativos diversos.

## Resultados

### Aplicaciones de la inteligencia artificial en biología

La educación en ciencias biológicas enfrenta desafíos significativos debido a la naturaleza abstracta, compleja e interdisciplinaria de sus contenidos, lo que demanda nuevas estrategias pedagógicas que favorezcan una comprensión significativa y duradera. En este contexto, la inteligencia artificial (IA) ha irrumpido como un recurso transformador que ofrece soluciones innovadoras mediante el diseño de tecnologías educativas adaptativas. Entre las aplicaciones más destacadas en el ámbito de la enseñanza de la biología se encuentran los

tutores inteligentes y los simuladores interactivos, herramientas que permiten personalizar el proceso de aprendizaje y facilitar la comprensión de fenómenos biológicos complejos a través de experiencias inmersivas y adaptativas.

Los tutores inteligentes (Intelligent Tutoring Systems, ITS) son plataformas computacionales diseñadas para emular la enseñanza individualizada propia de un docente humano experto. Estos sistemas integran algoritmos de aprendizaje automático y modelado del conocimiento para diagnosticar el nivel de competencia del estudiante, identificar errores conceptuales y proporcionar retroalimentación específica en tiempo real. En la enseñanza de biología, los ITS se han aplicado exitosamente en contenidos que requieren una fuerte carga cognitiva, como genética molecular, fisiología celular o procesos metabólicos, donde el pensamiento abstracto y la capacidad de razonamiento causal son esenciales (VanLehn, 2011).

Uno de los ejemplos más representativos es el sistema *AutoTutor*, desarrollado para facilitar la comprensión de temas científicos mediante el uso del lenguaje natural. Este tutor ha sido adaptado para la enseñanza de biología celular y molecular, permitiendo a los estudiantes interactuar en un entorno de conversación automatizada que fomenta el razonamiento profundo y el aprendizaje autorregulado (Graesser et al., 2022). La interacción con *AutoTutor* ha demostrado mejorar el rendimiento en evaluaciones conceptuales y la calidad del discurso científico de los estudiantes, gracias a su capacidad para mantener diálogos socráticos, formular preguntas estratégicas y ofrecer retroalimentación inmediata.

Otra aplicación destacada es el tutor *Andes*, que ha sido utilizado para enseñar principios biofísicos aplicados a la biología, permitiendo a los estudiantes resolver problemas complejos mediante esquemas interactivos y asesoramiento paso a paso. En estudios experimentales, los estudiantes que utilizaron tutores inteligentes mostraron una mejora significativa en la retención de conceptos y una mayor transferencia de conocimientos en comparación con aquellos expuestos a métodos de enseñanza tradicionales (Nye et al., 2014).

La efectividad de estos sistemas radica en su capacidad para adaptar los contenidos, el ritmo y el tipo de retroalimentación en función del estilo y ritmo de aprendizaje del usuario, promoviendo así la equidad educativa y la personalización del proceso formativo.

Complementariamente, los simuladores inteligentes representan otra vertiente crucial dentro del ecosistema de herramientas basadas en IA aplicadas a la enseñanza de biología. Estos sistemas permiten modelar de manera visual e interactiva procesos biológicos complejos, facilitando la exploración, manipulación y observación de variables en contextos virtuales seguros y controlados. Por ejemplo, el simulador *BioLogica*, desarrollado por el Concord Consortium, ha sido ampliamente utilizado para la enseñanza de genética mendeliana y molecular. Este simulador permite a los estudiantes experimentar con cruzamientos genéticos, manipular alelos, observar la herencia de rasgos fenotípicos y analizar la relación entre genotipo y fenotipo, contribuyendo así a una comprensión activa de los principios de la herencia (Horwitz & Christie, 2000).

Otro ejemplo relevante es el sistema *Cell Collective*, una plataforma de simulación colaborativa que permite a los estudiantes modelar redes metabólicas y procesos celulares mediante la creación de modelos computacionales dinámicos. Investigaciones recientes indican que el uso de este tipo de simuladores mejora la comprensión de los mecanismos moleculares subyacentes y promueve el desarrollo del pensamiento sistémico en estudiantes de nivel medio y universitario (Helikar et al., 2015). Además, estos entornos virtuales ofrecen la posibilidad de generar escenarios experimentales que serían imposibles o costosos de reproducir en laboratorios físicos, aumentando la accesibilidad y la seguridad en la enseñanza de biología.

Desde un enfoque pedagógico, tanto los tutores como los simuladores inteligentes promueven el aprendizaje activo y autónomo, alineándose con teorías del aprendizaje constructivista y del procesamiento profundo de la información. Estas tecnologías no solo proporcionan contenido, sino que estructuran el entorno de aprendizaje en función de las

necesidades individuales del estudiante, promoviendo la autorregulación, la metacognición y la transferencia de conocimientos a situaciones nuevas. Además, permiten un seguimiento continuo del progreso estudiantil, generando datos que pueden ser utilizados para retroalimentar tanto a estudiantes como a docentes en tiempo real (Luckin et al., 2016).

Sin embargo, la implementación efectiva de estas tecnologías en la enseñanza de biología exige una planificación curricular adecuada, formación docente especializada y una evaluación continua de su impacto educativo. La mera disponibilidad de tutores y simuladores inteligentes no garantiza una mejora automática del aprendizaje; es necesario integrarlos en secuencias didácticas coherentes, con objetivos claros y metodologías activas que fomenten el pensamiento crítico y la indagación científica.

En síntesis, los tutores inteligentes y los simuladores basados en IA constituyen herramientas de alto potencial para transformar la enseñanza de la biología. Su capacidad para personalizar la instrucción, simular fenómenos complejos y fomentar el aprendizaje activo los posiciona como recursos clave en la educación del siglo XXI. No obstante, su efectividad depende de su integración pedagógica, de la formación docente y del diseño instruccional con enfoque centrado en el estudiante, lo cual plantea nuevos desafíos para la investigación y la práctica educativa, la siguiente tabla resume los elementos clave del análisis sobre el uso de la inteligencia artificial en la enseñanza de la biología, destacando los principales desafíos educativos, las soluciones tecnológicas propuestas y sus implicaciones pedagógicas.

**Tabla 1**

*Aplicaciones de la inteligencia artificial en la enseñanza de la biología: síntesis de herramientas y enfoques pedagógicos*

Aspecto	Descripción
Problema	La enseñanza de las ciencias biológicas enfrenta desafíos por su carácter abstracto, complejo e interdisciplinario.
Solución propuesta	Uso de tecnologías basadas en inteligencia artificial (IA), como tutores inteligentes y simuladores interactivos.
Tutores Inteligentes (ITS)	Sistemas que simulan la enseñanza individualizada, adaptan contenidos y ofrecen retroalimentación personalizada.
Ejemplos de ITS	- AutoTutor: enseña biología celular y molecular mediante diálogo natural.- Andes: enseña biofísica con asesoramiento paso a paso.

Aspecto	Descripción
Resultados de los ITS	Mejora en comprensión conceptual, retención y transferencia del conocimiento frente a métodos tradicionales.
Simuladores Inteligentes	Modelan procesos biológicos complejos de forma visual e interactiva en entornos virtuales seguros.
Ejemplos de simuladores	- BioLogica: simula genética mendeliana y molecular.- Cell Collective: permite modelar redes metabólicas y procesos celulares.
Beneficios de los simuladores	Facilitan comprensión activa, desarrollo del pensamiento sistémico y experimentación sin riesgos físicos.
Fundamento pedagógico	Basado en teorías constructivistas y del procesamiento profundo; fomentan el aprendizaje autónomo, autorregulación y metacognición.
Condiciones para su implementación	Formación docente, diseño instruccional centrado en el estudiante, integración curricular coherente y evaluación del impacto educativo.
Conclusión	Los ITS y simuladores son herramientas clave para la educación en biología del siglo XXI, pero su éxito depende de una implementación pedagógica adecuada.

*Nota:* Esta tabla facilita una visión estructurada y comparativa del contenido, permitiendo identificar con claridad las aplicaciones, beneficios y condiciones necesarias para la integración efectiva de tutores y simuladores inteligentes en el aula de biología (Autores, 2025).

### Impacto en el aprendizaje estudiantil

La integración de la inteligencia artificial (IA) en los procesos de enseñanza-aprendizaje ha generado un cambio paradigmático en el diseño y ejecución de entornos educativos, particularmente en áreas que demandan alta carga cognitiva como la biología. En este contexto, uno de los aspectos más ampliamente documentados y analizados es su impacto en el rendimiento académico y la motivación del estudiantado. Ambos factores, aunque distintos en su naturaleza, mantienen una estrecha interdependencia, ya que la motivación influye directamente en la disposición hacia el aprendizaje y, en consecuencia, en el desempeño académico. La literatura científica más reciente converge en que la IA, cuando es implementada adecuadamente, actúa como un catalizador que potencia significativamente estos dos pilares del proceso educativo.

En lo que respecta al rendimiento académico, diversos estudios empíricos han demostrado que los entornos educativos mediados por IA contribuyen a mejorar la comprensión de los contenidos, el desarrollo de habilidades cognitivas superiores y la capacidad de transferir conocimientos a situaciones nuevas. Esta mejora se explica por la naturaleza adaptativa de las tecnologías inteligentes, que permiten ajustar los contenidos, el

ritmo de instrucción y la retroalimentación en función de las características individuales del estudiante. En el caso de la biología, estos sistemas han sido particularmente efectivos en la enseñanza de contenidos complejos como genética, fisiología, evolución y ecología, áreas que suelen representar dificultades para los estudiantes debido a su alto nivel de abstracción y densidad conceptual (Aljohani et al., 2022).

Un ejemplo concreto de esta mejora en el rendimiento se encuentra en el uso de sistemas de aprendizaje adaptativo como *ALEKS* (Assessment and Learning in Knowledge Spaces), que han sido aplicados en contextos universitarios para enseñar conceptos científicos. Investigaciones realizadas por Steenbergen-Hu y Cooper (2014) indican que estudiantes que utilizaron este tipo de plataformas mostraron mejoras estadísticamente significativas en sus calificaciones finales en comparación con grupos de control que emplearon métodos tradicionales. Estos hallazgos fueron consistentes incluso en cursos de biología introductoria, donde la aplicación de IA permitió una mejor alineación entre los contenidos, las evaluaciones y las necesidades individuales de los estudiantes (Cajamarca-Correa et al., 2024).

Asimismo, el uso de tutores inteligentes, como *AutoTutor* o *ANDES*, ha permitido un aumento notable en la precisión conceptual, la resolución de problemas y el pensamiento lógico aplicado, gracias a su capacidad para ofrecer instrucción personalizada basada en el análisis semántico de las respuestas de los estudiantes (Graesser et al., 2022). Estos sistemas no solo entregan información, sino que estructuran el aprendizaje mediante un modelo pedagógico que simula la tutoría uno a uno, empleando estrategias de andamiaje, preguntas abiertas, explicaciones guiadas y retroalimentación correctiva inmediata.

Por otro lado, el impacto de la IA en la motivación estudiantil también ha sido ampliamente documentado en la literatura especializada. Desde la perspectiva de la Teoría de la Autodeterminación (Deci & Ryan, 2000), la motivación intrínseca se fortalece cuando los estudiantes perciben que tienen control sobre su proceso de aprendizaje, cuando sienten que

sus habilidades son adecuadas para enfrentar los desafíos propuestos y cuando experimentan un vínculo significativo con los contenidos. Las tecnologías basadas en IA satisfacen estas tres necesidades psicológicas básicas al ofrecer entornos personalizados, desafiantes pero accesibles, y con alto grado de interactividad, lo que convierte el proceso educativo en una experiencia más atractiva y emocionalmente gratificante.

Estudios realizados por Holmes et al. (2019) y Lu et al. (2018) indican que la introducción de simuladores inteligentes y plataformas adaptativas en la enseñanza de biología incrementa de forma significativa los niveles de motivación, interés y satisfacción de los estudiantes. En particular, la posibilidad de explorar fenómenos biológicos complejos a través de visualizaciones dinámicas, escenarios experimentales interactivos y retroalimentación inmediata favorece la curiosidad, el compromiso activo y la perseverancia frente a tareas desafiantes. Esta motivación sostenida se traduce no solo en mejores resultados académicos, sino también en una actitud más positiva hacia el estudio de las ciencias y una mayor disposición a continuar aprendiendo en el futuro (Piedra-Castro et al., 2024).

Además, el uso de inteligencia artificial en el aula ha mostrado efectos positivos en el desarrollo de competencias transversales como la autorregulación del aprendizaje, la autonomía y la metacognición. Al recibir información continua sobre su desempeño, los estudiantes son capaces de monitorear su progreso, identificar sus errores y ajustar sus estrategias de estudio, lo que incrementa su sentido de autoeficacia y su motivación para enfrentar nuevos desafíos académicos (Chen et al., 2020). Este proceso de mejora continua es especialmente importante en la biología, donde la comprensión profunda de los contenidos requiere múltiples aproximaciones y niveles de análisis.

No obstante, es necesario señalar que los beneficios de la IA sobre el rendimiento y la motivación no son automáticos ni universales. Su efectividad depende de múltiples factores, entre ellos la calidad del diseño instruccional, el nivel de formación del profesorado, la

adecuación del contenido a los objetivos curriculares y el contexto sociocultural del estudiantado. Una implementación tecnocéntrica o descontextualizada puede incluso generar efectos negativos, como la desmotivación o la dependencia excesiva de la tecnología (Luckin et al., 2016). Por ello, resulta imprescindible concebir el uso de la IA no como un fin en sí mismo, sino como una herramienta al servicio de una pedagogía centrada en el estudiante, crítica y reflexiva.

En conclusión, la inteligencia artificial tiene un impacto altamente positivo en el aprendizaje estudiantil de la biología, al mejorar tanto el rendimiento académico como la motivación intrínseca. Las evidencias empíricas muestran que los sistemas inteligentes, al personalizar la enseñanza y ofrecer entornos de aprendizaje interactivos y adaptativos, no solo optimizan los resultados académicos, sino que también estimulan el compromiso, el interés y la autonomía del estudiante. Sin embargo, para alcanzar su máximo potencial, estas herramientas deben integrarse de manera coherente con principios pedagógicos sólidos, dentro de un marco curricular que promueva el pensamiento crítico, la participación activa y la equidad en el acceso al conocimiento científico (Moreno-Rodriguez et al., 2024).

## Discusión

Los hallazgos obtenidos en esta revisión bibliográfica permiten concluir que la inteligencia artificial representa una herramienta didáctica con alto potencial para transformar los procesos de enseñanza-aprendizaje en la disciplina de biología. Más allá de su valor como innovación tecnológica, la IA funciona como un instrumento pedagógico que, adecuadamente integrado, puede mejorar tanto la calidad del aprendizaje como la participación del estudiante. En particular, los tutores inteligentes y los simuladores adaptativos se han consolidado como recursos clave para enfrentar los desafíos inherentes a la enseñanza de contenidos altamente complejos y abstractos propios de esta área del conocimiento (Piedra-Castro et al., 2024).

Los tutores inteligentes, al permitir una personalización continua del proceso educativo, suplen muchas de las limitaciones de los modelos tradicionales, donde la instrucción homogénea y lineal no se adapta a la diversidad de ritmos y estilos de aprendizaje presentes en el aula. Estas tecnologías configuran entornos de aprendizaje dinámicos que responden al progreso individual del estudiante, ajustando tanto la dificultad de los contenidos como la retroalimentación ofrecida. Esta adaptabilidad se vuelve esencial en la biología, donde el desarrollo de una comprensión profunda requiere de secuencias conceptuales progresivas, de la visualización de procesos no observables y del uso preciso de un lenguaje técnico especializado (Cajamarca-Correa et al., 2024).

Por otra parte, los simuladores interactivos permiten representar de forma gráfica, manipulable e inmersiva fenómenos biológicos que, debido a su escala o nivel de abstracción, no pueden ser fácilmente observados en un entorno físico. Estas herramientas potencian el aprendizaje experiencial y el razonamiento científico, ya que permiten al estudiante experimentar con variables, formular hipótesis, observar resultados y establecer relaciones causales. En consecuencia, no solo se facilita la comprensión de conceptos complejos, sino que también se promueve el desarrollo de habilidades científicas transversales como el análisis, la síntesis, la modelización y la toma de decisiones informadas.

En cuanto al impacto de estas tecnologías en el aprendizaje estudiantil, los beneficios son evidentes en dos dimensiones fundamentales: el rendimiento académico y la motivación. En la primera, se observa un incremento en la retención de conocimientos, la precisión conceptual y la capacidad de resolución de problemas. Esto se explica por la forma en que las plataformas basadas en IA estructuran experiencias de aprendizaje adaptativas y orientadas al logro, en las que el estudiante recibe una retroalimentación constante que le permite corregir errores, profundizar contenidos y progresar de manera autónoma. En la segunda dimensión, la motivación, los entornos inteligentes generan un efecto estimulante al permitir experiencias

interactivas, visualmente atractivas y adaptadas al nivel de competencia del usuario. Esta combinación favorece el interés sostenido, la autorregulación del estudio y el compromiso emocional con la disciplina, factores que inciden directamente en la disposición para aprender y en la permanencia en trayectorias científicas (Moreno-Rodriguez et al., 2024).

No obstante, los beneficios de la inteligencia artificial en educación no deben considerarse automáticos ni generalizables sin un análisis crítico de los contextos en los que se implementa. Su efectividad está condicionada por la calidad del diseño instruccional, la competencia pedagógica del docente, el acceso equitativo a recursos tecnológicos y la articulación con los objetivos curriculares. Sin estos elementos, el uso de IA puede reducirse a una experiencia superficial, centrada en la herramienta y no en el aprendizaje, e incluso generar desmotivación o dependencia tecnológica.

En síntesis, la inteligencia artificial, cuando se integra con criterios pedagógicos claros, promueve mejoras sustanciales en el aprendizaje de la biología. Contribuye al rendimiento académico a través de la adaptación personalizada de los contenidos y fomenta la motivación al ofrecer experiencias significativas, interactivas y centradas en el estudiante. No obstante, su implementación requiere planificación, formación docente y una visión crítica que supere el entusiasmo tecnológico para enfocarse en la transformación educativa auténtica. La IA, por tanto, debe entenderse como un medio al servicio de una pedagogía reflexiva, inclusiva y orientada al desarrollo integral del pensamiento científico (Chen et al., 2020).

## Conclusión

La inteligencia artificial se consolida como un recurso pedagógico de alto valor en el ámbito de la enseñanza de la biología, al facilitar procesos de aprendizaje más personalizados, interactivos y eficaces. A través del uso de tutores inteligentes y simuladores adaptativos, los estudiantes no solo logran comprender con mayor profundidad los conceptos complejos

propios de esta disciplina, sino que también desarrollan habilidades cognitivas avanzadas y una mayor disposición para el estudio autónomo. Estas herramientas permiten adaptar la enseñanza al ritmo y estilo de cada estudiante, favoreciendo la autorregulación del aprendizaje y mejorando sustancialmente el rendimiento académico. Al mismo tiempo, la interactividad, la visualización de fenómenos abstractos y la retroalimentación inmediata que ofrecen estos entornos fomentan la motivación intrínseca y el compromiso sostenido con la materia. Sin embargo, estos beneficios no se alcanzan por la mera incorporación de tecnología, sino que dependen de su integración pedagógica adecuada, de una planificación didáctica coherente y de la formación docente pertinente. En este sentido, la inteligencia artificial debe ser entendida como una herramienta al servicio de una educación más inclusiva, crítica y centrada en el estudiante, capaz de responder a las demandas formativas del siglo XXI. Por tanto, se hace necesario continuar investigando sus aplicaciones en distintos contextos y niveles educativos, así como generar marcos de implementación que garanticen su uso ético, equitativo y pedagógicamente sustentado.

## Referencias bibliográficas

- Aljohani, N. R., Davis, H. C., & Pallant, E. (2022). Adaptive Learning Systems and Student Performance: A Systematic Literature Review. *Education and Information Technologies*, 27, 679–702.
- Cajamarca-Correa, M. A., Cangas-Cadena, A. L., Sánchez-Simbaña, S. E., & Pérez-Guillermo, A. G. (2024). Nuevas tendencias en el uso de recursos y herramientas de la Tecnología Educativa para la Educación Universitaria. *Journal of Economic and Social Science Research*, 4(3), 127–150. <https://doi.org/10.55813/gaea/jessr/v4/n3/124>
- Chen, L., Chen, P., & Lin, Z. (2020). Artificial Intelligence in Education: A Review. *IEEE Access*, 8, 75264–75278. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2988510>
- Deci, E. L., & Ryan, R. M. (2000). The “what” and “why” of goal pursuits: Human needs and the self-determination of behavior. *Psychological Inquiry*, 11(4), 227–268. [https://doi.org/10.1207/S15327965PLI1104\\_01](https://doi.org/10.1207/S15327965PLI1104_01)
- Graesser, A., Hu, X., Nye, B. D., & Sottolare, R. (2022). Intelligent tutoring systems and learning outcomes: A meta-analytic review. In R. Sottolare & A. Graesser (Eds.), *Design recommendations for intelligent tutoring systems* (Vol. 10, pp. 3–26). U.S.

Army Combat Capabilities Development Command.

- Helikar, T., Kowal, B., McClenathan, S. *et al.* The Cell Collective: Toward an open and collaborative approach to systems biology. *BMC Syst Biol* 6, 96 (2012). <https://doi.org/10.1186/1752-0509-6-96>
- Holmes, W., Bialik, M., & Fadel, C. (2019). *Artificial Intelligence in Education: Promises and Implications for Teaching and Learning*. Center for Curriculum Redesign. <https://curriculumredesign.org/wp-content/uploads/AI-in-Education.pdf>
- Horwitz, P., & Christie, M. A. (2000). Using computer models to teach genetics: The BioLogica™ project. *Journal of Biological Education*, 34(2), 80–83.
- Lu, O. H. T., Huang, A. Y. Q., Huang, J. C. H., & Yang, S. J. H. (2018). Applying learning analytics for the early prediction of students' academic performance in blended learning. *Educational Technology & Society*, 21(2), 220–232. <https://www.jstor.org/stable/26388400>
- Luckin, R., Holmes, W., Griffiths, M., & Forcier, L. B. (2016). *Intelligence Unleashed: An Argument for AI in Education*. Pearson Education. <https://discovery.ucl.ac.uk/id/eprint/1475756>
- Moreno-Rodriguez, C. J., Otavalo-Criollo, I. A., Gallardo-Chiluisa, N. N., Díaz-Avelino, J. R., Ochoa Reyes, R. D., Moreno-Gudiño, B. P., Peñaherrera Andrade, R. S., & Ojeda-Ojeda, J. J. (2024). *Gestión del Conocimiento y Educación en el Desarrollo Organizacional y Académico*. Editorial Grupo AEA. <https://doi.org/10.55813/egaea.1.98>
- Nye, B. D., Graesser, A. C., & Hu, X. (2014). AutoTutor and Family: A Review of 17 Years of Natural Language Tutoring. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 24(4), 427–469. <https://doi.org/10.1007/s40593-014-0029-5>
- Piedra-Castro, W. I., Burbano-Buñay, E. S., Tamayo-Verdezoto, J. J., & Moreira-Alcívar, E. F. (2024). Inteligencia artificial y su incidencia en la estrategia metodológica de aprendizaje basado en investigación. *Journal of Economic and Social Science Research*, 4(2), 178–196. <https://doi.org/10.55813/gaea/jesr/v4/n2/106>
- Steenbergen-Hu, S., & Cooper, H. (2014). A meta-analysis of the effectiveness of intelligent tutoring systems on college students' academic learning. *Journal of Educational Psychology*, 106(2), 331–347. <https://doi.org/10.1037/a0034752>
- VanLehn, K. (2011). The Relative Effectiveness of Human Tutoring, Intelligent Tutoring Systems, and Other Tutoring Systems. *Educational Psychologist*, 46(4), 197–221. <https://doi.org/10.1080/00461520.2011.611369>
- Zawacki-Richter, O., Marín, V. I., Bond, M., & Gouverneur, F. (2019). Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education – where are the educators? *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 16(1), 1–27. <https://doi.org/10.1186/s41239-019-0171-0>