

Relevancia de la **Inteligencia Artificial** en la educación

Vicente Jesús Hernández Abad
José Luis Alfredo Mora Guevara
Feliciano Palestino Escoto
Gloria Margarita Reyes Iriar
Coordinadores



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA



Relevancia de la Inteligencia Artificial en la educación

**Vicente Jesús Hernández Abad
José Luis Alfredo Mora Guevara
Feliciano Palestino Escoto
Gloria Margarita Reyes Iriar
COORDINADORES**

Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Estudios Superiores Zaragoza



Dr. Vicente Jesús Hernández Abad
Director

Dra. Mirna García Méndez
Secretaría General

Dr. José Luis Alfredo Mora Guevara
Secretario de Desarrollo Académico

CD. Yolanda Lucina Gómez Gutiérrez
Secretaría de Desarrollo Estudiantil

Mtro. Luis Alberto Huerta López
Secretario Administrativo

Dra. María Susana González Velázquez
Jefa de la División de Planeación Institucional

Dra. Rosalva Rangel Corona
Jefa de la División de Vinculación

Dr. David Nahum Espinosa Organista
Jefe de la División de Estudios de Posgrado e Investigación

Lic. Carlos Raziel Leaños Castillo
Jefe de la Coordinación de Comunicación Social y Gestión de Medios

Datos para catalogación bibliográfica

Coordinadores: Vicente Jesús Hernández Abad, José Luis Alfredo Mora Guevara, Feliciano Palestino Escoto, Gloria Margarita Reyes Iriar.

Relevancia de la Inteligencia Artificial en la educación.

UNAM, FES Zaragoza, abril de 2026.

Diseño de portada: Carlos Raziel Leaños Castillo.
Formación de interiores: Claudia Ahumada Ballesteros.

ISBN: 978-607-642-729-3.

Peso: 7.6 MB.

Este libro fue dictaminado a través del Comité Editorial de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, evaluado por pares a doble ciego y se aprobó en marzo 2026.

DERECHOS RESERVADOS

Queda prohibida la reproducción o transmisión total o parcial del texto o las ilustraciones de la presente obra bajo cualesquiera formas, electrónicas o mecánicas, incluyendo fotocopiado, almacenamiento en algún sistema de recuperación de información, dispositivo de memoria digital o grabado sin el consentimiento previo y por escrito del editor.

Relevancia de la Inteligencia Artificial en la educación.

D.R. © Universidad Nacional Autónoma de México
Av. Universidad # 3000, Col. Universidad Nacional Autónoma de México, C.U.,
Alcaldía Coyoacán, C.P. 04510, Ciudad de México, México.

Facultad de Estudios Superiores Zaragoza
Av. Guelatao # 66, Col. Ejército de Oriente,
Alcaldía Iztapalapa, C.P. 09230, Ciudad de México, México.



Contenido

	Presentación	5
1	Relevancia de los Modelos de Lenguaje de gran tamaño en la Educación Latinoamericana: Una Revisión Sistemática Carlos Toxtli Hernández	7
2	Huella Económica, Ambiental y Social en la Gestión de Datos de IA: Un Análisis de Sostenibilidad Héctor Benítez Pérez, Luz María Castañeda de León, Ana Yuri Ramírez Molina	35
3	Aplicación de la Inteligencia Artificial en las Actividades Académico-Administrativas de la FES Zaragoza UNAM Feliciano Palestino Escoto, José Luis Alfredo Mora Guevara, Gloria Margarita Reyes Iriar	49
4	Retos de la Inteligencia Artificial (IA) en el sector educativo profesional Benny Weiss Steider, Rosalva Rangel Corona	57
5	Inteligencia Artificial en la Evaluación del Aprendizaje: Transformando la Educación del Siglo XXI Enrique Escalera Zúñiga, Carina Gutiérrez Iglesias, Gloria Margarita Reyes Iriar	71
6	Inteligencia artificial en la formación y práctica profesional del psicólogo: oportunidades, retos y perspectivas Alejandra Luna García, Alan Alexis Mercado Ruiz	81

7	Ventajas y desventajas de la Inteligencia Artificial (IA) en el contexto universitario Pedro Lavias Hernández	91
8	La Inteligencia Artificial en la práctica Odontológica Andrés Alcauter Zavala	101
9	Alcance de la inteligencia artificial en la formación de biólogos y biólogas Maricela Arteaga Mejía, Nicté Ramírez Priego	113
10	Inteligencia artificial y su aplicación en la Educación Odontológica Diana María Buendía Martínez, Blanca Estela Pablo Gopar	123
11	La Inteligencia Artificial en la práctica nutricional Mariana Isabel Valdés Moreno, José Eduardo Otáñez Ludick, María Fernanda Salgado Fernández	131
12	La Inteligencia Artificial en la Ingeniería Química (Realidad en la industria 4.0) Aldo Fernando Varela Martínez	141
13	Inteligencia Artificial en la Formación Farmacéutica: Un Enfoque Crítico para la Transformación Educativa Vicente Jesús Hernández Abad, Elizabeth Guadalupe Sánchez González	149



Presentación

La relevancia de la Inteligencia Artificial (IA) en la educación universitaria ha dejado de ser una promesa tecnológica para convertirse en una fuerza transformadora en múltiples sectores, y la educación no es la excepción. En América Latina, el avance de los modelos de lenguaje de gran tamaño (LLMs) y otras tecnologías basadas en IA está redefiniendo la forma en que se enseña, se aprende, se evalúa y se gestiona el conocimiento.

El presente libro electrónico reúne investigaciones, reflexiones y estudios de caso que abordan la importancia de la IA en distintos niveles y contextos educativos. Desde revisiones sistemáticas sobre el impacto de los LLMs en la educación latinoamericana, hasta análisis críticos sobre su aplicación en áreas específicas como la psicología, la odontología, la nutrición, la ingeniería química y la formación farmacéutica, por lo que el lector encontrará una visión amplia y profunda del uso de la IA.

Además, se exploran las implicaciones económicas, ambientales y sociales de la gestión de datos en sistemas de IA, subrayando la necesidad de una mirada sostenible en su implementación. La IA no solo transforma procesos académicos, sino también administrativos, como lo demuestra el caso de la FES Zaragoza de la UNAM, donde se han integrado soluciones inteligentes para optimizar la gestión institucional.

La diversidad de enfoques presentados en este libro refleja la amplitud del impacto de la IA en la educación. Se analizan sus ventajas y desventajas en el contexto universitario, así como su papel en la evaluación del aprendizaje, donde se vislumbra una transformación profunda en los métodos de retroalimentación, seguimiento y personalización del proceso educativo.

En el ámbito profesional, se abordan los retos que enfrentan los docentes, investigadores y estudiantes ante la incorporación de herramientas inteligentes. La IA plantea nuevas exigencias en términos de competencias digitales, adaptación curricular y formación ética.

El libro no pretende ofrecer respuestas definitivas, sino abrir un espacio de diálogo informado y crítico. La IA en la educación es un fenómeno complejo, con múltiples aristas que requieren ser comprendidas desde una perspectiva interdisciplinaria. La intención es que cada lector — docente, estudiante, investigador o interesado— encuentre en estas páginas herramientas para reflexionar, actuar y transformar su entorno educativo.

La educación del siglo XXI no puede prescindir de la Inteligencia Artificial, pero tampoco puede depender de ella. Este libro invita a pensar la IA no como un fin, sino como un medio para construir una educación más inclusiva, eficiente, ética y humana.

Dr. Vicente Jesús Hernández Abad

Director

Relevancia de los Modelos de Lenguaje de Gran Tamaño en la Educación Latinoamericana: Una Revisión Sistemática

Carlos Toxtli Hernández

Clemson University
ctoxtli@clemson.edu

Resumen

Este artículo presenta una revisión sistemática de literatura, siguiendo la metodología PRISMA, sobre la relevancia de los modelos de lenguaje de gran tamaño (LLMs), como ChatGPT, en la educación en América Latina entre enero de 2023 y abril de 2025. Se analizaron más de cien fuentes académicas de bases de datos reconocidas (Scopus, SciELO, Redalyc, ArXiv, IEEE Xplore, Google Scholar), priorizando estudios empíricos (cuantitativos, cualitativos y mixtos), así como artículos teóricos, revisiones sistemáticas previas y marcos normativos o técnicos relevantes. La revisión abarca todos los niveles educativos (educación básica, secundaria, superior y formación docente) e incluye literatura tanto en español como en inglés centrada en contextos latinoamericanos. Los resultados revelan un rápido aumento en las investigaciones sobre LLMs en entornos educativos latinoamericanos, con hallazgos que muestran percepciones mayormente positivas sobre el potencial de herramientas como ChatGPT para personalizar la enseñanza, mejorar el aprendizaje y fomentar habilidades como el pensamiento crítico y creativo, aunque también destacan preocupaciones significativas en torno a la integridad académica, las brechas de acceso, sesgos del idioma y la necesidad de capacitación docente. Se discuten las implicaciones de estos hallazgos para la práctica educativa en la región, incluyendo estrategias pedagógicas,

consideraciones éticas y políticas públicas. Finalmente, se proponen recomendaciones para la integración responsable de la IA generativa en la educación latinoamericana, enfatizando la importancia de enfoques que aprovechen sus beneficios mientras mitigan sus riesgos.

Palabras clave: Modelos de lenguaje de gran tamaño; ChatGPT; inteligencia artificial generativa; educación; América Latina; revisión sistemática; PRISMA.

1. Introducción

La aparición de *ChatGPT* a finales de 2022 marcó un punto de inflexión en el debate sobre inteligencia artificial (IA) y educación a nivel global. En América Latina, una región caracterizada por desafíos históricos en la equidad y calidad educativa, la irrupción de modelos de lenguaje de gran tamaño (LLMs, por sus siglas en inglés) ha generado tanto entusiasmo como inquietud entre docentes, estudiantes y formuladores de políticas. Por un lado, se vislumbra el potencial de estas herramientas para transformar la enseñanza y el aprendizaje mediante la personalización de contenidos, la tutoría automatizada y la generación de recursos educativos adaptados a las necesidades individuales (García-Peñalvo, 2023; Ríos, 2023). Estudios internacionales sugieren que los LLMs pueden ofrecer retroalimentación instantánea y apoyar la autonomía del estudiante (Farrokhnia, Banihashem, Noroozi, y Wals, 2024), lo que en contextos latinoamericanos podría ayudar a abordar carencias de apoyo pedagógico personalizadas. Por otro lado, surgen preocupaciones sobre el posible agravamiento de brechas educativas y los desafíos éticos asociados. En América Latina persiste una considerable desigualdad en el acceso a tecnología y conectividad: por ejemplo, se estima que cerca de la mitad de los adolescentes de 15 años en la región no comprende plenamente los textos que lee (Inter-American Development Bank (IDB), 2023), y menos del 30 % de los hogares vulnerables tienen conectividad de calidad (Kuhn, Khoo, Czerniewicz, y et al., 2023). En este contexto, algunos expertos argumentan que la llegada de herramientas avanzadas como ChatGPT corre el riesgo de amplificar las inequidades existentes si sólo una minoría logra utilizarlas efectivamente, haciendo eco del fenómeno histórico donde innovaciones educativas (como la imprenta) beneficiaron desproporcionadamente a grupos privilegiados (Castells, 2023).

Numerosos trabajos recientes han comenzado a explorar esta cuestión. A nivel global, revisiones tempranas señalaron tanto beneficios como riesgos de ChatGPT en la educación

(Ali y cols., 2024; Cotton, Cotton, y Shipway, 2023). Por ejemplo, Cotton et al. (2023) discuten la disyuntiva entre aprovechar ChatGPT como apoyo educativo y evitar que facilite trampas académicas, abogando por enfoques que reformulen las evaluaciones y fomenten pensamiento crítico para mantener la integridad académica (Cotton y cols., 2023). De igual manera, iniciativas internacionales han llamado a no caer en el “pánico moral” sino a entender y guiar el uso de estas herramientas (García-Peñalvo., 2023). En América Latina, la discusión se enmarca en realidades particulares: alta heterogeneidad en la infraestructura digital entre países y zonas urbanas-rurales, diversidad lingüística (predominio del español y portugués, con presencia de lenguas indígenas) y políticas educativas en diferentes etapas de incorporación de tecnología. Mientras que algunas universidades en la región rápidamente organizaron seminarios y guías sobre ChatGPT en 2023 (Sabzalieva y Valentini, 2023), sistemas escolares de países con menor acceso digital enfrentaron el reto desde consideraciones más básicas, como la falta de conectividad o de capacitación docente en alfabetización digital (Cobo y cols., 2023).

Este trabajo realiza una revisión sistemática de la literatura publicada entre enero de 2023 y abril de 2025 acerca de la relevancia y efectos de los LLMs (específicamente ChatGPT y herramientas similares) en contextos educativos latinoamericanos. Nos centramos en investigar: (1) ¿Cómo están siendo utilizados (o propuestos) los modelos de lenguaje como ChatGPT en distintos niveles educativos de América Latina? (2) ¿Qué beneficios o mejoras reportan los estudios empíricos en la región al incorporar estas herramientas en procesos de enseñanza-aprendizaje? (3) ¿Cuáles son las principales preocupaciones, desafíos éticos y limitaciones identificadas en el contexto latinoamericano? y (4) ¿Qué recomendaciones o marcos se sugieren para una integración responsable de estas IA en la educación regional?

Los aportes de esta revisión son de gran relevancia: en primer lugar, sintetiza hallazgos emergentes en una temática vertiginosamente nueva, brindando una visión panorámica para investigadores, docentes y autoridades educativas latinoamericanas. En segundo lugar, contrasta tendencias globales con evidencias locales, permitiendo visibilizar particularidades de la región (por ejemplo, actitudes de docentes y estudiantes latinoamericanos hacia ChatGPT, o el desempeño de estos modelos con contenido en español). En tercer lugar, identifica vacíos de investigación y orienta hacia buenas prácticas contextualmente adecuadas, evitando tanto un optimismo ingenuo como un rechazo infundado a estas tecnologías. Dado que la velocidad de adopción de ChatGPT ha sido inédita (alcanzando 100 millones de usuarios en solo dos meses tras su lanzamiento público), es crucial evaluar su impacto potencial en sistemas educativos que ya enfrentaban el desafío de mejorar calidad

y equidad. Como argumentan analistas del Banco Interamericano de Desarrollo, “*ChatGPT no es el problema; el problema es la desigualdad educativa*” (Inter-American Development Bank (IDB), 2023); sin embargo, el modo en que se incorpore esta poderosa herramienta en las aulas latinoamericanas podría o bien contribuir a cerrar brechas de aprendizaje, o bien ampliarlas si su uso queda restringido a unos pocos. Por tanto, entender la evidencia disponible es un paso necesario para guiar decisiones informadas en políticas educativas y prácticas pedagógicas en la era de la IA generativa.

A continuación, se detalla la metodología empleada para la búsqueda y selección de literatura (sección 2), luego se presentan los resultados organizados en subtemas clave (sección 3). Posteriormente, la sección 4 discute los hallazgos a la luz del contexto regional y comparativo, y finalmente la sección 5 ofrece conclusiones y recomendaciones concretas derivadas de la revisión.

2. Metodología

Esta revisión sistemática siguió las directrices de la declaración PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses) para asegurar un proceso transparente y reproducible. A continuación, se describen los criterios de selección de estudios, las fuentes de información consultadas, la estrategia de búsqueda empleada, los procedimientos de cribado (selección) y extracción de datos, así como el enfoque de síntesis utilizado.

2.1. Criterios de Elegibilidad

Se incluyeron estudios y documentos que cumplieran con los siguientes criterios: (a) publicados entre el 1 de enero de 2023 y el 30 de abril de 2025; (b) centrados en el uso, impacto o implicaciones de modelos de lenguaje de gran tamaño (especialmente *ChatGPT* de OpenAI, pero también otros LLMs comparables) en contextos educativos de América Latina; (c) podían estar escritos en español o inglés (también se consideraron portugués y otros idiomas regionales, aunque la mayoría de la literatura pertinente se encontró en los dos primeros); (d) correspondientes a cualquier nivel educativo (educación primaria o básica, secundaria, educación superior universitaria, formación técnica, posgrado, y formación

docente continua); (e) de diversos tipos de investigación: estudios empíricos cuantitativos (ej. experimentos, encuestas, estudios correlacionales), cualitativos (entrevistas, estudios de caso, etnografías) o mixtos, así como artículos teóricos, ensayos, revisiones de literatura y documentos técnicos o normativos relevantes. Se excluyeron informes periodísticos sin base investigativa sólida, entradas de blog no asociadas a organismos especializados (con excepción de algunas publicaciones de entidades reconocidas como el BID o UNESCO, consideradas “literatura gris” valiosa), y fuentes que, aunque mencionaran a ChatGPT, no tuvieran un enfoque centrado en educación o en Latinoamérica (por ejemplo, artículos sobre aplicaciones médicas de ChatGPT sin relación con formación o un contexto regional).

2.2. Fuentes de Información

La búsqueda bibliográfica se realizó en múltiples bases de datos y repositorios para garantizar una cobertura amplia:

- **Scopus:** para literatura académica indexada (artículos de revistas, actas de conferencias) a nivel internacional, incluyendo publicaciones latinoamericanas visibles globalmente.
- **SciELO (Scientific Electronic Library Online):** para acceder a revistas de acceso abierto de Iberoamérica, especialmente útil en la detección de estudios en español y portugués de la región.
- **Redalyc:** repositorio de revistas científicas latinoamericanas en acceso abierto, complementario a SciELO.
- **Google Scholar:** empleado para capturar literatura no indexada en bases de datos comerciales, literatura gris (documentos de trabajo, informes técnicos, tesis) y verificar citas adicionales.
- **IEEE Xplore:** para encontrar trabajos en congresos de informática/educación donde se discutieran implementaciones técnicas de LLM en educación (se identificaron algunos papers de conferencias latinoamericanas).
- **ArXiv:** repositorio de preprints, consultado para capturar investigaciones muy recientes (ej. preprints de 2023-2024 sobre ChatGPT en educación) antes de su publicación formal.

- **Scielo Brasileño y Scielo en otros países:** se hicieron búsquedas específicas en portales nacionales (Brasil, Chile, etc.) por posibles artículos en revistas nacionales.
- **Sitios web de organismos y conferencias:** como UNESCO, OEI, BID, donde se han publicado guías, reportes o actas relevantes. Por ejemplo, se recuperó un informe de la OEI (Organización de Estados Iberoamericanos) sobre el futuro de la IA en la educación latinoamericana (Cobo y cols., 2023) y la guía rápida de UNESCO-IESALC sobre ChatGPT en la educación superior (Sabzalieva y Valentini, 2023).

2.3. Estrategia de Búsqueda

La estrategia de búsqueda combinó términos relacionados con la tecnología (*ChatGPT*, *modelos de lenguaje*, *IA generativa*, *large language models*) con términos educativos (*educación*, *enseñanza*, *aprendizaje*, *estudiantes*, *docentes*, *currículum*) y con la delimitación regional (*América Latina*, *América Latina y el Caribe*, *nombres de países específicos como México*, *Brasil*, etc.). Se adaptaron los términos a cada base de datos; por ejemplo, en Scopus se usó una cadena como:

TITLE-ABS-KEY(("ChatGPT" OR "language model" OR "Generative AI") AND (educa OR enseñ* OR aprend*) AND ("Latin America" OR Latinoam* OR names of specific countries)).*

En SciELO/Redalyc se buscaron términos en español: *"ChatGPT"*, *"modelo de lenguaje"*, *"IA generativa"* combinados con *"educación"*, *"docentes"*, *"estudiantes"*, etc. Igualmente, se hicieron búsquedas en portugués (ej. *"ChatGPT" AND "educação"*) dada la producción significativa en Brasil sobre el tema.

Adicionalmente, se revisaron las listas de referencias de artículos clave (muestreo "bola de nieve") para identificar estudios que no emergieron de las búsquedas iniciales pero que cumplían criterios (varios artículos fueron localizados gracias a citas en otras publicaciones, enriqueciendo la cobertura). Por ejemplo, tras identificar un estudio de encuesta en México (Fernández Marfil y Beltrán Cuervo, 2024), se extrajeron de sus referencias otras fuentes relevantes, incluyendo una revisión sistemática ecuatoriana previa sobre IA en educación superior (Fajardo Aguilar, Ayala Gavilanes, Arroba Freire, y López Quincha, 2023).

2.4. Selección de Estudios

Los resultados de las búsquedas fueron integrados y procesados con la herramienta Zotero, eliminando primero duplicados. En total, se identificaron inicialmente **268** referencias potenciales. Tras remover duplicados, quedaron **230** títulos únicos. Se procedió a una fase de cribado de títulos y resúmenes: se excluyeron aquellos que claramente no se ajustaban (p.ej., artículos centrados en IA pero en sectores no educativos, o en contextos geográficos ajenos sin alguna conexión aplicable). Esta fase eliminó **85** referencias por irrelevancia evidente, quedando **145** documentos para evaluación más detallada.

En la siguiente etapa, se obtuvieron los textos completos de estos 145 documentos (a través de accesos abiertos, redes académicas o solicitudes a autores cuando fue necesario). Cada texto completo fue evaluado en profundidad aplicando los criterios de elegibilidad. Se excluyeron, en esta ronda, aquellos que: carecían de información sustantiva sobre aplicaciones educativas de LLMs (por ejemplo, notas muy breves sin análisis), o que mencionaban a Latinoamérica solo tangencialmente sin datos o discusión específica de la región (e.g., un trabajo global que en la sección de implicaciones hacía un comentario sobre países en desarrollo, pero sin enfoque real en la región). También se excluyeron duplicados conceptuales (por ejemplo, versiones preliminares de un estudio ya publicado final, para evitar contar dos veces el mismo hallazgo). Tras esta evaluación, se descartaron **43** estudios adicionales. En consecuencia, el número de estudios incluidos en la síntesis cualitativa final fue de **102** referencias.

La figura 1 ilustra el flujo del proceso de selección de acuerdo con PRISMA, detallando las cifras en cada fase (identificación, cribado, elegibilidad e inclusión).

2.5. Extracción y Síntesis de la Información

Se elaboró una matriz de extracción de datos donde para cada estudio incluido se registraron: país(es) de realización o contexto analizado, nivel educativo enfocado, tipo de estudio (metodología), tamaño de muestra (si aplicaba), objetivo principal, resultados o hallazgos clave, y conclusiones/recomendaciones relevantes. También se anotó cualquier información contextual importante, como si el estudio consideraba una materia específica (por ejemplo, uso de ChatGPT en la enseñanza de escritura, o en formación médica).

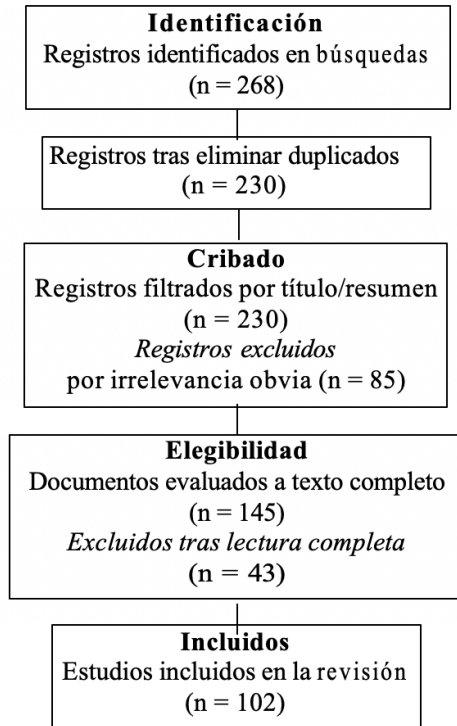


Figura 1: Diagrama de flujo PRISMA del proceso de selección de la literatura.

Dada la heterogeneidad de los estudios (desde encuestas cuantitativas a ensayos reflexivos), se optó por una síntesis cualitativa narrativa, organizada temáticamente. Se identificaron temas emergentes que permitieron agrupar los hallazgos: por ejemplo, “Percepciones y actitudes de estudiantes”, “Perspectivas de docentes y formación docente”, “Impacto en resultados de aprendizaje y desempeño”, “Integridad académica y ética”, “Políticas, recomendaciones y marcos institucionales en la región”. Para cuantificar tendencias generales, se contabilizó el número de estudios por país, por nivel educativo y por tipo metodológico, cuyos detalles se presentan en la sección de Resultados (incluyendo un cuadro resumen). Sin embargo, no se realizó un metaanálisis estadístico dado que la mayoría de estudios empíricos tenían diseños y medidas muy diversos, lo que dificultaría la agregación cuantitativa significativa.

La calidad de los estudios incluidos varió (algunos eran exploratorios dado lo reciente del fenómeno, otros más robustos). En esta revisión, más que excluir por calidad formal, se ponderaron al discutir: dando mayor peso a evidencias sostenidas por múltiples fuentes o con metodologías más sólidas, e indicando cuando algo provenía principalmente de reflexiones teóricas o casos muy acotados. En general, se buscó brindar una visión equilibrada incorporando las diferentes voces presentes en la literatura de la región hasta la fecha de corte.

3. Resultados

La literatura revisada evidencia que el tema de los LLMs en educación ha cobrado gran dinamismo en América Latina en el periodo analizado. A continuación, se presentan los hallazgos principales organizados en las siguientes subsecciones: (3.1) Panorama general de la investigación regional (volumen y enfoques de estudios por país y nivel educativo); (3.2) Uso y percepciones de ChatGPT por parte de estudiantes; (3.3) Visión y rol de los docentes ante ChatGPT, incluyendo formación docente; (3.4) Impacto en el aprendizaje y desempeño académico (evidencia empírica de mejoras o no); (3.5) Desafíos éticos y académicos (integridad, sesgos idiomáticos, desigualdad de acceso); y (3.6) Propuestas y recomendaciones surgidas en la literatura (lineamientos pedagógicos y de política).

3.1. Panorama general: volumen de investigación y enfoques en la región

La respuesta de la comunidad educativa y académica latinoamericana al advenimiento de ChatGPT fue rápida. Aunque la mayoría de los estudios identificados datan de 2023 (especialmente la segunda mitad) y comienzos de 2024, ya a pocos meses de lanzado ChatGPT surgieron análisis iniciales en la región. Por ejemplo, en febrero de 2023 el sociólogo Manuel Castells publicaba una columna reflexionando sobre el impacto de ChatGPT (Castells, 2023), y en marzo de 2023 se organizaban conversatorios auspiciados por UNESCO sobre las implicaciones de ChatGPT en la educación latinoamericana. Para 2024, se advierte un crecimiento exponencial en la cantidad de publicaciones académicas regionales sobre el tema (Denegri-Velarde y cols., 2024). Un estudio bibliométrico reciente que analizó la producción científica latinoamericana sobre ChatGPT en 2023 encontró que

Brasil contribuyó con aproximadamente el 48 % de las publicaciones de la región, seguido por México y otros países (Denegri-Velarde y cols., 2024). Este mismo análisis reveló que cerca del 24 % de dichas publicaciones regionales estaban en el área de ciencias sociales (incluyendo educación) y 21 % en ciencias de la computación, reflejando el carácter multidisciplinar del tema (Denegri-Velarde y cols., 2024).

En nuestra revisión, incorporamos 102 estudios con foco en Latinoamérica. La Tabla 1 resume la distribución por país principal de estudio (según afiliación de autores o contexto empírico) y por nivel educativo enfocado. Es notable que dos tercios de los trabajos incluidos se refieren principalmente a educación superior (universidades), ya sea explorando el uso de ChatGPT por estudiantes universitarios o reflexionando sobre su impacto en entornos de educación terciaria. Esto era previsible, dado que las universidades fueron las primeras en responder tanto con investigaciones como con normativa interna respecto a ChatGPT (por ejemplo, varias universidades latinoamericanas emitieron comunicados sobre su uso aceptable en 2023). Sin embargo, empiezan a emerger también estudios en contextos de educación básica y media. Por ejemplo, un experimento en Chile integró ChatGPT en actividades creativas con estudiantes de 12–13 años (Silva-Fuentealba, 2024), mientras que un artículo en Colombia analizó percepciones en la educación secundaria (Ojeda, Solano-Barliza, Ortega-Álvarez, y Boom-Cárcamo, 2023). La formación y desarrollo profesional docente es otro ámbito incipiente: trabajos como el de Perezchica-Vega et al. (2024) encuestaron a profesores universitarios en México sobre su uso y preocupaciones en torno a la IA generativa (Perezchica-Vega, Sepúlveda-Rodríguez, y Román-Méndez, 2024), y algunos ensayos discuten la necesidad de capacitar a los docentes latinoamericanos para aprovechar estas herramientas (Ramírez-Montoya, 2023; Levy Yeyati, Robano, Pereiro, Porto, y Koleszar, 2025).

En síntesis, la investigación latinoamericana sobre LLMs en educación, aunque aún incipiente, cubre una variedad de temas: desde estudios de percepción y adopción, pasando por evaluaciones prácticas del uso de ChatGPT como herramienta de apoyo, hasta debates éticos y propuestas normativas. Los países con mayor volumen de publicaciones en nuestro corpus fueron México, Brasil, Colombia, Chile y Argentina, alineado en parte con la capacidad académica instalada, pero también con el interés que este tema generó en sus comunidades educativas.

Como puede verse en la tabla, la gran mayoría de estudios se centran en educación superior. No obstante, cabe señalar que varios trabajos sobre universidades también

discuten implicaciones para otros niveles, y que recientemente (2024 en adelante) están surgiendo más iniciativas en el ámbito escolar, a medida que docentes de colegios comienzan a experimentar con ChatGPT como apoyo a la enseñanza de idiomas, historia u otras asignaturas. Por ejemplo, Lozano & Fontao (2023) investigaron percepciones de estudiantes de la carrera de Magisterio (futuros docentes de primaria) en España sobre la IA en educación, un estudio fuera de la región, pero cuyos hallazgos pueden orientar formación docente en Latinoamérica (Lozano y Blanco Fontao, 2023). Es probable que la balanza de la investigación se diversifique en los próximos años hacia más estudios en aulas de primaria y secundaria a medida que la tecnología se haga más accesible y que pase la fase inicial de enfoque en lo universitario.

Cuadro 1: Distribución de estudios incluidos por país principal y nivel educativo (un mismo estudio puede abarcar múltiples países/niveles).

País (o ámbito regional)	Educación Básica	Educación Secundaria	Educación Superior
Brasil	1	2	15
México	0	1	18
Colombia	0	1	8
Chile	1	1	6
Argentina	0	0	5
Perú	0	0	4
Resto de Centroamérica	0	1 (El Salvador)	3 (incl. Costa Rica, Panamá)
Caribe hispanohablante	0	0	2 (Cuba, R. Dominicana)
Estudios multinacionales	0	0	6 (Latinoamérica general o comparativo con otros continentes)
Total de estudios	2	6	67

A continuación, profundizamos en los hallazgos temáticos.

3.2. Percepciones y uso de ChatGPT por estudiantes latinoamericanos

Un cuerpo significativo de la literatura se ha dedicado a entender cómo perciben y utilizan los estudiantes herramientas como ChatGPT en sus actividades académicas. En general, las encuestas realizadas en países de la región muestran una rápida adopción espontánea por parte de los alumnos, acompañada de actitudes predominantemente favorables, aunque matizadas por cierta cautela.

Varios estudios reportan porcentajes altos de familiaridad y uso entre estudiantes universitarios latinoamericanos hacia finales de 2023. Por ejemplo, Fernández Marfil & Beltrán (Fernández Marfil y Beltrán Cuervo, 2024) encuestaron a 151 estudiantes de licenciatura en la Ciudad de México, encontrando que un 88.1 % de ellos se sentían familiarizados con ChatGPT y alrededor del 69 % ya lo habían utilizado para tareas académicas (como apoyo en la realización de trabajos, buscar explicaciones, generar borradores de textos, etc.). Los estudiantes calificaron la calidad y diversidad de la información proporcionada por ChatGPT como generalmente *“útil y positiva”*, destacando su rapidez y la ayuda para comprender ciertos temas (Fernández Marfil y Beltrán Cuervo, 2024). Esta visión positiva se alinea con hallazgos de George-Reyes et al. (2025) (George-Reyes, Avello-Martínez, y Buenestado-Fernández, 2025), quienes llevaron a cabo un amplio estudio multinacional que incluyó estudiantes de varios países latinoamericanos (y europeos) y encontraron *“una valoración generalmente favorable de las capacidades de ChatGPT”* por parte de los alumnos, con correlaciones significativas entre el uso de ChatGPT y la percepción de mejora en su rendimiento académico ($r=0.845$, $p=0.001$) (George-Reyes y cols., 2025). En ese estudio, los estudiantes asociaron el uso de ChatGPT con mejoras en habilidades como la escritura académica y el pensamiento crítico ($r=0.720$, $p=0.001$), manifestando que la herramienta les permitía obtener retroalimentación rápida y nuevas ideas para sus trabajos (George-Reyes y cols., 2025).

No obstante, estas mismas investigaciones indican que los estudiantes son conscientes de limitaciones y riesgos. En la encuesta mexicana se observó *“precaución en torno a la confiabilidad de la herramienta y la fiabilidad de las fuentes”* generadas (Fernández Marfil y Beltrán Cuervo, 2024). Muchos alumnos expresaron dudas sobre si podían confiar plenamente en las respuestas de ChatGPT sin verificación, dado que en ocasiones la información podía ser imprecisa o demasiado genérica. De hecho, la posible tendencia de ChatGPT a generar contenido incorrecto (alucinaciones) fue mencionada espontáneamente

por estudiantes como motivo para no usarlo en tareas críticas. Adicionalmente, un porcentaje notable reconoció que aunque ChatGPT ahorra tiempo, *“no lo consideran apto para generar trabajos completos”* y enfatizaron la importancia de utilizarlo solo como complemento al propio esfuerzo (Fernández Marfil y Beltrán Cuervo, 2024). Esta actitud refleja cierto nivel de alfabetización digital crítica: los estudiantes aprovechan las ventajas (velocidad, acceso a explicaciones, ayuda con el idioma inglés/español), pero mantienen reservas sobre la veracidad y originalidad de lo producido.

Por su parte, los estudios que examinan qué hacen efectivamente los estudiantes con ChatGPT revelan usos diversos. Romero-Rodríguez et al. (2023) (Romero-Rodríguez, Ramírez-Montoya, Buenestado-Fernández, y Lara-Lara, 2023) encuestaron a estudiantes de universidades en México, Ecuador y España sobre para qué empleaban ChatGPT en sus estudios. Los resultados indican que las aplicaciones más comunes eran: generación de resúmenes de textos complejos, obtención de explicaciones adicionales sobre temas de clase difíciles, búsqueda de ideas para trabajos o proyectos, y corrección/redacción asistida de ensayos. Menos frecuentemente, algunos estudiantes admitieron haber intentado generar respuestas completas a tareas o exámenes en línea; sin embargo, la mayoría dijo usarlo más como *“asesor”* que como sustituto total de su trabajo. Esto coincide con informes anecdóticos de profesores en la región que notaron estudiantes usando ChatGPT como *tutor virtual* fuera de clase para mejorar su comprensión (Sok y Heng, 2023). Un estudio cualitativo en Perú (Luna & Gómez, 2024, citado en (Perezchica-Vega y cols., 2024)) sugiere que los estudiantes valoran poder *“preguntar sin temor”* a la IA sobre dudas que tal vez no plantearían en clase, lo cual puede apoyar a estudiantes más introvertidos.

Una encuesta regional particularmente ilustrativa fue la realizada por la Asociación Brasileña de Mantenedoras de Enseño Superior (ABMES) en 2024, cubriendo 300 estudiantes universitarios recientes de todo Brasil (Tokarnia, 2024). Este sondeo encontró que un 71 % de los estudiantes usaban herramientas de IA (principalmente ChatGPT) con frecuencia en sus estudios (29 % a diario y 42 % semanalmente), y un 80 % estaban familiarizados con las principales plataformas (Tokarnia, 2024). Entre los beneficios percibidos mencionados por los encuestados brasileños estuvieron: la posibilidad de aprender en cualquier momento y lugar (53 % lo destacó), el acceso a información más actualizada y diversa (50 %), y mayor rapidez para resolver dudas (49 %) (Tokarnia, 2024). Estas ventajas reflejan la realidad de muchos estudiantes latinoamericanos que, fuera del aula, no siempre cuentan con tutores o bibliotecas extensas, y ven en ChatGPT una fuente de consulta inmediata. Sin embargo, los mismos estudiantes señalaron como principales desafíos: la falta de interacción

humana (52 % indicó que nada reemplaza la explicación personalizada de un profesor), y la *dependencia excesiva* de la IA (mencionada por 49 %, temiendo acomodarse y dejar de pensar por sí mismos) (Tokarnia, 2024). También surgió la inquietud de que las respuestas de ChatGPT a veces eran demasiado genéricas o no adaptadas al contexto local, lo cual les obligaba a “afinar las preguntas” o complementar con sus propias investigaciones.

En cuanto a diferencias entre subgrupos de estudiantes, algunos estudios han explorado factores como la carrera, la institución (pública vs privada) o el año de estudio. George-Reyes et al. (2025) hallaron que estudiantes de universidades privadas tendían a expresar *mayor satisfacción* con ChatGPT y lo usaban más, posiblemente debido a mayor acceso digital o cultura institucional de innovación (George-Reyes y cols., 2025). Por otro lado, estudiantes de primer año a veces se mostraban más impresionados y confiados en ChatGPT que aquellos de cursos superiores, quienes ya habían desarrollado más criterio o habían sido advertidos de sus limitaciones (Romero-Rodríguez y cols., 2023). En términos de disciplinas, se reporta un uso especialmente intenso entre estudiantes de tecnología e informática (quienes incluso lo emplean para ayuda en programación), y de humanidades (para ideas de ensayos y redacción) (Bissessar, 2023; Bringula, 2024). En cambio, en disciplinas donde la exactitud factual es crítica (p.ej. medicina, derecho), algunos estudiantes son más precavidos, temiendo errores de la IA; aunque incluso en esas áreas hay casos en que la utilizan para practicar preguntas tipo examen y luego verifican las respuestas (Totlis y cols., 2023; Choudhary, Saini, y Challana, 2023).

Un punto reiterado en la literatura es el dilema moral que enfrentan los estudiantes: ¿hasta dónde es legítimo usar ChatGPT en sus tareas? Varios artículos discuten que los estudiantes están navegando zonas grises en cuanto a integridad académica. Algunos manifiestan sentirse culpables o inseguros sobre si su uso constituye plagio o trampa (Rudolph, Tan, y Tan, 2023; Romero-Rodríguez y cols., 2023). En una investigación cualitativa en Argentina (Miguens, 2023, citada en (García-Peñalvo, 2023)), estudiantes de posgrado señalaron que utilizaron ChatGPT como “segunda opinión”, pero siempre reescribiendo con sus palabras para evitar cualquier acusación de copia. La ausencia de reglas claras al comienzo llevó a confusión; sin embargo, hacia 2024 muchas universidades latinoamericanas emitieron lineamientos. Por ejemplo, la UNAM en México y la USP en Brasil difundieron comunicados indicando que el uso de herramientas de IA debía ser transparente y complementario, nunca suplantando la autoría del estudiante. Esto parece haber influido en un uso más responsable conforme avanzó el tiempo: a finales de 2023, más estudiantes indicaban citar o mencionar si usaron ChatGPT para generar parte de un trabajo, o limitar su aporte a

sugerencias, en contraste con un uso más desinhibido (y potencialmente inapropiado) que pudo ocurrir en los primeros meses tras su aparición.

En suma, los estudiantes latinoamericanos han adoptado rápidamente a ChatGPT como un recurso educativo personal, reconociendo su valor para mejorar el aprendizaje autodirigido y ahorrar tiempo, pero al mismo tiempo desarrollando (no sin tropiezos iniciales) cierta conciencia crítica sobre sus limitaciones y los aspectos éticos de su uso. Sus percepciones son mayoritariamente positivas en cuanto a utilidad, siempre y cuando puedan integrarlo de forma complementaria y no sustitutiva de su esfuerzo académico. Como señaló un estudiante participante en el estudio de Pérez et al. (2024): *“ChatGPT es genial para aclarar dudas rápidas o inspirarme, pero sé que no puede hacer mi tarea por mí sin que yo revise todo”* (Perezchica-Vega y cols., 2024). Esta actitud balanceada parece ser clave para aprovechar los beneficios sin comprometer la integridad del aprendizaje.

3.3. Perspectivas de los docentes y formación docente frente a ChatGPT

El advenimiento de ChatGPT también impactó significativamente a los docentes en Latinoamérica, generando una mezcla de reacciones que van desde la preocupación y el escepticismo inicial hasta la exploración activa de cómo integrar la herramienta en la práctica pedagógica. Esta sección aborda cómo los docentes de distintos niveles perciben a los LLMs, sus principales inquietudes, y las iniciativas de formación o lineamientos que se han propuesto para ellos.

En los meses inmediatamente posteriores a la irrupción de ChatGPT, muchos profesores manifestaron alarma por la posibilidad de que los estudiantes utilizaran la IA para hacer trampa o evitar el esfuerzo intelectual. Varios análisis tempranos recogieron este sentir: por ejemplo, a inicios de 2023, la prensa reportó casos como el de un profesor de la Universidad de Costa Rica que detectó respuestas con estilo sospechoso en trabajos y declaró que *“ChatGPT representaba un intento de engaño al docente”* (Villanueva, 2023). Estudios formales posteriores confirmaron que la integridad académica fue la primera preocupación docente. En una amplia encuesta a docentes universitarios en México, Perezchica-Vega et al. (2024) encontraron que el 82 % de los profesores estaban preocupados por el riesgo de que los estudiantes usaran IA para resolver exámenes o tareas (Perezchica-Vega y cols., 2024). Los docentes temían una *desvalorización de la evaluación tradicional* y la dificultad para

distinguir trabajos originales de aquellos generados con ayuda no declarada. Similarmente, en Brasil, académicos notaron reticencia inicial: un sondeo informal de la Universidad de São Paulo indicó que más de la mitad de los docentes pensaban prohibir el uso de ChatGPT en sus cursos hasta entenderlo mejor (Datos citado en (Rodrigues y Rodrigues, 2023).

No obstante, conforme avanzó 2023, comenzó a surgir entre educadores una visión más matizada y proactiva. Muchos docentes latinoamericanos pasaron del rechazo a la curiosidad e incluso adopción guiada de estas herramientas, reconociendo que ignorarlas no era realista ni necesariamente beneficioso para el aprendizaje. En la encuesta de Perezchica-Vega et al., aunque la mayoría expresaba preocupación, también un 60 % de los profesores “reconocían beneficios de la IA generativa” para ciertas tareas docentes, como análisis de datos, generación de ideas, creación de materiales didácticos o retroalimentación de escritura (Perezchica-Vega y cols., 2024). Los docentes reportaron que ellos mismos habían empezado a utilizar ChatGPT: por ejemplo, para elaborar rápidamente preguntas tipo quiz, para obtener explicaciones alternativas que ofrecer a sus alumnos en clase, o para resumir artículos complejos en términos sencillos. De hecho, un hallazgo interesante fue que algunos profesores vieron en ChatGPT un aliado para ahorrar tiempo en la preparación de clases, permitiéndoles enfocarse más en la interacción humana en el aula. Un docente en Costa Rica citado por Silva-Atencio & Umaña (2024) comentaba que ChatGPT podía “ayudar a generar ejemplos y casos prácticos en segundos, lo que facilita ilustrar temas en clase”, siempre y cuando el profesor supervise la exactitud (Silva-Atencio y Umaña-Ramírez, 2024).

En países como Argentina y Chile, ciertos docentes innovadores comenzaron a incorporar activamente ChatGPT en actividades de clase con fines pedagógicos. Por ejemplo, Galli & Kanobel (2023) reportan experiencias donde docentes de educación superior pidieron a los estudiantes utilizar ChatGPT para generar un borrador de ensayo y luego criticarlo, evaluando su calidad y corrigiendo sus errores (Galli y Kanobel, 2023). Esta estrategia buscaba desarrollar el pensamiento crítico y la habilidad de revisión en los alumnos. Resultó que, tras la sorpresa inicial, muchos estudiantes aprendieron a identificar las limitaciones del texto generado (como falta de profundidad o referencias) y valoraron más sus propias producciones (Galli y Kanobel, 2023). En secundaria, algunos profesores de informática en Colombia hicieron algo similar: permitieron a alumnos usar ChatGPT para ayuda en la programación, pero luego debían explicar línea por línea el código generado, fomentando la comprensión (casos anecdóticos en (Denegri-Velarde y cols., 2024)). Estas experiencias reflejan una tendencia emergente: pasar de prohibir a enseñar a usar con responsabilidad.

Aun así, no todos los docentes se sienten preparados. Un tema recurrente es la falta de formación docente específica para manejar IA en la enseñanza. Muchos maestros indicaron no haber recibido capacitación ni orientaciones claras de sus instituciones durante 2023, enfrentando individualmente la decisión de cómo lidiar con ChatGPT. Esto fue especialmente pronunciado en educación básica, donde al contrario de la universidad, pocos sistemas escolares emitieron guías tempranas. Un estudio cualitativo en escuelas de Lima, Perú (Salas, 2024, citado en (Cobo y cols., 2023)) encontró que profesores de colegios públicos tenían un conocimiento muy superficial de ChatGPT; algunos ni siquiera lo habían probado personalmente, pero ya circulaban entre ellos preocupaciones difusas sobre plagio. Esta brecha de conocimiento llevó a que la mayoría optara por no abordarlo en absoluto en clase, perdiendo potencialmente oportunidades de uso educativo positivo, pero también quedando sin herramientas para detectar su uso indebido.

Frente a esto, ya en 2024 se empezaron a organizar talleres y capacitaciones. Varias universidades latinoamericanas (ej. Tecnológico de Monterrey, Universidad de los Andes en Colombia, Pontificia Universidad Católica de Chile) ofrecieron seminarios para sus docentes sobre IA generativa en educación, compartiendo buenas prácticas internacionales (Ramírez-Montoya, 2023). Organismos internacionales también intervinieron: UNESCO-IESALC publicó en 2023 una guía de inicio rápido.

3.4. Impacto en el aprendizaje y desempeño educativo

Un tema de fondo es si el uso de herramientas como ChatGPT efectivamente mejora o afecta el rendimiento y el aprendizaje de los estudiantes. Dado lo reciente del fenómeno, la evidencia cuantitativa directa aún es limitada, pero comienzan a emerger indicios. Varios estudios basados en percepción sugieren mejoras en ciertas habilidades: como se mencionó, George-Reyes et al. (2025) encontraron una fuerte correlación entre el uso de ChatGPT y la autoevaluación positiva del desempeño académico (George-Reyes y cols., 2025). No obstante, cabe notar que este resultado es correlacional y podría deberse en parte a que los alumnos con mejores hábitos adoptan la herramienta, más que a un efecto causal.

Algunos trabajos experimentales han intentado medir cambios en habilidades específicas. Por ejemplo, Silva-Fuentealba (2024) realizó un experimento con alumnos de 7° grado

(12–13 años) en Chile, enfocándose en el pensamiento creativo: se pidió a un grupo de estudiantes componer canciones asistidos por ChatGPT, mientras un grupo de control lo hacía sin esa ayuda (Silva-Fuentealba, 2024). Empleando el Test de Pensamiento Creativo de Torrance, se observó que el grupo que colaboró con ChatGPT mostró mejoras significativas en indicadores de *flexibilidad* y *originalidad* de ideas en comparación con el grupo de control ($p < 0.05$), aunque curiosamente tuvieron una leve disminución en *fluidez* (cantidad de ideas) (Silva-Fuentealba, 2024). Los autores interpretan que la IA puede servir como catalizador de ideas novedosas (aumentando la originalidad), pero quizá al depender de ella los estudiantes generaron menos ideas por sí mismos (reduciendo la fluidez). En todo caso, este estudio pionero sugiere que, bajo una orientación adecuada, ChatGPT puede potenciar ciertas dimensiones del aprendizaje creativo en contextos escolares.

En educación superior, han proliferado pruebas sobre las capacidades de ChatGPT en diversas tareas académicas. Un hallazgo consistente es que ChatGPT puede obtener resultados equivalentes a un estudiante promedio en muchos exámenes. Por ejemplo, Totlis et al. (2023) simulaban un diálogo de examen de anatomía con ChatGPT y reportaron que la IA respondió correctamente cerca del 70 % de las preguntas, un desempeño similar al de un alumno aprobatorio (Totlis y cols., 2023). Sin embargo, también notaron que ChatGPT cometía errores conceptuales importantes en el 30 % restante, lo que sería preocupante si un estudiante los tomara por válidos. De forma análoga, en el ámbito de la programación, experimentos iniciales (Bringula, 2024) muestran que estudiantes que usaron ChatGPT como ayuda para depurar código resolvieron desafíos ligeramente más rápido que aquellos que no lo usaron (Bringula, 2024), aunque la diferencia no fue estadísticamente significativa. Esto sugiere que la ganancia en eficiencia existe pero no es dramática sin mediación docente.

Por otro lado, se investiga si el uso de ChatGPT conlleva algún impacto negativo en habilidades. Un temor es que los estudiantes se vuelvan dependientes y reduzcan su esfuerzo cognitivo. Algunos docentes reportaron casos anecdóticos de estudiantes que, tras acostumbrarse a consultar todo a ChatGPT, mostraron menos iniciativa para resolver problemas por su cuenta (Perezchica-Vega y cols., 2024). No obstante, no se hallaron aún estudios longitudinales en la región que confirmen una merma en habilidades debido al uso de la IA. De hecho, ciertos autores argumentan que, bien aprovechada, la IA puede *desarrollar* habilidades de orden superior: por ejemplo, el hecho de tener que analizar críticamente y verificar las salidas de ChatGPT podría fortalecer el juicio crítico y la alfabetización informacional de los estudiantes (Romero-Rodríguez y cols., 2023). Algunos

experimentos fuera de la región apoyan esta idea: Farrokhnia et al. (2024) realizaron un análisis FODA (Fortalezas, Debilidades, Oportunidades y Amenazas) del uso de ChatGPT en entornos educativos y concluyen que si los docentes orientan a los alumnos a evaluar la calidad de las respuestas de la IA, esta práctica en sí misma entrena el pensamiento crítico (Farrokhnia y cols., 2024).

En resumen, los hallazgos preliminares sobre impacto en el aprendizaje son prometedores pero incipientes. No se han reportado en Latinoamérica mejoras dramáticas ni desastres educativos asociados al uso de ChatGPT: más bien, efectos sutiles y modulados por la forma de integración. Cuando se usa como complemento supervisado, parece elevar el desempeño en tareas creativas y ofrecer apoyo útil que puede traducirse en aprendizaje más eficiente. Pero cuando se usa de forma crítica o sustituyendo el trabajo del estudiante, el beneficio desaparece e incluso puede haber retrocesos en participación activa. Se necesita investigación continua más rigurosa (idealmente, experimentos controlados y seguimiento a largo plazo) para establecer con claridad el impacto en resultados de aprendizaje formales (notas, logro de competencias, etc.). Por ahora, la recomendación general de la literatura es que los LLMs pueden ser aliados para mejorar ciertos aspectos del aprendizaje, siempre que su uso esté guiado por buenas prácticas pedagógicas que mantengan al estudiante en el centro del proceso.

3.5. Desafíos éticos y brechas identificadas

La incorporación de la IA generativa en la educación latinoamericana viene acompañada de importantes desafíos éticos y prácticos. Uno de los más debatidos es el de la integridad académica: ¿cómo asegurar que las tareas y evaluaciones reflejen realmente el aprendizaje del estudiante en una era donde ChatGPT puede generar respuestas de nivel universitario? Como se discutió, muchos docentes han expresado temor a un aumento del plagio y trampas (Perezchica-Vega y cols., 2024; Rudolph y cols., 2023). Estudios en otros contextos confirman que distinguir textos escritos por estudiantes de aquellos generados por IA no es trivial: Waltzer et al. (2023) encontraron que ni profesores ni alumnos lograban identificar con completa certeza cuáles ensayos habían sido producidos por ChatGPT y cuáles por estudiantes reales, acertando solo alrededor del 70 % de las veces (Waltzer, Cox, y Heyman, 2023). Esto implica que confiar en la mera intuición para detectar un “texto de IA” es poco fiable. Si bien han surgido herramientas de detección automatizada, muchas son imprecisas

y pueden dar falsos positivos, además de que modelos nuevos como GPT-4 son aún más difíciles de detectar (Lancaster, 2023). Por tanto, la cuestión de la integridad requiere un replanteamiento de las estrategias de evaluación: desde aumentar las instancias orales o presenciales, hasta diseñar tareas más auténticas y personalizadas donde la mera generación de contenido por una IA no sea suficiente para obtener buena calificación (Cotton y cols., 2023). En América Latina, varias instituciones están ajustando sus políticas: por ejemplo, algunas universidades ahora incluyen en sus reglamentos que el uso no declarado de IA para trabajos se considerará falta académica, equiparándolo al plagio tradicional (Tsigaris y Teixeira da Silva, 2023). Sin embargo, persiste el debate de fondo sobre qué constituye “uso legítimo” vs. “trampa”; en este sentido, una línea argumenta que enseñar a usar ChatGPT *honestamente* (p.ej., como apoyo y citándolo apropiadamente) es mejor camino que prohibirlo, pues prepara al estudiante para un mundo donde estas herramientas existen (Cotton y cols., 2023).

3.6. Marcos y recomendaciones para una integración responsable

A partir de los hallazgos anteriores, la literatura coincide en evitar respuestas extremas (ni tecnofilia ingenua ni rechazo absoluto) y propone estrategias para integrar la IA de forma responsable en la educación latinoamericana. Diversos organismos y expertos recomiendan desarrollar marcos que maximicen oportunidades y minimicen riesgos (Sabzalieva y Valentini, 2023; Levy Yeyati y cols., 2025).

Un primer consenso es la urgencia de capacitar a los docentes en el uso pedagógico de estas herramientas. La UNESCO-IESALC (2023) enfatiza que los docentes necesitan conocer cómo funciona ChatGPT, sus alcances y límites, para poder guiar a sus estudiantes en su empleo ético (Sabzalieva y Valentini, 2023). Esto implica incluir módulos sobre IA educativa en la formación inicial docente y ofrecer talleres de desarrollo profesional continuos. En 2023 y 2024 han surgido múltiples iniciativas en la región: universidades como el Tecnológico de Monterrey y la Universidad de los Andes organizaron cursos para profesores sobre diseño de actividades con ChatGPT, compartiendo buenas prácticas y casos de uso (Ramírez-Montoya, 2023). Esta formación debe ir más allá de lo técnico, abarcando aspectos de mediación didáctica (ej. cómo formular buenas preguntas a la IA, cómo evaluar trabajos apoyados en IA) y discusión ética (ej. cómo conversar con los alumnos sobre honestidad académica en tiempos de IA).

Paralelamente, se sugiere actualizar las políticas institucionales y metodologías de evaluación. Varios autores proponen reformular las tareas académicas para fomentar la originalidad y la aplicación práctica del conocimiento, haciendo menos relevante la mera repetición de información que una IA podría generar (Cotton y cols., 2023; Rudolph y cols., 2023). Asimismo, se insta a explicitar en reglamentos qué usos de IA son permitidos y cómo citarla. Por ejemplo, algunas universidades ahora indican que los estudiantes pueden usar ChatGPT para obtener explicaciones o ideas, siempre y cuando lo mencionen en sus entregas (similar a citar una fuente) (Tsigaris y Teixeira da Silva, 2023). Al mismo tiempo, se promueve diversificar las formas de evaluación: incorporar más evaluaciones orales, trabajos en clase o proyectos colaborativos dificulta que un estudiante dependa exclusivamente de ChatGPT para rendir, a la vez que desarrolla competencias más integrales (Cotton y cols., 2023).

En cuanto a políticas públicas, un informe reciente propone un plan escalonado para la incorporación de la IA en los sistemas educativos latinoamericanos (Levy Yeyati y cols., 2025). En una primera fase, se sugiere concentrarse en fortalecer la infraestructura (conectividad, dispositivos) y la formación digital de docentes y estudiantes. En segunda fase, se sugiere implementar proyectos piloto de uso de IA en aulas de distintos niveles, evaluando sus resultados rigurosamente. Y en una fase final, se sugiere escalar aquellas prácticas exitosas a nivel curricular, acompañadas de marcos regulatorios claros. Este plan destaca además la importancia de una perspectiva de equidad de género y socioeconómica: por ejemplo, fomentar la participación de niñas en iniciativas de IA educativa y asegurar que escuelas rurales tengan las mismas oportunidades de acceso que las urbanas (Levy Yeyati y cols., 2025). La cooperación regional también aparece como recomendación, compartiendo recursos y lecciones entre países (varios ministerios de educación de la región han iniciado diálogos a través de la OEA y otros foros sobre IA en educación).

Otra línea de acción es el desarrollo de contenidos y soluciones locales de IA. Si bien ChatGPT es una herramienta global, en la región se plantea impulsar la creación de modelos y bases de conocimiento en idiomas locales y con pertinencia cultural. Por ejemplo, proyectos para entrenar asistentes educativos en español con currículos latinoamericanos podrían complementar a ChatGPT y asegurar mayor alineación con los contextos nacionales (Al-Ghonmein y Al-Moghrabi, 2024). Iniciativas como la red LAION, que busca datasets abiertos multilingües, podrían contribuir a que futuros LLMs sean más inclusivos con modismos y realidades latinoamericanas. Asimismo, se recomienda traducir y adaptar guías éticas internacionales al contexto regional, incluyendo las visiones de pueblos indígenas y comunidades locales sobre la tecnología en la educación.

En resumen, las recomendaciones apuntan a **aprovechar proactivamente** las ventajas de los LLMs en educación, pero bajo un marco de acompañamiento humano y mejora continua. La frase que resume el sentir general es: *“ni prohibir ni dejar hacer: educar para usar bien”*. Se trata de preparar tanto a docentes como a estudiantes para convivir con la IA de manera crítica y creativa. Esto implica políticas educativas flexibles que puedan ir incorporando las evidencias que vayan surgiendo (por ejemplo, ajustando lineamientos según nuevos estudios), y una inversión sostenida en cerrar las brechas digitales. Sólo así América Latina podrá convertir la potencial disrupción de ChatGPT en una oportunidad para impulsar la innovación pedagógica y la democratización del conocimiento, en vez de en un factor más de desigualdad.

4. Conclusiones

La irrupción de modelos de lenguaje de gran tamaño como ChatGPT ha iniciado un nuevo capítulo en la educación en América Latina, planteando tanto esperanzas como retos. En esta revisión sistemática hemos constatado un rápido crecimiento de la literatura regional al respecto entre 2023 y 2025, reflejo del interés y preocupación que el tema suscita en la comunidad educativa. Los estudios analizados muestran que, cuando se integran de forma responsable, estas herramientas pueden servir como valiosos apoyos: ofreciendo tutoría personalizada a estudiantes, facilitando la creación de materiales y ahorrando tiempo en tareas rutinarias para los docentes, e incluso potenciando la creatividad y habilidades de pensamiento de orden superior. Especialmente en entornos con altos ratios alumno-docente o con escasez de recursos, los LLMs podrían ayudar a nivelar el terreno proporcionando acceso inmediato a información y retroalimentación de calidad (que, de otro modo, muchos estudiantes latinoamericanos no tendrían). En este sentido, ChatGPT y similares tienen el potencial de ser catalizadores de una educación más personalizada y centrada en el estudiante, algo así como un “asistente educativo” disponible 24/7 para complementar la labor del profesor.

Sin embargo, las promesas vienen acompañadas de riesgos que no pueden ignorarse. La posibilidad de plagio y dependencia excesiva de la IA requiere reimaginar cómo evaluamos el aprendizaje y cómo inculcamos en los estudiantes la ética y honestidad académica en la era digital. Asimismo, la brecha entre quienes tienen acceso a estas tecnologías y quienes no podría ensancharse si no se abordan decididamente las inequidades de conectividad y

formación digital. Es evidente que la región enfrenta desafíos estructurales (como la falta de internet en muchas escuelas, o grupos de docentes con baja competencia digital) que son prerequisites para cualquier iniciativa basada en IA. Ignorar estos factores de contexto sería ingenuo: por mucha potencialidad que tenga ChatGPT, sus beneficios no llegarán a comunidades desconectadas o a sistemas educativos que no provean el acompañamiento adecuado.

La clave, según la evidencia recopilada, está en un equilibrio informado. América Latina debe evitar tanto el rechazo por miedo, lo que podría aislarla de innovaciones podrían aprovecharse en otras regiones, o como una adopción acrítica, que podría agravar problemas de calidad y equidad. En cambio, se recomienda una integración gradual, con pilotos evaluados, con la participación activa de docentes y estudiantes en la construcción de las mejores formas de uso. Varias experiencias positivas en la en la región, desde estudiantes que usan ChatGPT para mejorar sus borradores hasta profesores que lo incorporan en la clase para debatir con sus alumnos sus aciertos y errores, demuestran que es posible convivir con la IA en el aula de manera productiva. Asimismo, los marcos conceptuales provenientes de organismos como UNESCO, OEI y BID ofrecen guías valiosas adaptadas a nuestras realidades, enfatizando la capacitación docente, la actualización curricular y la inversión en infraestructura como pasos obligados.

Con toda probabilidad, los LLMs seguirán evolucionando (Modelos más potentes que ChatGPT ya están en desarrollo) y su presencia en la sociedad aumentará. La educación, lejos de poder refugiarse de esta ola, se encuentra en el frente de su impacto. Esta revisión nos permite concluir que el diálogo entre IA y educación en América Latina apenas comienza: hay más preguntas abiertas que respuestas definitivas. Por ello, una recomendación transversal es fomentar la investigación local continua: cada país, cada sistema educativo, deberá monitorear e investigar cómo la IA está afectando sus escuelas y universidades, qué prácticas funcionan mejor y cuáles son contraproducentes, generando así conocimiento contextualizado.

En última instancia, la visión optimista es que, manejada con visión y cautela, la IA educativa podría ayudar a América Latina a dar un salto en la calidad y alcance de sus sistemas educativos – por ejemplo, apoyando a docentes agotados, llevando tutoría personalizada a zonas remotas, o motivando a estudiantes con nuevas formas de aprender. Pero esto no ocurrirá automáticamente, sino como resultado de decisiones conscientes de políticos, directivos, docentes y estudiantes. La “revolución de ChatGPT” en la educación

latinoamericana será lo que la región decida hacer de ella. Queda en manos de todos los actores convertir una herramienta disruptiva en un aliado para la inclusión y la mejora educativa. El trabajo conjunto, el compartir de experiencias y el mantener el foco en los principios pedagógicos fundamentales (aprendizaje significativo, equidad, integridad) serán nuestros mejores guías en este camino no transitado.

Referencias

- Al-Ghonmein, A. M., y Al-Moghrabi, K. G. (2024). The potential of chatgpt technology in education: Advantages, obstacles and future growth. *IAES International Journal of Artificial Intelligence*, 13 (2), 1206–1213. doi: 10.11591/ijai.v13.i2.pp1206-1213
- Ali, D., Fatemi, Y., Boskabadi, E., Nikfar, M., Ugwuoke, J., y Ali, H. (2024). Chatgpt in teaching and learning: A systematic review. *Education Sciences*, 14 (6), 643. doi: 10.3390/educsci14060643
- Bissessar, C. (2023). To use or not to use chatgpt and assistive artificial intelligence tools in higher education institutions? the modern-day conundrum—students’ and faculty’s perspectives. *Education, Society and Human Studies*, 4 (1), 8–22. doi: 10.22158/eshs.v4n1p8
- Bringula, R. (2024). Chatgpt in a programming course: Benefits and limitations. *Frontiers in Education*, 9 , 1248705. doi: 10.3389/educ.2023.1248705
- Castells, M. (2023, febrero 25). *Chatgpt*. La Vanguardia (Opinión). (Disponible en: <https://www.lavanguardia.com/opinion/20230225/8782438/chatgpt.html>)
- Choudhary, O. P., Saini, J., y Challana, A. (2023). Chatgpt for veterinary anatomy education: An overview of the prospects and drawbacks. *International Journal of Morphology* , 41 (4), 1198–1202. Descargado de https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-95022023000401198 doi: 10.4067/S0717-95022023000401198
- Cobo, C., Zilka, G., y Ríos, J. (2023). *El futuro de la inteligencia artificial en la educación en américa latina*. Informe OEI (Organización de Estados Iberoamericanos). (Disponible en: <https://oei.int/publicaciones/el-futuro-de-la-inteligencia-artificial-en-la-educacion-en-america-latina>)
- Cotton, D. R. E., Cotton, P. A., y Shipway, J. R. (2023). Chatting and cheating: Ensuring

academic integrity in the era of chatgpt. *Innovations in Education and Teaching International*, 61 (2), 228–239. doi: 10.1080/14703297.2023.2190148

Denegri-Velarde, M. I., Solis-Trujillo, B. P., Gabriel-Tirajaya, J. R., Calla-Vásquez, K. M., Flores-Cáceres, R., Grajeda-Montalvo, A. T., y Romero-Carazas, R. (2024). Chatgpt and artificial intelligence: A bibliometric analysis in latin america. *Pakistan Journal of Life and Social Sciences*, 22 (2), 12110–12119. doi: 10.57239/PJLSS-2024-22.2.00865

Fajardo Aguilar, G. M., Ayala Gavilanes, D. C., Arroba Freire, E. M., y López Quincha, M. (2023). Inteligencia artificial y la educación universitaria: Una revisión sistemática. *Magazine de las Ciencias. Revista de Investigación e Innovación*, 8 (1), 109–131. doi: 10.33262/rmc.v8i1.2935

Farrokhnia, M., Banihashem, S. K., Noroozi, O., y Wals, A. (2024). A swot analysis of chatgpt: Implications for educational practice and research. *Innovations in Education and Teaching International*, 61 (5), 460–474. doi: 10.1080/14703297.2023.2231844

Fernández Marfil, L. A., y Beltrán Cuervo, P. (2024, diciembre). Chatgpt: ¿el futuro del aprendizaje? percepciones y uso entre estudiantes universitarios. *Revista Etic@net*, 24 (2), 239–257. (doi: 10.30827/eticanet.v24i2.31026)

Galli, M. G., y Kanobel, M. C. (2023). Chatgpt en educación superior: explorando sus potencialidades y sus limitaciones. *Educación Superior y Sociedad*, 35 (2), 174–195. Descargado de <https://doi.org/10.54674/ess.v35i2.815> doi: 10.54674/ess.v35i2.815

García-Peñalvo, F. J. (2023). La percepción de la inteligencia artificial en contextos educativos tras el lanzamiento de chatgpt: disrupción o pánico? *Education in the Knowledge Society (EKS)*, 24, e31279. doi: 10.14201/eks.31279

George-Reyes, C. E., Avello-Martínez, R., y Buenestado-Fernández, M. (2025). Perceptions of chatgpt and the complexity of its impact among higher education students: Evidence across ten countries of latin america and europe. *Educational Process: International Journal*, 15, e2025171. doi: 10.22521/edupij.2025.15.171

Inter-American Development Bank (IDB). (2023, marzo). *Chatgpt is not the problem; it is education inequality*. *Blog Enfoque Educación del BID*. (Disponible en: <https://blogs.iadb.org/educacion/en/chatgpt-education-inequality/>)

Kuhn, C., Khoo, S.-M., Czerniewicz, L., y et al. (2023). Understanding digital inequality: A theoretical kaleidoscope. *Postdigital Science and Education*, 5, 894–932. doi: 10.1007/s42438-023-00395-8

- Lancaster, T. (2023). Artificial intelligence, text generation tools and chatgpt—does digital watermarking offer a solution? *International Journal of Educational Integrity*, 19 (1), 10. doi: 10.1007/s40979-023-00114-2
- Levy Yeyati, E., Robano, V., Pereiro, E., Porto, C., y Koleszar, V. (2025). *IA Generativa en la Educación: Un marco para aprovechar las herramientas digitales en las aulas de América Latina* (Working Paper n.º 202503). Univ. Torcuato Di Tella, Escuela de Gobierno.
- Lozano, A., y Blanco Fontao, C. (2023). Is the education system prepared for the irruption of artificial intelligence? a study on the perceptions of students of primary education degree from a dual perspective: Current pupils and future teachers. *Education Sciences*, 13 (7), 733. Descargado de <https://doi.org/10.3390/educsci13070733> doi: 10.3390/educsci13070733
- Ojeda, A. D., Solano-Barliza, A. D., Ortega-Álvarez, D., y Boom-Cárcamo, E. (2023). Análisis del impacto de la inteligencia artificial chatgpt en los procesos de enseñanza y aprendizaje en la educación universitaria. *Formación Universitaria*, 16 (6), 45–54. doi: 10.4067/S0718-50062023000600061
- Perezchica-Vega, J. E., Sepúlveda-Rodríguez, J. A., y Román-Méndez, A. D. (2024). Inteligencia artificial generativa en la educación superior: usos y opiniones de los profesores. *European Public & Social Innovation Review*, 9. doi: 10.31637/epsir-2024-593
- Ramírez-Montoya, M. S. (2023, noviembre). *Innovación educativa con IA: estrategia didáctica y formación docente ante chatgpt*. Ponencia invitada en el Congreso Internacional EDUTEC 2023. (Bogotá, Colombia)
- Rodrigues, O. S., y Rodrigues, K. S. (2023). Artificial intelligence in education: The challenges of chatgpt. *Texto Livre*, 16, e45997. doi: 10.35699/1983-3652.2023.45997
- Romero-Rodríguez, J., Ramírez-Montoya, M. S., Buenestado-Fernández, M., y Lara-Lara, R. (2023). Use of chatgpt at university as a tool for complex thinking: Students' perceived usefulness. *Journal of New Approaches in Educational Research*, 12 (2), 323–339. doi: 10.7821/naer.2023.7.1283
- Rudolph, J., Tan, S., y Tan, S. (2023). Chatgpt: Bullshit spewer or the end of traditional assessments in higher education? *Journal of Applied Learning and Teaching*, 6 (1), 342–351. doi: 10.37074/jalt.2023.6.1.9
- Sabzalieva, E., y Valentini, A. (2023). *Chatgpt e inteligencia artificial en la educación superior: Guía de inicio rápido*. UNESCO-IESALC (Instituto Internacional para la Educación

Superior en América Latina y el Caribe). (Disponible en: <https://www.iesalc.unesco.org/2023/05/03/chatgpt-e-inteligencia-artificial-en-la-educacion-superior-guia-de-inicio-rapido/>)

Silva-Atencio, G., y Umaña-Ramírez, M. (2024). Chatgpt in education: Does it improve learning or affect educational quality? En *Proceedings of the 4th laccei international multiconference on entrepreneurship, innovation and regional development (leird 2024): Creating solutions for a sustainable future* (p. Paper 621). San José, Costa Rica. Descargado de <https://laccei.org/LEIRD2024-VirtualEdition/papers/Contribution621a.pdf> doi: 10.18687/LEIRD2024.1.1.621

Silva-Fuentealba, E. (2024). Chatgpt como catalizador del pensamiento creativo. *European Public & Social Innovation Review*, 9, 1–19. doi: 10.31637/epsir-2024-410

Sok, S., y Heng, K. (2023). Chatgpt for education and research: A review of benefits and risks. *SSRN Electronic Journal*. (Pre-print) doi: 10.2139/ssrn.4390886

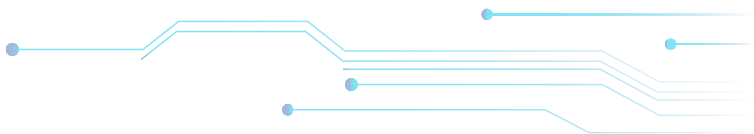
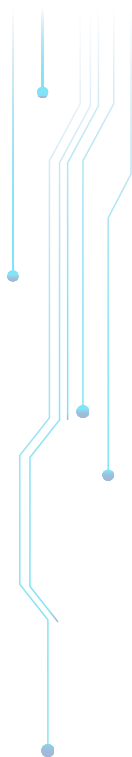
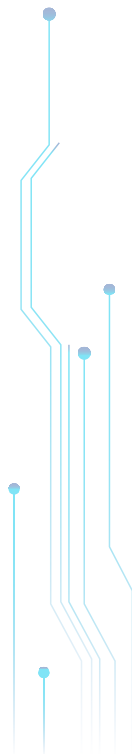
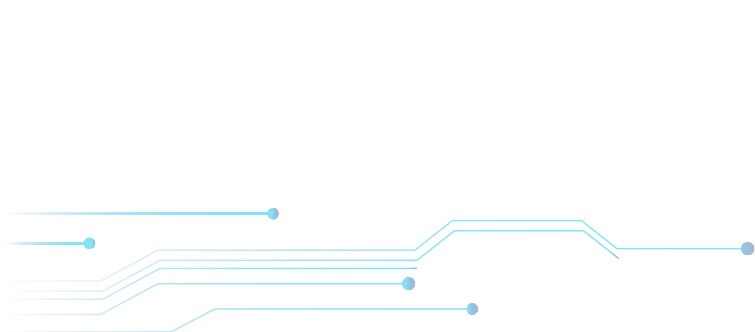
Tokarnia, M. (2024, agosto 6). *Sete a cada dez estudantes usam ia na rotina de estudos*. Agência Brasil (Noticia). (Disponible en: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/educacao/noticia/2024-08/sete-cada-dez-estudantes-usam-ia-na-rotina-de-estudos>)

Totlis, T., Natsis, K., Filos, D., Ediaroglou, V., Mantzou, O., Duparc, F., y Piagkou, M. (2023). The potential role of chatgpt and artificial intelligence in anatomy education: A conversation with chatgpt. *Surgical and Radiologic Anatomy*, 45, 1321–1329. doi: 10.1007/s00276-023-03256-x

Tsigaris, P., y Teixeira da Silva, J. A. (2023). From chegg to chatgpt, inc.: Opportunities and challenges for academic integrity and quality in higher education. *Journal of Applied Learning and Teaching*, 6 (1), 1–7. doi: 10.37074/jalt.2023.6.1.20

Villanueva, D. (2023). *Profesor de la universidad de costa rica detecta uso de chatgpt en examen y califica con cero a estudiantes*. Descargado 2025-04-30, de <https://cnnespanol.cnn.com/2023/07/12/profesor-costa-rica-chatgpt-examen-estudiantes-orix>

Waltzer, T., Cox, R., y Heyman, G. (2023). Testing the ability of teachers and students to differentiate between essays generated by chatgpt and high school students. *Human Behavior and Emerging Technologies*, 2023, Article ID 1923981. doi: 10.1155/2023/1923981



Huella Económica, Ambiental y Social en la Gestión de Datos de IA: Un Análisis de Sostenibilidad

Héctor Benítez Pérez

Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas

Luz María Castañeda de León

Ana Yuri Ramírez Molina

Dirección General de Cómputo y de Tecnologías de Información y Comunicación

*Los datos... “el nuevo petróleo”, ...
pero si no se refinan, no se pueden utilizar...
deben transformarse... para crear valor...*
Clive Humby, 2006

Resumen

El presente capítulo examina la gestión de datos como un elemento estratégico en el desarrollo de la Inteligencia Artificial (IA) dentro del ámbito universitario. Los datos son considerados un recurso fundamental para el funcionamiento de la IA, sin embargo, su naturaleza intangible en el mundo físico dificulta su valoración adecuada a pesar de su creciente importancia. En ese sentido, la gestión sostenible de los datos favorece con un impacto positivo en tres dimensiones: económica (huella financiera), ambiental (huella de carbono, huella hídrica) y social (condiciones laborales de los encargados de alimentar los sistemas de datos implicados actualmente en su recolección, limpieza, análisis e

interpretación). En este marco, se propone una reflexión orientada a fomentar prácticas responsables en la academia, que contribuyan al desarrollo de una IA más ética, equitativa y ambientalmente consciente.

Palabras clave: Gestión de datos de IA, universidades, sostenibilidad, huella financiera, huella de carbono e hídrica, ética de la IA.

Introducción

Desde hace más de diez años, con el *boom* del *BIG DATA*, se comenzó a monetizar el valor de los datos, lo cual, además, ha evidenciado la importancia del refinamiento y procesamiento de los mismos. A partir de lo anterior, grandes organizaciones han orientado una fuerte inversión en el tema (Arthur, 2013), por lo que la gestión y análisis de datos ha trascendido en la industria y, actualmente, en el sector gobierno y de educación; además, en este último, también se ha retomado y fortalecido el estudio de la ciencia de datos.

Adicionalmente, las entidades educativas transitan a campus inteligentes, los cuales necesariamente están basados en datos. Si bien la inteligencia artificial (IA) ofrece oportunidades para optimizar procesos y expandir el conocimiento, su adopción generalizada requiere una evaluación crítica de sus implicaciones más allá de las aplicaciones docentes, administrativas o de investigación. La IA predictiva y generativa, aunque disruptivas, plantean interrogantes sobre la sostenibilidad de sus insumos y el impacto de su despliegue (Wang, Y., Xiong, M. and Olya, H., 2020). Si bien, en algunos casos, la sostenibilidad se identifica sólo para hacer referencia a acciones que garantizan el crecimiento económico a lo largo del tiempo, aquí se refiere a un proceso sustentable (Zarta Ávila, 2018) que busca armonizar el crecimiento económico tanto con la equidad social como con la preservación y mejora del medio ambiente.

Al momento, existe una brecha en la investigación sobre el impacto de las tres dimensiones: económica (huella financiera), social y ambiental (huella de carbono y huella hídrica) relacionada con la gestión de datos de IA (CEPAL, 2020, 2021). Sin embargo, éstas necesariamente se ven impactadas por cuatro etapas consideradas en la ciencia de datos y que, en consecuencia, se relacionan con la gestión de estos: *la recolección*, que se refiere la captura o concentración de datos de diversas fuentes u orígenes; *la limpieza* o

identificación de errores que implica nivelar redundancia y agrupar datos con similitudes; *el análisis* que se refiere a la aplicación de métodos estadísticos y algoritmos que permitan identificar patrones y predicciones; y finalmente, la etapa de *interpretación*, en la cual se contextualizan los hallazgos y se identifica el valor de los datos (Reyes et al., 2025).

Adicionalmente, se observa una creciente preocupación por las ineficiencias energéticas (Steimel y Steinhaus, 2025; Weiß, 2023) y las condiciones laborales limitadas de los *data labelers* o alimentadores de datos en economías emergentes (Rani y Kumar Dhir, 2024).

Tomando en cuenta el escenario descrito, en las siguientes páginas, se tiene por objeto ofrecer una primera y somera aproximación a la gestión de los datos en el ámbito universitario, considerando la intangibilidad del insumo asumido como activo y la necesidad de una gestión sostenible del mismo para mitigar el costo económico (huella financiera), ambiental (huella de carbono, huella hídrica) y social (trabajo de los alimentadores), con el objeto de contribuir a una explotación de la IA ética y, en consecuencia, sostenible.

1. Posición actual de las universidades respecto a la IA y sus datos

La IA depende fundamentalmente de datos para su entrenamiento y, una vez entrenada, requiere de más datos para extraer las conclusiones operativas para las que fue entrenada por los humanos; los mismos humanos que generan datos de forma continuada para alimentar a los algoritmos de IA mientras consumen con voracidad los datos que la IA les ofrece (Colomé, Elías y Navajas, 2021). Que este proceso ininterrumpido responda a un círculo virtuoso o a uno vicioso, está todavía en discusión a juicio de la filosofía de la IA, una subdisciplina apenas emergente y todavía informal orientada a “comprender el horizonte tecnológico emergente y establecer de manera clara los principios que guiarán su concepción, producción, desarrollo, implementación, distribución y uso” (Santana-Soriano, 2023; Resumen, líneas 17-19).

Es innegable que la universidad se desempeña, educa y progresa en un universo de datos. Datos sobre los que dialoga más bien poco aun cuando disponga de una cantidad ingente de ellos: datos patrimoniales heredados y datos de nueva creación vinculados a la generación, transmisión y transferencia de conocimiento. Los escenarios universitarios

son grandes almacenes de insumos de IA que deben ser gestionados económica, humana y socialmente de forma sostenible (CEPAL, 2021; Steimel y Steinhaus, 2025; Weiß, 2023) para lo cual, se requiere una profunda transformación regulatoria y de procesos que respalde la recolección, limpieza, análisis e interpretación de éstos. Además, con dichos cambios, las IES también se verán obligadas a reformular o generar nuevas regulaciones y cambios en materia de competencia, de telecomunicaciones, de eficiencia energético-ambiental, de protección laboral a terceros y, evidentemente, de seguridad (CEPAL, 2021).

Ahora bien, asumidas las IES como grandes repositorios de datos y que, por lo tanto, requieren establecer una estrategia tecnológica que les ayude a un mejor aprovechamiento de éstos, es preciso analizar la posición de las entidades universitarias en cuanto a la definición de procesos innovadores que les permitan aprovechar sus datos como insumos para la IA y valorarlos como activos intangibles relevantes. Una forma de conceptualizar esta transformación es a partir del *Hype Cycle* de Gartner (Gartner, 2018; 2025), con el cual se representa, de manera generalizada a través de una gráfica en forma de curva, lo que implica conseguir la adopción y aprovechamiento de una tecnología.

El *Hype Cycle* representa la progresión típica de la innovación. Si esta progresión de expectativas la utilizamos para representar lo que está sucediendo en las IES, respecto a la maduración de procesos que permitan el mejor aprovechamiento de sus datos, podríamos decir que (ver la figura 1) es muy probable que todas las IES, en algún momento, se encuentren en el “*abismo de la desilusión*” (Gartner, 2018), principalmente porque la gestión de datos debe ser sostenible y es necesario ajustar expectativas vs recursos y necesidades; sin embargo, una vez que las IES entiendan cómo reorganizarse y comiencen a diseñar e implementar estrategias de sostenibilidad, es posible encontrarse en un estado consolidado de gestión de datos.

Por lo tanto, en este momento, en materia de gestión de datos, es muy probable que algunas universidades caminen con pasos acelerados hacia un “*abismo de la desilusión*”, pues habrá que comprender que, aun siendo dueñas de los datos, su gestión responsable y sostenible representa costos financieros, ecológicos y humanos adicionales a los contemplados en la implementación y desarrollo de la IA, los cuales, además, se suman a los costos generados para salvaguardar la protección de los datos personales y esto también conlleva a resolver dilemas ético-universitarios asociados al uso responsable de la IA.



Figura 1. Hype Cycle de Gartner adaptado para representar las etapas de maduración para la gestión de datos útiles para la IA en las IES (Gartner, 2018).

2. Huella económica

El costo de los datos regularmente es poco perceptible, pues pareciera que su intangibilidad los coloca en un universo mágico en el que vegetan a la espera de ser utilizados o devorados por alguna aplicación de IA e, incluso, que son de generación espontánea; sin embargo, no hay nada más alejado de la realidad.

Para Jiménez (2019), por ejemplo, la operabilidad de los datos en la administración pública conlleva, al menos, la consideración de tres elementos indispensables: (1) la preparación de los datos, lo cual incluye desde la digitalización de los mismos hasta la limpieza y organización de éstos; (2) el personal especializado, ya que necesariamente se requiere personal capacitado para el tratamiento de datos; y (3) el software que, al igual que el doctor Frankenstein, convierte en información viva los datos muertos.

Los conocimientos especializados, así como el uso y mantenimiento de tecnología específica, implican un costo de inversión, el cual está presente desde la digitalización para extraer datos de diversos formatos, como documentos PDF o incluso imágenes o video; así como limpiar, homogeneizar y unificar datos, aprendiendo a parametrizar y manejar tecnología para dichos procesos.

Necesariamente, se requiere de personal capacitado tanto en nuevas áreas técnicas como en el análisis de datos, por mencionar algunos: (a) expertos en protección de datos; (b) responsable de datos para la tomar decisiones y control ante cambios regulatorios o modificaciones tecnológicas que afecten la estructura de los datos; (c) científicos de datos con capacidad para la gestión de algoritmos: selección de modelos, detección de variables, entrenamiento, evaluación, implementación y actualización.

En este sentido, Jiménez (2019, inciso 2, párrafo 2) señala que, para llevar a cabo actividades relacionadas con los datos, regularmente las organizaciones públicas trabajan a modo de *guerrilla*, ya que, para evitar contrataciones o subcontrataciones nuevas, reasignan actividades al personal existente. Sin embargo, esto no elimina costos, ya que, incluso cuando una persona se libera de tareas para asumir nuevas, requiere una capacitación asistida o autodidacta y, en ambas, existe un costo de oportunidad.

Por último, está el costo del software que ayuda a encontrar el valor en los datos, ya que incluso el uso de algoritmos gratuitos precisa un motor que los empuje y, en ese sentido, se necesitan herramientas para las distintas actividades, por ejemplo el software ETL (extracción, transformación y carga) que principalmente se usa en la etapa de preparación de datos; herramientas específicas de seguridad para el cifrado y protección, ya sea de los datos o los ambientes de operación de los mismos; herramientas específicas de integración de documentos y datos en bases de datos para la organización y herramientas específicas de datos masivos de integración y procesamiento de datos en tiempo real, principalmente para la consulta e interpretación.

Ciertamente, existen herramientas gratuitas que pueden utilizarse por las IES, por lo que es necesario evaluar necesidades y, si no son suficientes, entonces crear las propias o adquirirlas. De ahí que, en los tres casos, gratuidad, creación y adquisición, el costo indiscutible es el del personal especializado que se requiere para utilizar o desarrollar, lo cual genera un impacto importante sobre la nómina.

En este momento, las entidades universitarias están muy preocupadas por mitigar las posibilidades de usos inadecuados o nocivos de los datos, lo cual es indispensable. No obstante, las IES requieren aceptar que la gestión y monetización de sus datos es una dimensión del bienestar universitario (Costa-Cabral y Lynskey, 2017), ya que se trata de un insumo altamente competitivo e infrautilizado, cuyo mantenimiento genera costos elevados en las finanzas universitarias (Da Silva, De Furquim y Núñez, 2020) y monetizarlo genera para las IES ventajas competitivas importantes, lo cual no significa, en modo alguno, asumir posiciones mercenarias ajenas a su naturaleza y espíritu de servicio universitario. Por el contrario, con la rentabilidad derivada, se da la posibilidad de atender prioridades educativas relevantes como la cobertura universal o la brecha digital. Por lo anterior, de acuerdo con Jiménez (2019), es necesario aceptar que: (1) las IES son propietarias de los datos; (2) los datos universitarios en estado bruto no son operables; y (3) la operabilidad digital tiene un costo.

3. Huella ambiental

Para la IA, la gestión de los datos universitarios tiene un impacto significativo en la eficiencia energética, dado el consumo eléctrico de los centros de datos, las redes, o lo reducido de la vida útil de los dispositivos asociados al almacenamiento y tráfico de dicho insumo (CEPAL 2021).

En el año 2018, el consumo eléctrico asociado a la IA registró el 1.4% del total global (Malmodin y Lunden, 2018, p. 17); así mismo, las consultas de ChatGPT efectuadas en enero de 2023 consumieron un monto de energía eléctrica equivalente al utilizado por 175,000 personas, similar al gasto energético de una ciudad pequeña en ese mismo mes (Ludvigsen, 2023). A esto deben añadirse los impactos generados por el *e-waste*, es decir, la basura electrónica que, en 2022, registró 62 millones de toneladas de residuos a nivel global, de las que únicamente el 22.3% fueron sometidas a procesos formales de recolección y reciclaje (WHO, 2024, inciso 1, párrafo 2) con la consiguiente pérdida de “recursos valiosos y finitos que pueden reutilizarse si se reciclaran adecuadamente” (inciso 3, párrafo 1).

También es necesario reconocer los recursos valiosos y finitos que se encuentran ocultos detrás de la IA y que, actualmente, son sobreexplotados: aluminio, silicio, cobre, galio,

germanio, paladio o neodimio, incluidos en el hardware que sostienen la potencia y los sistemas de refrigeración requeridos para el procesamiento y el tráfico masivo de datos a gran velocidad (James, Myers y Parker, 2025). Minerales y tierras raras asociados al monopolio económico sobre su precio de los países que los producen (China, Ucrania o la República del Congo) y al incremento de la huella de carbono derivada de su extracción (James, Myers, Arora-Cox y Halter, 2022).

Respecto a este último punto, el cálculo de la huella de carbono se efectúa a lo largo de la cadena de valor de los datos, misma que inicia con el trabajo de los alimentadores de algoritmos de IA y finaliza con la recolección de los datos personales de los usuarios que los consumen: el círculo vicioso/virtuoso mencionado al inicio de este trabajo. De acuerdo con la UNESCO (2021):

“Una estimación de la huella de carbono atribuida a la producción global de centros de datos establece que es de aproximadamente 20 megatones de equivalente de CO₂, lo que representó aproximadamente el 15% de las emisiones totales de gases de efecto invernadero de los centros de datos en 2015” (UNESCO, 2021, p. 58).

Por su parte, Ludvigsen (2023) estima, con cálculos conservadores, que el entrenamiento de ChatGPT es equivalente al suministro eléctrico mensual de una ciudad pequeña, por lo que tal vez las universidades deberían calcular cuál es el costo ecológico de cada cuestión que sus alumnos, investigadores o docentes plantean al ChatGPT, si:

“El entrenamiento del modelo de lenguaje GPT-3 en los centros de datos de vanguardia de Microsoft en EE. UU. puede evaporar directamente 700.000 litros de agua dulce limpia. (...) Se proyecta que la demanda global de IA represente entre 4.200 y 6.600 millones de metros cúbicos de extracción de agua en 2027, lo que supera la extracción anual total de agua la mitad del Reino Unido” (Li, Yang, Islam y Ren, 2023).

Volúmenes que resultan casi imposibles de imaginar, que se vuelven accesibles con una imagen más cotidiana: la conversación de un alumno/docente/investigador universitario con el chat GPT cuesta medio litro de agua (Li, Yang, Islam y Ren, 2023). ¿Cuántos litros de agua al día bebe la IA? Tales volúmenes parecen casi imposibles de imaginar, por lo que una imagen más accesible de la huella hídrica de la IA, puede obtenerse al considerar que

cada pregunta que un individuo realiza al Chat GPT entra a un servidor que realiza miles de cálculos para seleccionar las palabras que conformarán su respuesta; el servidor genera calor que se envía a torres de refrigeración para expulsarlo del edificio; sin embargo, en países con recursos hídricos muy limitados, suelen utilizarse sistemas eléctricos semejantes a los de aire acondicionado para el enfriamiento (Crescenzi, 2024, párrafos 2 y 3). En términos sencillos: “una conversación que comprende de 20 a 50 preguntas con el chatbot de IA en un solo sistema puede “beber” una” botella de agua de 500 ml”. En el contexto actual, donde el acceso al agua dulce y limpia representa un desafío creciente debido a su carácter limitado y a la presión constante sobre los recursos hídricos, los gobiernos y sus instituciones tienen la responsabilidad de adoptar un papel activo en la mitigación de impactos ambientales asociados a sus actividades tecnológicas. Uno de los fenómenos emergentes que exige una reflexión crítica es el creciente uso de tecnologías de IA, cuya operación y entrenamiento requieren volúmenes significativos de recursos energéticos y, de manera indirecta pero relevante, de agua.

Cada vez es más evidente que el procesamiento de grandes cantidades de datos — indispensable para el desarrollo de sistemas de IA— conlleva un consumo intensivo de energía. Este consumo, a su vez, está vinculado al uso de agua en procesos de enfriamiento de centros de datos, generación eléctrica y mantenimiento de infraestructuras tecnológicas. En consecuencia, la huella hídrica asociada al uso de IA no puede ser ignorada.

Ante esta situación, las universidades —como espacios de producción de conocimiento, innovación tecnológica y formación de ciudadanía— deben contribuir en el compromiso explícito con la sostenibilidad. Este compromiso implica integrar consideraciones de huella hídrica en sus políticas digitales, promover la eficiencia en el uso de recursos computacionales y fomentar la investigación interdisciplinaria que vincula tecnologías emergentes con principios de justicia ambiental y equidad social.

De este modo, el desarrollo y la aplicación de la IA pueden alinearse con un paradigma de sustentabilidad que reconozca los límites ambientales del entorno y la necesidad de un enfoque ético en la gestión de los bienes comunes, como el agua, de tal forma que sea una práctica viable la colaboración y vinculación para la compartición de recursos, experiencias y conocimientos, con lo cual se reduzcan esfuerzos y evite la duplicidad de costos y el exceso de consumo.

4. Huella social

El uso de la IA impacta a la empleabilidad en términos de supresión, incremento y generación de oportunidades laborales. Por cada puesto que se suprime por su intervención, otros se crean en nuevos campos, con nuevos perfiles laborales (Rani, y Kumar Dhir, 2024). Sin embargo, con frecuencia tiende a olvidarse que el primer paso para la construcción de un sistema de IA es el proceso de entrenamiento, ligado a los alimentadores de datos, la mano de obra invisible y sobre capacitada que “realiza tareas precarias y mal pagadas en condiciones difíciles” (Rani, y Kumar Dhir, 2024, Introducción), alejadas del trabajo decente y del trabajo justo que pueden, salvando las distancias, equipararse a la explotación laboral infantil (Rani, y Kumar Dhir, 2024).

Ciertamente, este modelo de trabajo humano “en bucle” (Rani, y Kumar Dhir, 2024, Introducción) no se da en las universidades, pero está ligado a la producción de muchos de sus proveedores tecnológicos con contrataciones masivas de alimentadores en economías poco desarrolladas, generalmente con estudios superiores, por salarios ínfimos, jornadas extenuantes de trabajo, carencia de prestaciones de salud y seguridad social, que, sin embargo, son el pilar esencial sobre el que las grandes desarrolladoras sostienen sus sistemas de IA.

“Suelen subcontratar a trabajadores en masa en plataformas digitales de trabajo o a empresas de subcontratación de procesos empresariales de inteligencia artificial (AI-BPO). Estas plataformas fragmentan las tareas complejas en micro tareas y ofrecen pequeños pagos por cada tarea completada. Los *crowdworkers*, a los que también se conoce como trabajadores invisibles porque suelen trabajar entre bastidores, son esenciales para entrenar los algoritmos de IA en varias funciones, como la predicción de texto y el reconocimiento de objetos” (Rani, y Kumar Dhir, 2024).

En contraparte, las IES, además de ser espacios generadores y concentradores de grandes volúmenes de datos, cuentan con especialistas en el estudio y desarrollo de la ciencia de datos y de la IA. Juristas y sociólogos, entre otros profesionistas, pueden encaminar esfuerzos sociales tanto hacia la formación y preparación de nuevos expertos, como hacia la participación en iniciativas normativas, en colaboración con los gobiernos, que contribuyan a la protección y regulación del trabajo, desarrollo y uso de la inteligencia artificial.

Conclusiones

Una gestión de datos sostenible implica una inversión continua y fundamentada en las necesidades de cada IES y en una normativa adecuada a las mismas, sin embargo, también es importante contribuir en la reducción de la huella financiera, ambiental y social, para lo cual la colaboración es indispensable entre las diversas IES y sectores de la sociedad.

Es recomendable compartir esfuerzos para no duplicar inversión, generar normativas que permitan la transferencia, consulta y uso de datos sin generar un sobre almacenamiento de información.

Es necesario asumir la participación formativa que, por naturaleza, tienen las IES en la sociedad para contribuir a una profesionalización tanto en los generadores de datos como en los consumidores y gestores, así como en el desarrollo y uso de IA. Finalmente, es importante comprender que la monetización de los datos se ha convertido en una dimensión más del bienestar universitario, por lo que es importante comenzar a incursionar en estos procesos dentro de las IES, por lo que es recomendable:

- Adoptar metodologías de la Water Footprint Network o la norma ISO 14046.
- Buscar la optimización de infraestructura tecnológica a nivel regional.
- Promover la investigación interdisciplinaria en las regiones.
- Promover la colaboración con diversos sectores: gobierno, industria y diversos organismos sociales.

El presente capítulo es una aproximación breve y limitada a las problemáticas asociadas al costo de los datos para la IA universitaria, sin embargo, se espera que sirva como un punto de inflexión para que el lector reflexione sobre la cara oculta de la IA y asuma que las IES, al planear sus estrategias de implementación y uso tecnológico, consideren el impacto del manejo y consumo de datos sobre la tierra, la sociedad y las finanzas universitarias, a fin de adoptar una conducta ética, responsable y sostenible en esta materia.

Referencias

- Arthur, C. (2013, agosto 23). *Tech giants may be huge, but nothing matches big data*. The Guardian. <https://www.theguardian.com/technology/2013/aug/23/tech-giants-data>
- Colomé, R. A., Elías, V. J., & Navajas, F. (Eds.). (2021). *Efectos de la Inteligencia Artificial (IA) en la economía y el análisis económico*. Academia Nacional de Ciencias Económicas (ANCE). https://anceargentina.org/download/publicaciones/INTELIGENCIA_ARTIFICIAL_A NCE2021.pdf
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2020). *Elementos principales del informe sobre el estado de la jurisdicción de Internet en América Latina y el Caribe 2020* CEPAL. (LC/TS.2020/68). <https://www.cepal.org/es/publicaciones/46061-elementos-principales-informe-estado-la-jurisdiccion-internet-america-latina>
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2021). *Tecnologías digitales para un nuevo futuro*. CEPAL. (LC/TS.2021/43). <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/879779be-c0a0-4e11-8e08-cf80b41a4fd9/content>
- Costa-Cabral, F., & Lynskey, O. (2017). Family ties: The intersection of data protection and competition law in EU law. *Common Market Law Review*, 54(1), 11–50. <https://research.tilburguniversity.edu/en/publications/family-ties-the-intersection-of-data-protection-and-competition-l>
- Crescenzi, C. (2024, septiembre 24). *La cantidad de agua y electricidad que usa ChatGPT está fuera de control*. WIRED en Español. <https://es.wired.com/articulos/la-cantidad-de-agua-y-electricidad-que-usa-chatgpt-esta-fuera-de-control>
- Da Silva, F., De Furquim, J., & Núñez, G. (2020). *La libre concurrencia en la economía digital: las micro, pequeñas y medianas empresas (mipymes) en América Latina y el impacto del COVID-19*. CEPAL. (LC/TS.2020/142). <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/84967843-154c-40bb-899a-02f7a5f04b83/content>
- Gartner.com (2018, agosto, 20). *Understanding Gartner's Hype Cycles*. (Informe No. 3887767). Gartner. <https://www.gartner.com/en/documents/3887767>
- Gartner.es (2025). *Hype Cycle de Gartner*. <https://www.gartner.es/es/metodologias/hype-cycle>
- Groes Albin Ludvigsen, K. (2023, marzo 1). *ChatGPT's electricity consumption*. Medium. <https://medium.com/data-science/chatgpts-electricity-consumption-7873483feac4>

- James, R. A., Myers, A., Arora-Cox, S., & Halter, A. G. (2022, agosto 10). *Critical materials for the energy transition: Of “rare earths” and even rarer minerals*. Gravel2Gavel Construction & Real Estate Law Blog. <https://www.gravel2gavel.com/critical-materials-energy-transition-rare-earth-minerals/>
- James, R. A., Myers, A., & Parker, K. (2025, enero 6). *AI needs critical materials, fast! But from where?* Gravel2Gavel Construction & Real Estate Law Blog. <https://www.gravel2gavel.com/ai-critical-materials/>
- Jiménez, S. (2019). *El coste de la inteligencia artificial*. Analítica Pública. <https://sergiojimenez.net/el-coste-de-la-inteligencia-artificial/>
- Li, P., Yang, J., Islam, M.A. y Ren, S. (2023). Making AI Less “Thirsty”: Uncovering and Addressing the Secret Water Footprint of AI Models. arXiv. <https://arxiv.org/pdf/2304.03271v5>
- Malmodin, J. y Lundén, D. (2018). The energy and carbon footprint of the global ICT and E&M sectors 2010–2015. *Sustainability*, 10(9), 3027. <https://www.mdpi.com/2071-1050/10/9/3027>
- Metz, C., Kang, C., Frenkel, S., Thompson, S. A., & Grant, N. (2024, April 14). Cómo los gigantes tecnológicos toman atajos para obtener datos para la IA. *The New York Times (Digital Edition)*. <https://www.nytimes.com/es/2024/04/14/espanol/openai-google-meta-ia-datos.html>
- Rani, U. y Kumar Dhir, R. (2024). *La ilusión de la Inteligencia Artificial: Cómo los trabajadores invisibles alimentan la economía «automatizada»*. <https://www.ilo.org/es/resource/article/la-ilusion-de-la-inteligencia-artificial-como-los-trabajadores-invisibles>
- Reyes Risco, A. J., De La Cruz Gamarra, J. A., & Torres Villanueva, M. (2025). The Role of Artificial Intelligence in Data Science: Theoretical Perspectives and Emerging Challenges. *Innovation and Software*, 6(1), 115-127. <https://doi.org/10.48168/innosoft.s23.a208>
- Salas, J., Patterson, G., & de Barros Vidal, F. (2022). A systematic mapping of artificial intelligence solutions for sustainability challenges in Latin America and the Caribbean. *IEEE Latin America Transactions*, 20(11), 2312–2329.
- Santana-Soriano, E. (2023). Ética y filosofía de la inteligencia artificial: debates actuales. *La Barca de Teseo*, 1(1), 47-64. <https://doi.org/10.61780/bdet.v1i1.5>

- Steimel, B. y Steinhaus, I. (2025). *Trendbook Sustainability with Digitalization*. Smarter Service/Mind Digital.
- UNESCO. (2023). *Oportunidades y desafíos de la era de la inteligencia artificial para la educación superior: Una introducción para los actores de la educación superior*. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000386670_spa/PDF/386670spa.pdf. multi
- Wang, Y., Xiong, M. and Olya, H. (2020) Toward an understanding of responsible artificial intelligence practices. In: Bui, T.X., (ed.) *Proceedings of the 53rd Hawaii International Conference on System Sciences*. Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS 2020), 07-10 Jan 2020, Maui, Hawaii, USA. Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS), pp. 4962-4971. ISBN 9780998133133
- Weiβ, E.M. (2023, 2 de enero). ¿Cuándo lo digital es también sostenible? <https://www.t-systems.com/mx/es/insights/newsroom/news/es-hora-de-pensar-diferente-no-581360>
- World Health Organization (WHO). (2024, 1 de octubre). Electronic waste (e-waste). [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/electronic-waste-\(e-waste\)](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/electronic-waste-(e-waste))
- Zarta Ávila, P. (2018). La sustentabilidad o sostenibilidad: Un concepto poderoso para la humanidad. *Tabula Rasa*, (28), 409-423. <https://doi.org/10.25058/20112742.n28.18>

Aplicación de la Inteligencia Artificial en las Actividades Académico-Administrativas de la FES Zaragoza UNAM

José Luis Alfredo Mora Guevara
Feliciano Palestino Escoto
Gloria Margarita Reyes Iriar

Palabras clave: inteligencia artificial, FES Zaragoza, UNAM, educación superior, automatización, personalización, aprendizaje en línea, análisis de datos.

Introducción

La Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), como institución líder en educación superior en México, ha demostrado un compromiso constante con la innovación y la adaptación a las nuevas tecnologías. La Facultad de Estudios Superiores Zaragoza (FES Zaragoza), siendo parte integral de esta gran casa de estudios, no es la excepción.

En este capítulo, exploramos cómo la inteligencia artificial (IA) está transformando las actividades académico-administrativas en la FES Zaragoza, optimizando procesos, mejorando y enriqueciendo la experiencia tanto de estudiantes como de personal docente y administrativo.

La IA constituye una pieza básica para mejorar los procedimientos administrativos y de gestión, elevando su eficacia y eficiencia.

Las tecnologías digitales han propiciado soluciones diversas en torno a la gestión; incluso, han adoptado sistemas de inteligencia de negocios (BI) que recolectan, analizan y procesan vastos volúmenes de datos para orientar y respaldar decisiones estratégicas.

Con la digitalización se agilizan muchos de los distintos procesos llevados a cabo en la educación superior, como la administración de registros estudiantiles, plataformas virtuales y sistemas de información, que permiten el manejo de una vasta cantidad de datos.

La IA como herramienta de transformación

La implementación de la IA en la FES Zaragoza se presenta como una oportunidad para:

- **Automatización de procesos:** Tareas repetitivas y administrativas, como la gestión de inscripciones, la generación de horarios y la calificación de exámenes, pueden ser automatizadas mediante algoritmos de IA, liberando tiempo al personal para enfocarse en tareas más estratégicas y creativas.
- **Personalización de la educación:** La IA permite adaptar los contenidos y los métodos de enseñanza a las necesidades individuales de cada estudiante. A través del análisis de datos sobre el rendimiento académico y los patrones de aprendizaje, se pueden diseñar trayectorias educativas personalizadas.
- **Mejora de la comunicación:** Los chatbots y asistentes virtuales basados en IA pueden brindar atención al estudiante de manera más eficiente y personalizada, respondiendo a sus dudas y consultas en tiempo real.
- **Optimización de la gestión de recursos:** La IA puede ayudar a optimizar la asignación de recursos, como aulas, laboratorios y equipo, maximizando su utilización y reduciendo costos.
- **Fomento de la investigación:** La IA puede ser utilizada como herramienta de investigación en diversas disciplinas, permitiendo analizar grandes volúmenes de datos y descubrir patrones y tendencias que de otra manera serían difíciles de identificar.

Gestión Académica

- **Personalización del aprendizaje:**
 - **Contenidos adaptados:** Creación de materiales de estudio personalizados según el ritmo y estilo de aprendizaje de cada estudiante.
 - **Rutas de aprendizaje individualizadas:** Diseño de trayectorias educativas personalizadas para alcanzar los objetivos de cada estudiante.
- **Evaluación automatizada:**
 - **Calificación objetiva:** Corrección automática de exámenes y tareas, reduciendo la carga de trabajo de los profesores.
 - **Identificación de patrones de error:** Análisis de las respuestas de los estudiantes para identificar áreas de mejora.
- **Tutoría inteligente:**
 - **Asistencia virtual:** Chatbots y asistentes virtuales que resuelven dudas y ofrecen soporte académico las 24 horas del día.
 - **Retroalimentación personalizada:** Proporcionar feedback específico y oportuno para mejorar el desempeño de los estudiantes.

Gestión Administrativa

- **Automatización de procesos:**
 - **Inscripciones y matrículas:** Simplificación de los trámites administrativos.
 - Gestión de documentos y trámites administrativos se realizan de manera más eficiente con sistemas automatizados impulsados por IA.
 - Reducción de errores humanos y tiempos de procesamiento.
 - **Gestión de horarios:** Optimización de la asignación de aulas y profesores.
 - **Gestión de bibliotecas:** Recomendación de libros y artículos relevantes.

- **Análisis de datos:**
 - **Predicción de deserción:** Identificación de estudiantes en riesgo de abandonar sus estudios.
 - **Optimización de recursos:** Análisis de los datos de uso de las instalaciones para mejorar su gestión.
- **Atención al estudiante:**
 - **Chatbots multilingües:** Atención a estudiantes internacionales y con necesidades especiales.
 - **Correos y mensajes automáticos** adaptados a necesidades individuales.
 - **Resolución de incidencias:** Gestión eficiente de las solicitudes y quejas de los estudiantes.
- **Gestión de recursos humanos y financieros**
 - **Análisis predictivo** para planificar presupuesto y recursos necesarios según el comportamiento histórico y las tendencias actuales.
 - **Apoyo en el reclutamiento** de personal mediante herramientas de IA que analizan perfiles y habilidades.



Imagen generada por IA aplicación Copilot.

- **Seguridad y manejo de datos**
 - **IA aplicada en la ciberseguridad** para proteger datos sensibles de la institución y sus usuarios.
 - **Organización eficiente** de grandes volúmenes de información con algoritmos inteligentes.
- **Planificación estratégica**
 - **Algoritmos que analizan datos** de matrícula, desempeño académico y otras métricas clave para tomar decisiones informadas sobre el futuro de la institución.

Investigación

- **Análisis de grandes volúmenes de datos:**
 - **Descubrimiento de nuevos conocimientos:** Identificación de patrones y tendencias en grandes conjuntos de datos.
 - **Aceleración de la investigación:** Automatización de tareas repetitivas en la investigación.
- **Modelado y simulación:**
 - **Creación de modelos predictivos:** Simulación de escenarios para prever resultados y tomar decisiones informadas.
- **Desarrollo de nuevas herramientas:**
 - **Software y aplicaciones:** Creación de herramientas de investigación basadas en IA.

Beneficios y Desafíos

- **Beneficios:**
 - **Eficiencia:** Automatización de tareas repetitivas y reducción de errores.
 - **Personalización:** Adaptación de la educación a las necesidades individuales de cada estudiante.

- **Accesibilidad:** Ampliación del acceso a la educación de calidad.
- **Innovación:** Fomento de la investigación y el desarrollo de nuevas tecnologías.
- **Desafíos:**
 - **Costos:** Inversión en infraestructura tecnológica y capacitación del personal.
 - **Privacidad:** Protección de los datos personales de los estudiantes y profesores.
 - **Sesgos algorítmicos:** Evitar la discriminación y la perpetuación de estereotipos.

A continuación, se presentan algunos ejemplos de cómo la IA se está aplicando en la FES Zaragoza:

- **Plataformas de aprendizaje adaptativo:** Ofrecen contenidos personalizados y evaluaciones automatizadas.
- **Asistentes virtuales para estudiantes:** Responden preguntas, brindan orientación y ofrecen recursos académicos.
- **Análisis de sentimientos en redes sociales:** Monitoreo de la opinión de los estudiantes sobre la universidad.



Imagen generada por IA aplicación Copilot.

- **Sistemas de recomendación de cursos:** Sugieren cursos y programas de estudio basados en los intereses y habilidades de los estudiantes.
- **Plataforma de aprendizaje en línea:** El desarrollo de una plataforma de aprendizaje en línea basada en IA que ofrece contenidos personalizados y retroalimentación inmediata a los estudiantes.
- **Sistema de tutoría virtual:** La implementación de un sistema de tutoría virtual que utiliza algoritmos de procesamiento del lenguaje natural para responder a las preguntas de los estudiantes y brindar apoyo académico.
- **Análisis de datos para la toma de decisiones:** La utilización de herramientas de análisis de datos basadas en IA para identificar tendencias en el rendimiento académico y diseñar estrategias de mejora.

Conclusiones

La inteligencia artificial se presenta como una tecnología disruptiva y revolucionaria que está transformando la educación superior. En la FES Zaragoza, la IA está siendo utilizada para mejorar la eficiencia, personalizar la educación y fomentar la investigación. A medida que la IA continúa evolucionando, es fundamental que la FES Zaragoza siga explorando nuevas formas de aprovechar esta tecnología para beneficio de toda la comunidad universitaria.

Para las actividades administrativas en las universidades, la IA ayuda a automatizar procesos, optimizar la gestión de recursos y mejorar la toma de decisiones. Gracias a herramientas como chatbots, análisis predictivo y sistemas de gestión inteligente, las instituciones pueden ofrecer un servicio más eficiente, ágil y adaptado a las necesidades de estudiantes y docentes, sin embargo, este avance debe ir acompañado de un enfoque ético, que garantice la privacidad de los datos y fomente la formación tecnológica de la comunidad universitaria. La IA no solo es un apoyo estratégico, sino también una oportunidad para transformar las universidades en organizaciones más innovadoras y preparadas para los desafíos del futuro.

Referencias

Aplicaciones generales de la IA en la educación superior:

Time.ly. (2024). *IA en la educación superior: aplicaciones y ejemplos*. Recuperado de: <https://time.ly/es/blog/inteligencia-artificial-en-la-educacion-superior-aplicaciones-y-ejemplos/>

Anáhuac Veracruz. (2025). *El rol de la Inteligencia Artificial en la educación universitaria*. Recuperado de: <https://veracruz.anahuac.mx/licenciaturas/blog/el-rol-de-la-inteligencia-artificial-en-la-educaci%C3%B3n-universitaria>

ULA. (2024). *La importancia de la IA en las universidades*. Recuperado de: <https://ula.edu.mx/comunidad-ULA/blog/la-importancia-de-la-ia-en-las-universidades>

Aplicaciones de la IA en la administración universitaria:

Ramírez, Alberto; Fonseca, Lina; Triana Freddy (2024). *Inteligencia artificial en la administración universitaria: una visión general de sus usos y aplicaciones*.

Revista Interamericana de Bibliotecología, 47(2), e353620. <https://doi.org/10.17533/udea.rib.v47n2e353620>

Andrés Pedreño Muñoz, Rafael González Gosálbez, Trinidad Mora Illán, Eva del Mar Pérez Fernández, Javier Ruiz Sierra, Aimée Torres Penalva. (2024). *La inteligencia artificial en las universidades: retos y oportunidades*. Pp 80-88. Ed. Observatorio de inteligencia artificial.

Retos de la Inteligencia Artificial (IA) en el sector educativo profesional

Benny Weiss Steider
Rosalba Rangel Corona

Introducción

La implementación de la IA en la enseñanza universitaria a nivel profesional ofrece un vasto potencial para mejorar la educación, personalizando el aprendizaje, automatizando tareas administrativas y ampliando el acceso a la educación global. Sin embargo, también presenta riesgos significativos, como la deshumanización del aprendizaje, la perpetuación de sesgos y la dependencia excesiva de la tecnología. Para maximizar los beneficios de la IA en la educación, es crucial abordar estos desafíos de manera proactiva, asegurando que la tecnología complemente, en lugar de reemplazar, la enseñanza y el aprendizaje tradicionales.

Objetivo

Describir el potencial de las plataformas de inteligencia artificial Chat GPT y DeepSeek como herramientas complementarias en las actividades docentes de los universitarios, presentando una serie de propuestas para atenderlas. Destacando la necesidad de mantenerse actualizado ante la rápida evolución de este campo.

Contenido

Aunque la tecnología usada y propuesta, en este trabajo, se aplica desde hace ya un par de años en las clases de Biología Molecular del Cáncer en la Carrera de Biología, el análisis y recomendaciones se pueden aplicar a cualquier otro tema de las demás Carreras que se imparten en la FES-Zaragoza.

Métodos

Se estructuró a lo largo del texto la técnica del uso de “*prompts*” para las IA, seguido de una discusión personal de esas respuestas.

Implementación de la IA en el aula en la asignatura Bases Moleculares del Cáncer.

Resultados

Experiencia Personal: ¿Debería comenzar preguntándome si todavía soy necesario para esta ponencia?

Hago esta pregunta porque solicité a Chat GPT que redactara la conferencia de 15 minutos que me fue asignada, sobre el tema que elegí.

Lo hizo en cuestión de segundos, con una profundidad y actualización que superan las capacidades humanas, y con una calidad muy superior a la que yo podría alcanzar mediante los métodos convencionales.

A continuación, presento la respuesta proporcionada por Chat GPT:

I.- USO DE “prompts”

CONSULTA 1.

-Inicio de consulta a Chat GPT

Ventajas de la IA en la Enseñanza Universitaria

1. Personalización del Aprendizaje

La IA permite adaptar los contenidos y las estrategias de enseñanza a las necesidades individuales de los estudiantes. Mediante el análisis de grandes volúmenes de datos sobre el rendimiento académico, las plataformas impulsadas por IA pueden identificar las fortalezas y debilidades de cada alumno, ofreciendo rutas de aprendizaje personalizadas que optimizan el proceso educativo.

- Ejemplo: Un estudiante con dificultades en una materia puede recibir material adicional o ejercicios específicos para superar sus puntos débiles, mientras que los estudiantes que avanzan rápidamente pueden acceder a contenidos más avanzados.

2. Automatización de Tareas Administrativas

La IA puede automatizar tareas administrativas como la calificación, la planificación de horarios y la gestión de inscripciones, liberando a los docentes de tareas repetitivas y permitiéndoles centrarse en la enseñanza y la interacción con los estudiantes.

- Ejemplo: Un sistema de IA puede calificar exámenes de opción múltiple casi instantáneamente, generando estadísticas detalladas sobre el rendimiento de la clase, lo que facilita a los profesores el ajuste de su enfoque pedagógico.

3. Acceso Global a la Educación

La IA facilita el acceso a una educación de calidad en todo el mundo, independientemente de la ubicación geográfica. Los cursos en línea, impulsados por IA, pueden ser accesibles desde cualquier lugar, permitiendo que estudiantes de diferentes países accedan a programas educativos de instituciones reconocidas.

- Ejemplo: Plataformas de aprendizaje en línea como Coursera o edX, que utilizan la IA para mejorar la experiencia educativa, ofrecen cursos de universidades de prestigio a estudiantes de todo el mundo.

Riesgos de la IA en la Enseñanza Universitaria

1. Deshumanización del Aprendizaje

A medida que la IA asume más funciones en la enseñanza, existe el riesgo de que el aprendizaje se vuelva más impersonal. La interacción directa entre estudiantes y profesores es crucial para desarrollar habilidades sociales y emocionales, que son difíciles de replicar con la tecnología.

- Ejemplo: Un curso completamente automatizado puede carecer de la empatía y la comprensión que un profesor humano puede ofrecer, lo que podría afectar la motivación y el compromiso de los estudiantes.

2. Sesgos Algorítmicos

Los algoritmos de IA son tan imparciales como los datos con los que son entrenados. Si estos datos contienen sesgos, los sistemas de IA pueden perpetuarlos, lo que podría resultar en evaluaciones injustas o en la falta de equidad en el acceso a oportunidades educativas.

- Ejemplo: Si un sistema de IA se entrena con datos históricos que reflejan desigualdades de género o raza, podría continuar discriminando a ciertos grupos en su proceso de calificación o recomendación.

3. Dependencia de la Tecnología

La creciente dependencia de la tecnología puede llevar a que estudiantes y profesores se vuelvan excesivamente dependientes de las herramientas de IA, lo que podría limitar el desarrollo de habilidades críticas como el pensamiento analítico y la resolución de problemas.

- Ejemplo: Si los estudiantes dependen exclusivamente de la IA para obtener respuestas o realizar tareas, pueden perder la capacidad de pensar críticamente o de resolver problemas de manera independiente.

-Fin de consulta a Chat GPT

CONSULTA 2.

-Inicio de consulta a Chat GPT

Plataformas de Inteligencia Artificial que pueden apoyar a la educación

Ejemplos de plataformas de Inteligencia Artificial que pueden apoyar a la educación:

1. Coursera: Utiliza la IA para personalizar la experiencia de aprendizaje de los estudiantes, recomendando cursos y materiales adicionales según el progreso y las necesidades del alumno.
2. Knewton: Plataforma de aprendizaje adaptativo que emplea la IA para personalizar el contenido educativo, ajustando el ritmo y la dificultad en función del rendimiento del estudiante.
3. Gradescope: Utiliza la IA para ayudar a los profesores a calificar exámenes y tareas de manera más eficiente, reconociendo patrones en las respuestas y proporcionando retroalimentación instantánea.
4. Carnegie Learning: Emplea la IA para desarrollar tutorías personalizadas en matemáticas, proporcionando ejercicios y explicaciones adaptadas a las necesidades individuales de cada estudiante.
5. Duolingo: Utiliza la IA para personalizar la enseñanza de idiomas, ajustando las lecciones en función del progreso y las áreas de dificultad de cada estudiante.
6. IBM Watson Education: Plataforma que ayuda a los educadores a analizar datos sobre el rendimiento de los estudiantes y proporciona recomendaciones personalizadas para mejorar el aprendizaje.
7. Socrative: Utiliza la IA para crear y administrar cuestionarios en tiempo real, proporcionando análisis instantáneos y retroalimentación tanto a estudiantes como a profesores.
8. Turnitin: Herramienta que utiliza la IA para evaluar la originalidad de los textos y ofrece retroalimentación en redacción y gramática.
9. Gradescope: Plataforma que permite la evaluación automatizada de tareas y exámenes, con soporte para retroalimentación detallada.

10. DreamBox Learning: Plataforma adaptativa de matemáticas que usa la IA para personalizar las lecciones y ejercicios, ajustando el contenido en función de las interacciones del estudiante.
11. Quizlet: Emplea la IA para personalizar la creación de tarjetas de estudio y exámenes, basándose en el rendimiento previo del estudiante para ajustar la dificultad y el contenido.
12. AltSchool: Plataforma que combina la IA con el aprendizaje personalizado, permitiendo a los educadores diseñar currículos adaptados a las necesidades y estilos de aprendizaje de los estudiantes.

Consideraciones para el uso de la IA en la educación universitaria:

1. Plataformas y Herramientas:

- Chatbots educativos: Herramientas como Chat GPT pueden ser programadas para interactuar con los estudiantes, hacer preguntas, evaluar respuestas y ofrecer retroalimentación.
- Sistemas de gestión de aprendizaje (LMS): Algunos LMS avanzados tienen integraciones con IA que permiten crear cuestionarios, evaluar automáticamente las respuestas y ofrecer retroalimentación.

2. Evaluación Automatizada:

- Calificación de Respuestas: La IA puede calificar las respuestas en función de criterios predefinidos, como la precisión del contenido, la claridad de la redacción y la ortografía. Sin embargo, la capacidad de la IA para evaluar la comprensión profunda de un tema puede ser limitada y dependería de cómo se estructuren las preguntas.
- Retroalimentación Personalizada: Además de la calificación, la IA puede ofrecer sugerencias para mejorar la redacción, la gramática y la estructura de las respuestas.

3. Ética y Privacidad:

- Privacidad de los Datos: Es crucial garantizar que los datos personales de los estudiantes, como sus correos electrónicos, sean manejados de manera segura y conforme a las leyes de protección de datos.

- **Consentimiento Informado:** Los estudiantes deben informarse del uso de la IA en su educación y deben aprobar para que sus datos se utilicen para estos fines.

4. Limitaciones y Recomendaciones:

- **Validación Humana:** Aunque la IA puede proporcionar una calificación inicial, es recomendable que un educador revise las evaluaciones para asegurar la precisión y equidad.
- **Uso Complementario:** La IA debe considerarse una herramienta complementaria, no como sustituto del profesor, sobre todo en la evaluación del pensamiento crítico y la comprensión profunda.

Sabemos que es posible utilizar la IA para interactuar con los estudiantes, hacerles preguntas, evaluarlos y proporcionar retroalimentación. Sin embargo, es importante manejar estos procesos con cuidado, asegurando la privacidad de los estudiantes y complementando la evaluación automatizada con la revisión humana.

-Fin de la consulta a Chat GPT

CONSULTA 3.

-Inicio de consulta a Chat GPT

Apoyo para mejorar la exposición de un docente: Estrategias para integrar la IA en la educación universitaria

A continuación, se presentan algunas plataformas de Inteligencia Artificial que pueden ayudar en el diseño de cursos completos, incluyendo la creación de diapositivas y videos para ofrecer una experiencia de aprendizaje interactiva y atractiva.

Plataformas de Inteligencia Artificial para el diseño de cursos completos

1. Microsoft PowerPoint con Designer e Ideas:

- **Descripción:** Utiliza la IA para sugerir diseños de diapositivas, formatos de contenido y gráficos. También ofrece recomendaciones de estilo y diseño basadas en el contenido que el usuario agrega.

- **Funcionalidad:** Genera automáticamente diapositivas atractivas, organizando el contenido de manera efectiva.

2. Canva:

- **Descripción:** Aunque no es puramente una plataforma de IA, Canva utiliza la IA para ayudar a los usuarios a crear presentaciones visualmente atractivas. Ofrece plantillas, sugerencias de diseño y herramientas para crear diapositivas y videos.
- **Funcionalidad:** Permite diseñar presentaciones de alta calidad con elementos visuales y videos integrados.

3. Lumen5:

- **Descripción:** Plataforma de creación de videos que utiliza la IA para transformar texto en videos. Ideal para convertir guiones de cursos en contenido de video con diapositivas y elementos multimedia.
- **Funcionalidad:** Ofrece una forma sencilla de convertir artículos, documentos o scripts en videos con diapositivas.

4. Visme:

- **Descripción:** Plataforma de diseño que facilita la creación de presentaciones interactivas con IA, ofreciendo sugerencias de diseño, gráficos y plantillas personalizadas.
- **Funcionalidad:** Permite crear diapositivas con contenido visualmente atractivo, incluyendo videos y animaciones.

5. Google Slides con add-ons de IA:

- **Descripción:** Google Slides permite la integración de varios complementos de IA que ayudan en la creación de presentaciones, como “Magic Slides” para generar contenido automáticamente o “Karma” para análisis y sugerencias de diseño.
- **Funcionalidad:** Mejora la creación de diapositivas mediante sugerencias inteligentes y diseño automatizado.

6. Synthesia:

- **Descripción:** Plataforma de IA para la creación de videos educativos con avatares virtuales que pueden presentar contenido en múltiples idiomas. Facilita la creación de videos para cursos sin necesidad de cámaras o micrófonos.

- **Funcionalidad:** Permite diseñar cursos completos en video, con avatares que presentan las diapositivas y explican el contenido.

7. Prezi:

- **Descripción:** Utiliza la IA para crear presentaciones dinámicas que van más allá de las diapositivas tradicionales, permitiendo la integración de videos y gráficos interactivos.
- **Funcionalidad:** Facilita la creación de presentaciones interactivas y no lineales, ideales para cursos que requieran un enfoque más envolvente.

8. Designrr:

- **Descripción:** Plataforma de IA para convertir contenido escrito, como blogs o documentos, en presentaciones o videos con diapositivas de manera automática.
- **Funcionalidad:** Transforma texto en presentaciones visuales con facilidad, integrando elementos multimedia.

-Fin de la consulta a Chat GPT

CONSULTA 4.

Organización de una conferencia: proporcionar formato uniforme para la organización.

Le pregunté a la IA cómo puede el organizador de una conferencia pedir a los ponentes que utilicen un formato de IA uniforme y proporcionarles los instrumentos necesarios. En esta ocasión, solicité que la respuesta se proporcionara en inglés, para que pueda ser utilizada en eventos internacionales. Una de las ventajas de la IA es que se le puede solicitar que responda en cualquier idioma disponible.

-Inicio de consulta a Chat GPT

A. Establecer Directrices Claras:

- **Definir el Formato:** Especificar el formato y las herramientas que se desea que utilicen los ponentes, como diapositivas generadas por IA, contenido de video o elementos interactivos.

- Proporcionar Ejemplos: Incluir ejemplos de cómo debería ser la presentación final. Esto puede ser una presentación de muestra o una descripción detallada.

B. Seleccionar y Proporcionar Herramientas de IA:

- Elegir Herramientas de IA: Decidir qué herramientas de IA se utilizarán, como herramientas para el diseño de diapositivas (por ejemplo, Beautiful.ai, Canva), generación de video (por ejemplo, Synthesia, Pictory) o contenido interactivo (por ejemplo, Mentimeter, Poll Everywhere).
- Acceso a las Herramientas: Asegurarse de que todos los ponentes tengan acceso a las herramientas, incluyendo las licencias necesarias. Puede que haya que adquirir licencias para los ponentes o proporcionarles versiones de prueba.

C. Preparar y Compartir Instrucciones:

- Tutoriales: Proporcionar instrucciones detalladas sobre cómo utilizar las herramientas de IA seleccionadas. Esto podría incluir guías escritas, tutoriales en video o sesiones de capacitación en vivo.
- Plantillas: Suministrar plantillas de presentación o diapositivas prediseñadas que los ponentes puedan personalizar. Estas deben estar alineadas con el tema y la marca de la conferencia.
- Listas de Verificación: Crear una lista de verificación para que los ponentes se aseguren de cubrir todos los elementos requeridos, como la inclusión de contenido generado por IA, un estilo coherente.

-Fin de la consulta a Chat GPT

Es importante mencionar que no basta con la propuesta de una actividad determinada por el coordinador del evento, sino que también se requiere la aceptación y el conocimiento de los ponentes. ¿Será posible crear conferencias, congresos o actividades profesionales con la participación exclusiva de la IA, donde tanto organizadores como ponencias las generan solo por estas plataformas?

En este punto vale la pena la pregunta de qué va a pasar con los expositores de congresos, seminarios o cualquier tipo de reunión profesional, y con los académicos en las universidades.

¿Seguirán siendo necesarios? Se ha publicado que, entre las profesiones que pueden desaparecer con la IA, los docentes están en primera fila.

Es evidente que esto ocurrirá si no se adaptan y aprovechan las novedades de la IA. Si un académico solo sirve para transmitir conocimientos, está destinado a ser sustituido por una IA que lo haga mucho mejor e instantáneamente.

II.- Implementación de herramientas de IA en el aula: Asignatura Bases Moleculares del Cáncer

La inteligencia artificial (IA) está transformando el sector educativo profesional de diversas maneras. Según Kolade et al., las nuevas fronteras en el aprendizaje y la evaluación en la educación superior están siendo exploradas con la ayuda de tecnologías avanzadas.

La implementación de la IA en los procesos de enseñanza-aprendizaje en educación representa, sin duda, una oportunidad de mejora. En este contexto, los profesores que impartimos la asignatura Bases Moleculares del Cáncer decidimos utilizar la IA como estrategia de enseñanza en el aula. Nos planteamos como objetivo evaluar el impacto del uso de un modelo de lenguaje generativo como Chat GPT en el proceso de enseñanza-aprendizaje, con énfasis en:

- Familiarizar a los estudiantes con modelos de lenguaje generativo.
- Generar contenido científico especializado.
- Desarrollar una metodología de evaluación objetiva.

La población de estudio consistió en 140 estudiantes de Bases Moleculares del Cáncer, correspondientes a los inscritos en tres semestres.

El protocolo de implementación consideró las siguientes fases:

1. Planificación detallada de actividades.
2. Selección del modelo de IA (Chat GPT).
3. Ensayo previo de herramientas.

4. Realización de ajustes.
5. Definición de criterios de evaluación.

Según Kolade et al. (2023), herramientas como Chat GPT están abriendo “nuevas fronteras en el aprendizaje y la evaluación en la educación superior”. Nuestro estudio corrobora esta perspectiva, mostrando que:

- El 90% de los estudiantes lograron un rendimiento académico sobresaliente.
- ChatGPT demostró ser efectivo para:
 - Generar contenido original.
 - Profundizar conocimientos.
 - Desarrollar habilidades cognitivas.

Se muestran resultados prometedores en cuanto al rendimiento académico de los estudiantes, la generación de contenido original, la profundización de conocimientos y el desarrollo de habilidades cognitivas.

Pensamos que estos datos conllevan implicaciones futuras, ya que esta investigación amplía esta idea al demostrar el potencial de la IA para personalizar rutas de aprendizaje y proporcionar retroalimentación inmediata a los estudiantes.

Conclusión

La implementación de la IA en la enseñanza universitaria a nivel profesional ofrece un vasto potencial para mejorar la educación, personalizando el aprendizaje, automatizando tareas administrativas y ampliando el acceso a la educación global. Sin embargo, también presenta riesgos significativos, como la deshumanización del aprendizaje, la perpetuación de sesgos y la dependencia excesiva de la tecnología. Para maximizar los beneficios de la IA en la educación, es crucial abordar estos desafíos de manera proactiva, asegurando que la tecnología complemente, en lugar de reemplazar, la enseñanza y el aprendizaje tradicionales.

Reflexión

Se puede solicitar a la IA que sea “yo, sin ser yo”, quien imparta la conferencia. Para ello, se le puede proporcionar una fotografía reciente mía y solicitar que el tema creado por la IA parezca que lo estoy presentando yo, coordinando la lectura del texto con el movimiento de mis labios. Además, la presentación la pueden hacer otra persona o incluso un robot diseñado a mi gusto. Se pueden especificar detalles como el tono de la presentación (con gusto, seriedad, chistes, alegría, tristeza, etc.), y las combinaciones son infinitas. También se puede añadir como fondo cualquier dibujo, foto o video elegido antes.

A la IA, le pueden pedir correos de cada alumno, que les asigne preguntas o tareas sobre el tema de la clase y que las corrija inmediatamente, tanto como se quiera como el alumno lo solicite. Se le puede pedir que evalúe varios aspectos, como ortografía, redacción, comprensión del tema, etc., y finalmente, que califique a los alumnos. Es importante destacar que el alumno tiene disponible este tutor virtual a cualquier hora, en cualquier lugar e incluso en cualquier idioma.

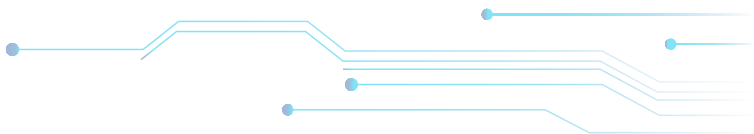
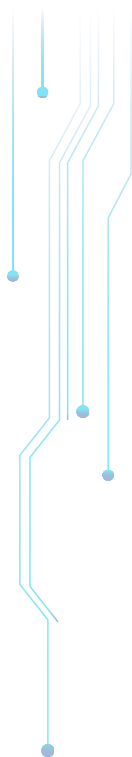
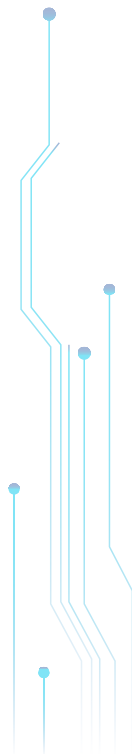
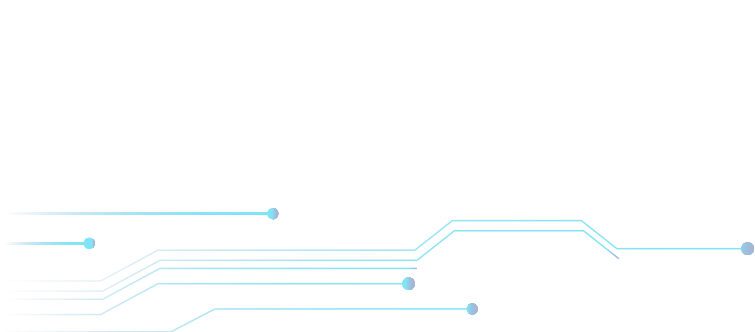
La utilización de la IA como tutor individualizado para cada alumno ya es una realidad. El sueño de cualquier académico se está materializando al poder apoyar individualmente a cada alumno, independientemente del número de estos, y resolver todas sus dudas en cualquier momento y lugar, ajustándose a las capacidades de cada uno. Se supera así la limitación de que el alumno no pueda preguntar al profesor todas sus dudas en cualquier horario fuera de clase, y se atiende a cada uno según sus capacidades, con un “tutor personalizado”.

Referencias

Coursera. Personalización del aprendizaje mediante IA. Disponible en: <https://www.coursera.org>.

Chat GPT: <https://openai.com/es-419/index/chatgpt/>

Kolade A, et al. Nuevas fronteras en el aprendizaje y la evaluación en la educación superior. *Journal of Educational Technology*. 2023;45(2):123-145.



Inteligencia Artificial en la Evaluación del Aprendizaje: Transformando la Educación del Siglo XXI

Enrique Escalera Zúñiga
Carina Gutiérrez Iglesias
Gloria Margarita Reyes Iriar

Resumen

La evaluación del aprendizaje es un proceso esencial y reflexivo que busca comprender el progreso de los estudiantes mediante información cuantitativa y cualitativa. En este contexto, la Inteligencia Artificial (IA) emerge como una herramienta disruptiva que transforma los métodos tradicionales de evaluación al permitir procesos automatizados, personalizados y más eficientes. Se destacan tres enfoques clave: evaluación del, para y como aprendizaje, donde el estudiante asume un papel más activo y consciente. La integración de la IA en la evaluación requiere también una revisión de los planes de estudio, promoviendo una formación flexible, actualizada y acorde con las necesidades sociales y tecnológicas. Esta transformación no solo depende del profesorado, sino de una responsabilidad compartida entre docentes, estudiantes e instituciones, con el objetivo de responder de forma pertinente a los retos del siglo XXI.

Objetivo General

Analizar el impacto y las posibilidades de la Inteligencia Artificial en los procesos de evaluación del aprendizaje, destacando su papel en la transformación educativa, la actualización curricular y el desarrollo de competencias tecnológicas en docentes y estudiantes para responder a los desafíos contemporáneos.

Fundamentos de la Evaluación del Aprendizaje

La **evaluación del aprendizaje** es un **proceso sistemático y reflexivo** para la obtención de información, tanto cuantitativa como cualitativa, sobre el progreso, conocimientos, habilidades y actitudes del estudiantado, para comparar con las metas institucionales y con ellas promover otras estrategias de enseñanza-aprendizaje, afianzar las que se tienen o, en conjunto con los directivos, cambiar el rumbo de lo que hasta ese momento se ha llevado a cabo.

De manera tradicional se pueden considerar cinco tipos de evaluaciones:

Estrategias Diversificadas para una Evaluación Educativa Efectiva

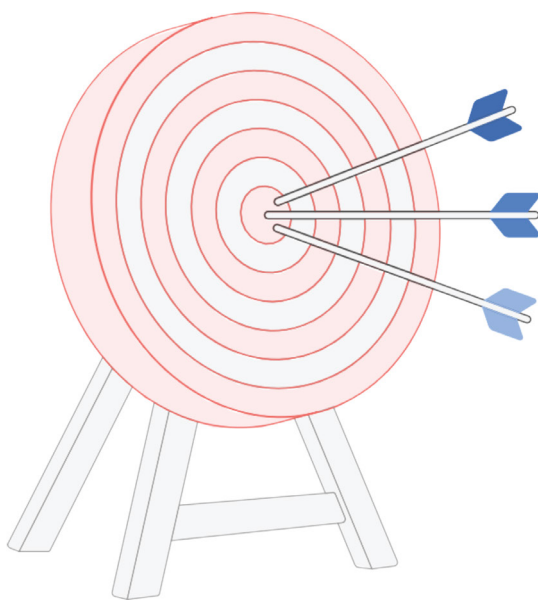


Figura 1. Estrategias diversificadas para una evaluación educativa efectiva.¹

¹ Todos los esquemas han sido creados con la herramienta de IA Napkin.

El término *assessment of-for-as learning* (**evaluación del-para-como aprendizaje**), es un enfoque tridimensional en auge, redefine la evaluación al involucrar activamente al estudiante, quien asume la responsabilidad de su propio proceso de aprendizaje. (Sánchez Mendiola y Martínez González, 2022)

- **Evaluación del aprendizaje** (*assessment of learning*): Se centra en la evaluación sumativa, que mide y documenta el aprendizaje al final de un período, como exámenes o calificaciones.
- **Evaluación para el aprendizaje** (*assessment for learning*): Se enfoca en la evaluación formativa, que ocurre durante el proceso de aprendizaje para proporcionar retroalimentación y guiar la instrucción.
- **Evaluación como aprendizaje** (*assessment as learning*): Empodera a los estudiantes para que se conviertan en evaluadores de su propio aprendizaje, fomentando la metacognición y la autorregulación.



Evaluación como Aprendizaje

Empodera la autorregulación



Evaluación para el Aprendizaje

Proporciona retroalimentación durante el aprendizaje



Evaluación del Aprendizaje

Mide el aprendizaje al final

Figura 2. Elementos del Assessment of-for-as learning.

Inteligencia Artificial y su Aplicación en la Evaluación

La Inteligencia Artificial (IA) ha emergido como una tecnología clave en la transformación de diversos sectores, incluido el educativo. En el ámbito de la evaluación del aprendizaje, la IA ofrece herramientas innovadoras que permiten optimizar procesos, reducir la carga administrativa para los docentes y proporcionar una retroalimentación más precisa y personalizada a los estudiantes. Esta herramienta disruptiva supone o establece los inicios de la cuarta revolución industrial y cambios en el paradigma actual del proceso educativo, así como en otras muchas áreas. (Ubal Camacho et al., 2023)



Figura 3. Las cuatro revoluciones industriales

Esta última revolución está transformando la educación mediante el uso de la inteligencia artificial en las diversas etapas del proceso formativo, como lo son estrategias de enseñanza, en la evaluación del aprendizaje, la personalización del contenido y la optimización de los planes de estudio.

Entre las diversas aplicaciones de la AI que se vislumbran están:

- Tutoría personalizada
- Aprendizaje adaptativo

- Generación de contenidos a la carta.
- Evaluación automatizada
- Detección de emociones y estados de ánimo

Esta nueva, aunque no para todos los sectores, viene a establecer poco a poco un nuevo paradigma y que como cualquier otro que se ha establecido, no está exenta de partidarios y detractores de virtudes y defectos, de ventajas y desventajas, pero es con lo que a nuestros estudiantes les toca coexistir, como lo fue en su momento la ofimática para muchos de nosotros.

Transformación de los Planes de Estudio para Integrar la IA

Por lo anterior se hace necesario que los Planes de Estudios (**PE**) estén lo más cercanos a la realidad que enfrentan los alumnos satisfaciendo las necesidades sociales y tecnológicas, si bien es cierto ningún plan de ninguna institución satisface cabalmente esas necesidades, en parte se debe a que el proceso de evaluación y pertinencia de actualización o modificación del PE conlleva un cierto tiempo, lo suficiente para asegurar lo más posible la formación de profesionistas útiles a la sociedad.

No obstante, cuando los cuerpos colegiados deliberan sobre la necesidad de una modificación curricular, la sociedad a la que originalmente se dirigía dicho plan de estudios ha experimentado una transformación concomitante, alterando sus requerimientos educativos. En consecuencia, resulta imperativo concebir PE inherentemente adaptables a las exigencias contextuales emergentes, en la medida que las limitaciones inherentes a su diseño lo permitan.

Como se ha señalado previamente, la naturaleza intrínsecamente dinámica de la sociedad imposibilita la concepción de un PE que conserve una atemporalidad y, a su vez, una actualización perpetua. No obstante, resulta factible el diseño de programas académicos con la flexibilidad necesaria para que el cuerpo docente pueda incorporar los temas emergentes relevantes, como hoy lo es la IA, para el contexto social actual. De esta manera, mediante la deliberación y la participación colegiada, se posibilita una actualización temática *in situ*, adaptando el currículo a las necesidades cambiantes de la sociedad.

IA en la Evaluación y el Diseño Curricular

Si bien la inteligencia artificial (IA) es percibida por algunos sectores de la comunidad académica como una fuerza disruptiva, es fundamental reconocer su potencial como herramienta de apoyo en las estrategias docentes. La integración reflexiva de la IA puede facilitar significativamente la labor del educador, permitiendo una atención más individualizada a grupos estudiantiles cada vez más numerosos. En este sentido, y aunque pueda parecer paradójico, un incremento en el número de alumnos podría coexistir con una comunicación asistida y personalizada. Adicionalmente, la IA ofrece la posibilidad de optimizar los procesos de evaluación, incluyendo la calificación de exámenes y la corrección de diversos instrumentos, lo que permitiría a los docentes focalizar sus esfuerzos en el seguimiento y la promoción de estrategias cognitivas de orden superior. (Orozco Vaca et al., 2025).

Herramientas y Tecnologías de IA para la Evaluación

La elaboración de una lista exhaustiva de herramientas basadas en inteligencia artificial (IA) aplicables al proceso evaluativo devendría en un ejercicio de utilidad efímera, dada la proliferación constante de nuevos modelos de IA. Al igual que con otras tecnologías, la dinámica competitiva inherente al desarrollo de la IA impulsa una innovación continua, desafiando la primacía de las herramientas existentes. No obstante, es posible identificar directrices estratégicas que orientan el desarrollo de estas herramientas en el ámbito de la evaluación:

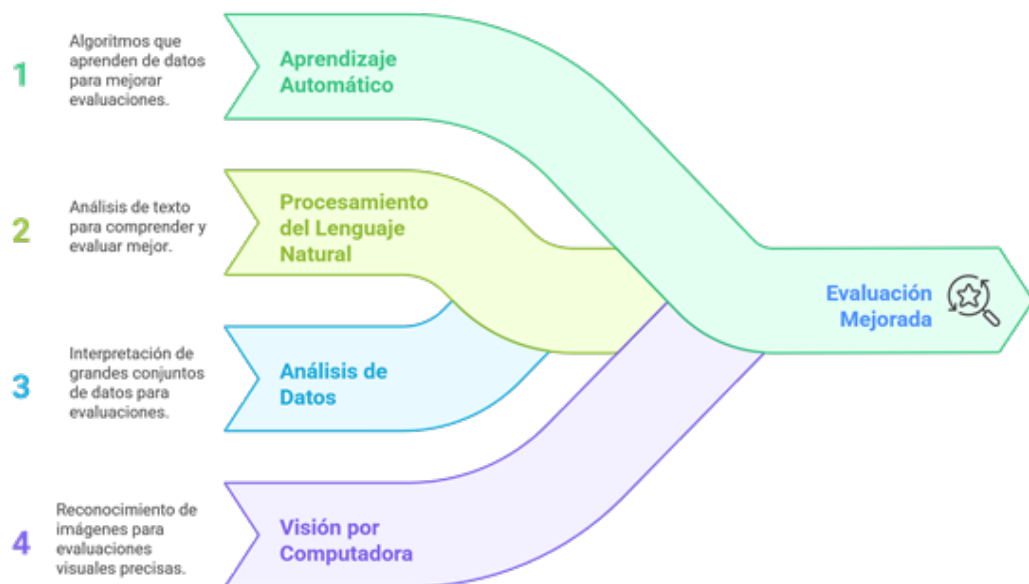


Figura 4. Directrices estratégicas para incorporar la IA a la evaluación

Perspectivas Futuras y Recomendaciones

Los profesionales de la docencia, tanto en el presente como en el futuro, requerirán progresivamente el desarrollo o la adquisición de competencias tecnológicas que complementen su experticia pedagógica. Estas habilidades abarcan un espectro que va desde el dominio básico de las tecnologías de la información y la comunicación hasta la integración pedagógica efectiva de diversas herramientas y plataformas digitales, incluyendo la capacidad de adaptación a las tecnologías emergentes.(Paniagua Centurión, 2023).

Sin embargo, es crucial reconocer que la responsabilidad de una integración tecnológica efectiva en el ámbito educativo no recae exclusivamente en el profesorado. Diversos factores exógenos pueden obstaculizar este proceso.

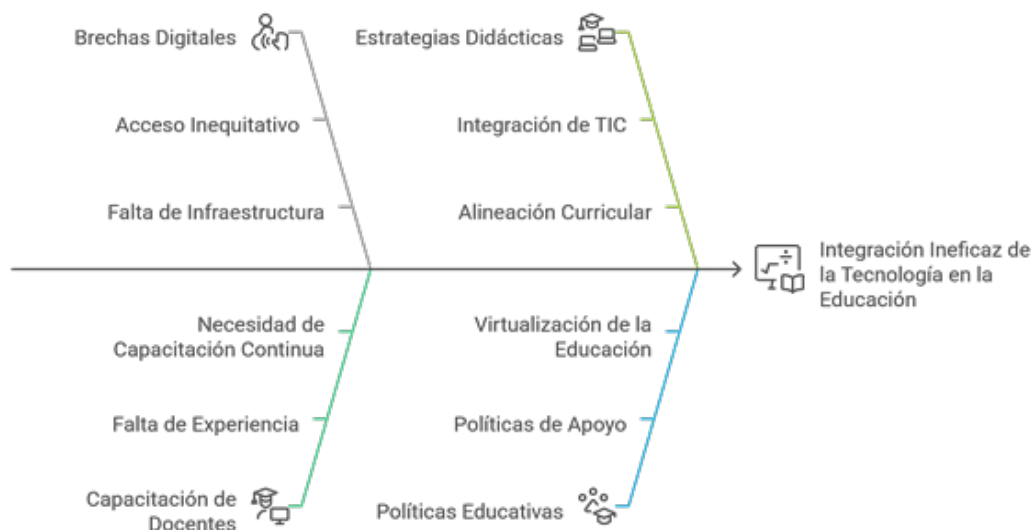


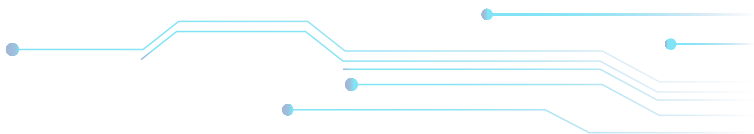
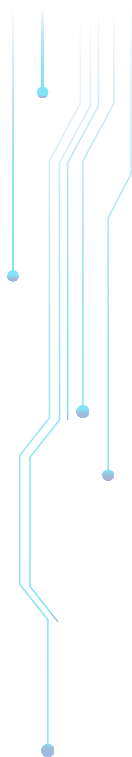
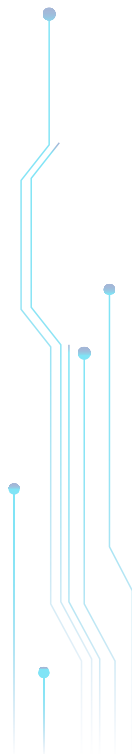
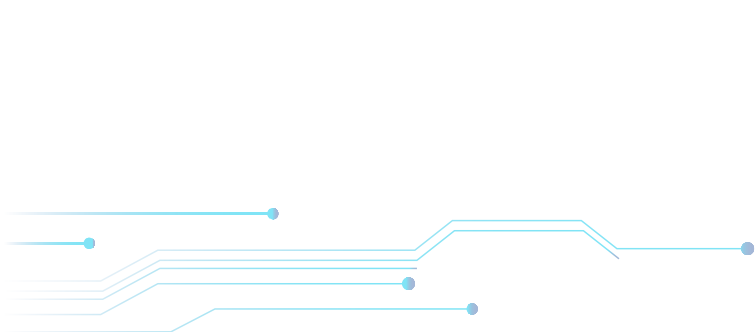
Figura 5. Algunas causas de una mala integración de tecnologías.

De lo expuesto se infiere que la consecución de una integración tecnológica exitosa en la educación constituye una responsabilidad compartida entre el alumnado, el profesorado y las autoridades institucionales, todos ellos comprometidos intrínsecamente con el proceso de enseñanza-aprendizaje. Para concluir, consideramos pertinente evocar una reflexión del Dr. Ignacio Chávez al asumir el rectorado de nuestra *alma mater*, la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), el 19 de enero de 1961 (Chávez, 1961) la cual refleja la importancia de atender las necesidades sociales acorde a la ciencia y la técnica del momento.

Para que la Universidad cumpla su cometido, es menester revisar las normas de enseñanza y de educación, buscando respuestas nuevas para las grandes preguntas de nuestro tiempo. Se deben preparar profesionistas de hoy, con la ciencia y la técnica de hoy y no con la de ayer, y para lograr todo esto se requiere que cada quién ocupe su puesto con la consciencia lúcida de su papel. Que el maestro enseñe y que oriente de verdad; que el alumno estudie y madure de verdad; que el funcionario guíe y coordine de verdad; todos con la misma convicción, movidos por el mismo impulso; todos poseídos por la misma mística.

Referencias

- Chávez, I. (1961, febrero 13). *Ignacio Chávez Discurso* [Revista de la Universidad de México]. Discurso | Revista de la Universidad de México. <https://www.revistadelauniversidad.mx/articles/4078ed68-c45e-466c-80ef-2fd54483116b/discurso>
- Orozco Vaca, N. M., Rodríguez Wong, C., Méndez Encalada, G. M., González Castro, D. M., C Estrada Alarcón, D. X. (2025). La relevancia de integrar la inteligencia artificial en los diseños curriculares de la educación superior.: The relevance of integrating artificial intelligence in higher education curricular designs. *Revista Científica Multidisciplinar G-nerando*, c(1). <https://doi.org/10.60100/rcmg.v6i1.447>
- Paniagua Centurión, E. C. (2023). Competencias tecnológicas en los docentes. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(3), 7628–7654. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i3.6751
- Sánchez Mendiola, M., C Martínez González, A. (Eds.). (2022). *Evaluación y aprendizaje en educación universitaria: Estrategias e instrumentos* (1a ed.). Coordinación de Universidad Abierta, Innovación Educativa y Educación a Distancia (CUAIEED), UNAM. <https://cuaed.unam.mx/publicaciones/libro-evaluacion/>
- Ubal Camacho, M., Tambasco, P., Martínez, S., C García Correa, M. (2023). El impacto de la Inteligencia Artificial en la educación. Riesgos y potencialidades de la IA en el aula. *RiiTE Revista interuniversitaria de investigación en Tecnología Educativa*, 15, 41–57. <https://doi.org/10.6018/riite.584501>



Inteligencia artificial en la formación y práctica profesional del psicólogo: oportunidades, retos y perspectivas

Alan Alexis Mercado Ruiz
Alejandra Luna García

Introducción

La inteligencia artificial (IA) se describe como *“el estudio de los agentes que reciben percepciones del entorno y ejecutan acciones que maximizan sus probabilidades de éxito”* (Russell & Norvig, 2021). Esta definición considera desde sistemas simbólicos clásicos hasta modelos de aprendizaje profundo, los cuales son capaces de extraer patrones complejos a partir de grandes volúmenes de datos. Organismos internacionales, como la UNESCO (2021), mencionan que la IA en educación puede ayudar a un proceso de enseñanza más personalizado, automatizar tareas cotidianas y a ampliar el acceso al conocimiento siempre que se integre con criterios de equidad, ética y transparencia.

Para dimensionar su alcance es conveniente contrastarla con una herramienta más familiar: el motor de búsqueda tradicional, por ejemplo: Google. Un buscador indexa millones de páginas y, ante una cadena de *palabras clave*, localiza documentos que contengan esos términos u otros relacionados con ellos. La responsabilidad de interpretar los resultados recae en el usuario (Brin & Page, 1998). Se trata, en esencia, de un sistema de recuperación de información basado en coincidencias léxicas y en la popularidad de los enlaces.

La IA da un salto cualitativo y cuantitativo respecto a ese enfoque centrado en palabras exactas. Los modelos de lenguaje a gran escala llamados “Modelos de fundación” generan

representaciones vectoriales que capturan significados contextuales, permiten inferir relaciones conceptuales y producir texto coherente a partir de peticiones complejas (Brown et al., 2020; Bommasani et al., 2022). Así, ante la solicitud *“explica cómo la ansiedad afecta la memoria de trabajo”*. Un sistema generativo no solo encuentra artículos pertinentes: sintetiza hallazgos, compara resultados y entrega una respuesta integrada, algo que un buscador clásico no realiza sin intervención humana.

Esta transición de ¿dónde está la información? a ¿qué significa y cómo aplicarla? abre oportunidades inéditas para la formación del psicólogo y su práctica profesional. En el aula, tutores inteligentes pueden adaptar contenidos de estadística o psicometría al ritmo de cada estudiante; en la clínica, *“chatbots”* como Woebot y Wysa ofrecen intervenciones basadas en terapia cognitivoconductual y apoyo emocional inicial, con evidencia preliminar de efectividad (Fitzpatrick et al., 2017; Inkster et al., 2018). Reconocer la diferencia entre *“buscar”* e *“interpretar/aprender”* es, por tanto, el primer paso para entender por qué la IA está redefiniendo la educación y el ejercicio de la psicología oportunidad que exploraremos a fondo en lo siguiente.

Oportunidades para las y los psicólogos en formación y en la práctica profesional

La inserción de la inteligencia artificial (IA) en salud mental abre una doble vía de posibilidades transformadoras y desafíos éticostécnicos. A continuación, se presentan los puntos más decisivos para la formación universitaria y la práctica clínica del psicólogo, así como sus implicaciones para los pacientes.

Personalización del aprendizaje y supervisión clínica simulada. En el aula, existen aplicaciones de inteligencia artificial que analizan el desempeño del estudiante, ajustan el nivel de dificultad y el tipo de retroalimentación en materias críticas, por ejemplo: estadística o psicometría, logrando mejoras significativas en rendimiento y satisfacción cuando se integran dentro de un diseño instruccional claro (UNESCO, 2021). Simultáneamente, en algunos entornos de realidad virtual (RV), los pacientes virtuales generados por IA permiten al futuro psicólogo practicar entrevistas diagnósticas o la aplicación de pruebas proyectivas sin comprometer la seguridad de usuarios reales (Bommasani et al., 2022).

Herramientas de apoyo al tratamiento. En la práctica profesional, los modelos de lenguaje natural ya son capaces de detectar marcadores de depresión o riesgo suicida en texto y voz, y de generar borradores de notas clínicas, reduciendo la carga de trabajo y permitiendo dedicar más tiempo a la relación terapéutica directa (American Psychological Association, 2024). *Chatbots* basados en terapia cognitivoconductual (TCC) como *Woebot* o *Wysa* han demostrado reducciones sencillas pero significativas en síntomas de depresión y ansiedad, además de alta alianza terapéutica percibida (Fitzpatrick et al., 2017; Inkster et al., 2018).

Acceso y autonomía del paciente. Para los usuarios, la IA facilita un apoyo disponible en todo momento, anónimo y libre de estigma. En un estudio cualitativo con diecinueve personas usuarias de *chatbots* generativos, varios describieron la experiencia como un “santuario emocional” que fomenta la reflexión y la regulación afectiva (Siddals et al., 2024).

Retos para las y los psicólogos en formación y en la práctica profesional

Privacidad y seguridad de datos clínicos. La historia clínica, transcripciones y grabaciones de voz almacenadas en la nube exponen a pacientes y profesionales a filtraciones e identificación de los pacientes si no se siguen estándares como los establecidos en el Código Ético del Psicólogo Mexicano (Sociedad Mexicana de Psicología [SMP], 2010). La *American Psychological Association* subraya que las evaluaciones de riesgo y la protección de datos deben preceder a cualquier despliegue de IA en salud mental (APA, 2024).

Relación terapéutica y deshumanización. Expertos advierten que los *chatbots* no reemplazan la empatía genuina ni la alianza que sustenta el cambio psicológico. El presidente de la *British Psychological Society* señala que la IA puede crear “una ilusión de conexión” y nunca debe considerarse sustituta de la interacción humana (Raczka, 2025). Asimismo, algunos psicólogos clínicos denuncian casos de *chatbots* que ofrecieron consejos peligrosos para trastornos de la conducta alimentaria, exhibiendo la ausencia de matices y supervisión (Milmo, 2025).

Brecha de competencias profesionales. La *American Psychological Association* (2024) reporta que 71 % de los psicólogos estadounidenses aún no utiliza herramientas de IA y un tercio no planea hacerlo, revelando la necesidad urgente de alfabetización algorítmica y formación continua (APA, 2024). Actualmente, no existen estadísticas oficiales que indiquen

cuántos psicólogos en México o América Latina utilizan inteligencia artificial (IA) en su práctica profesional. Sin embargo, algunos autores sugieren que el uso de herramientas de IA en la psicología está en aumento, especialmente en áreas como el manejo y seguimiento de pacientes, así como del apoyo terapéutico (De la Fuente & Armayones, 2025).

Vacíos regulatorios y responsabilidad legal. Si una decisión clínica basada en IA causa daño, ¿quién responde: el desarrollador, la institución, el profesional? La ausencia de lineamientos específicos complica la rendición de cuentas y retrasa la adopción segura (UNESCO, 2021).

El uso de la IA en la práctica profesional del psicólogo

La integración de la inteligencia artificial (IA) en la educación superior ha dejado de ser una promesa futurista para convertirse en una realidad que transforma progresivamente la formación del psicólogo y su ejercicio profesional. Más allá de las oportunidades ya exploradas en la introducción, es necesario profundizar en cómo esta tecnología está siendo aplicada de manera concreta en los contextos formativos y clínicos, así como en los desafíos estructurales y éticos que acompañan su expansión.

En el ámbito educativo, las instituciones de educación superior han comenzado a incluir competencias relacionadas con la IA en sus planes de estudio. Estas abarcan desde la alfabetización digital hasta el análisis ético de herramientas tecnológicas, pasando por el manejo de plataformas digitales de intervención psicológica. En otros casos, estas habilidades no se integran como asignaturas aisladas, sino como contenidos transversales dentro de áreas como estadística, evaluación psicológica o ética profesional (Costa et al., 2024). Esta inclusión curricular responde a la necesidad de preparar a los futuros profesionales para interactuar críticamente con tecnologías que ya forman parte del ecosistema de salud mental.

Otro eje de transformación se da a través del uso de plataformas de aprendizaje adaptativo que, mediante algoritmos de “*machine learning*” (Aprendizaje automático), analizan el rendimiento de cada estudiante y ofrecen rutas personalizadas de estudio. Estas herramientas permiten identificar lagunas de conocimiento y ajustar el ritmo y dificultad de los contenidos, lo que ha demostrado mejorar la retención del aprendizaje y aumentar la percepción de autoeficacia del alumno (McCutcheon & Bandy, 2024). Si bien su efectividad depende del acompañamiento pedagógico de los profesores, diversos estudios confirman

su utilidad en asignaturas tradicionalmente complejas como la estadística y la psicometría (Gligorea et al., 2023).

De forma complementaria, la formación práctica se está beneficiando del uso de simuladores y pacientes virtuales. A través de entornos de realidad virtual y modelos conversacionales interactivos, los estudiantes pueden practicar entrevistas clínicas, realizar diagnósticos diferenciales o incluso simular intervenciones ante crisis, todo en un espacio controlado que evita riesgos para los usuarios reales. Estos simuladores no solo incrementan la autoeficacia clínica, sino que también permiten evaluar el razonamiento profesional mediante analíticas de aprendizaje, más allá de la mera observación (Imam et al., 2024; Reger et al., 2021).

En el ejercicio profesional, las aplicaciones de la IA son aún más variadas. En el campo del diagnóstico, por ejemplo, algunos modelos de procesamiento de lenguaje natural (PLN) pueden analizar textos de diarios personales, mensajes en redes sociales o registros de voz para identificar marcadores de depresión, ansiedad o riesgo suicida. Algunas investigaciones indican que la precisión diagnóstica de estos sistemas puede ser comparable a escalas estandarizadas autoadministradas (APA, 2023). Asimismo, en psicología organizacional se están utilizando sistemas de analítica predictiva para monitorear niveles de *burnout* mediante el análisis de conductas digitales, como el ritmo de respuestas a correos electrónicos o la duración de sesiones virtuales.

Los *chatbots* terapéuticos son quizá uno de los desarrollos más visibles y controvertidos. Estas aplicaciones, entrenadas en enfoques como la terapia cognitivo-conductual (TCC), ofrecen intervenciones breves, disponibles en todo momento, que incluyen psicoeducación, ejercicios de reestructuración cognitiva y apoyo emocional. Algunos metaanálisis recientes confirman efectos positivos modestos, particularmente en síntomas de ansiedad y depresión, con altas tasas de adherencia cuando los *bots* integran lenguaje empático y recordatorios personalizados (Fitzpatrick et al., 2017; Inkster et al., 2018; Li et al., 2023). No obstante, la eficacia a largo plazo de estas intervenciones sigue siendo un área en desarrollo.

Otro uso extendido de la IA en la práctica clínica es la automatización de procesos administrativos. Herramientas como *Suki* o *DAX Copilot* transcriben las grabaciones de las sesiones terapéuticas, generan borradores de reportes psicológicos y sugieren codificaciones diagnósticas de acuerdo con el DSM-5. Estas funciones pueden ahorrar tiempo destinado a tareas no clínicas, permitiendo que los psicólogos se concentren en la relación terapéutica (APA, 2024).

A pesar de estos avances, la implementación de la IA en psicología también enfrenta retos estructurales. Entre ellos, uno de los más urgentes es el sesgo algorítmico, que puede traducirse en diagnósticos erróneos, especialmente en poblaciones subrepresentadas en los datos de entrenamiento. A ello se suma la poca claridad de muchos modelos, lo cual dificulta la transparencia necesaria para el consentimiento informado y la supervisión clínica. En este sentido, se requiere el desarrollo de los diagnósticos por parte del terapeuta y reportes de confianza que indiquen márgenes de error o incertidumbre en las recomendaciones (Bunnell et al., 2025).

La protección de la privacidad es otro tema crucial, ya que muchos sistemas de IA operan en la nube, almacenando narrativas clínicas, audios e incluso datos personales de los pacientes. La adopción de medidas como el cifrado “de extremo a extremo”, evitar datos que vinculen a la identidad del paciente y el cumplimiento estricto de regulaciones como los establecidos en el Código Ético del Psicólogo Mexicano (SMP, 2010) son mínimos éticos indispensables (APA, 2023). A esto se suma la necesidad de clarificar la responsabilidad ética y legal en caso de errores clínicos: si una decisión tomada con ayuda de IA genera un daño, ¿A quién responde: el desarrollador, el psicólogo, la institución?

Finalmente, es fundamental reconocer la brecha generacional y de competencias entre profesionales. Mientras algunos psicólogos recién egresados se sienten cómodos usando IA como apoyo, otros profesionales muestran resistencia o desconocimiento sobre su funcionamiento básico. Para superar esta brecha se requieren programas de formación continua, y espacios institucionales de aprendizaje significativo y colaborativo (McCutcheon & Bandy, 2024).

En perspectiva, los próximos años verán avances en el uso de modelos multimodales que integren voz, texto y video para generar perfiles clínicos más precisos. Asimismo, se consolidarán los sistemas de generación de texto enriquecida con evidencia científica (RAG, por sus siglas en inglés), capaces de reducir los errores conocidos como “alucinaciones” en los modelos generativos. Paralelamente, la analítica de aprendizaje permitirá a las universidades desarrollar estrategias personalizadas de prevención del rezago académico. No obstante, para que estas innovaciones sean viables y seguras, se requiere un marco normativo internacional que incluya la obligación de supervisión humana, la transparencia algorítmica y la evaluación posterior al despliegue de las herramientas.

Conclusión

La incorporación de la inteligencia artificial en la formación y ejercicio profesional del psicólogo constituye un cambio estructural en las formas de enseñar, aprender y brindar atención en salud mental. A diferencia de tecnologías previas centradas en la simple recuperación de información, la IA actual se caracteriza por su capacidad de generar conocimiento, adaptarse al contexto y aprender de forma continua (Russell & Norvig, 2021). Esta evolución abre oportunidades sin precedentes, tanto para los estudiantes en formación como para los profesionales en ejercicio.

En el plano educativo, la IA permite personalizar el aprendizaje, simular escenarios clínicos complejos y desarrollar competencias críticas para las demandas de la actualidad. Los simuladores virtuales, los tutores inteligentes y las plataformas de aprendizaje han demostrado ser aliados oportunos en el fortalecimiento de habilidades clínicas y en la mejora del rendimiento académico (Iman et al., 2024; McCutcheon & Bandy, 2024). Sin embargo, estos avances deben enmarcarse en un enfoque pedagógico reflexivo, donde el profesor asuma un rol de mediador crítico y no de simple facilitador tecnológico (Costa et al., 2024).

En el ámbito clínico, la IA ya es utilizada en el análisis de síntomas, el apoyo al diagnóstico y la intervención mediante *chatbots* terapéuticos. Si bien estos recursos pueden complementar el trabajo del psicólogo, especialmente en contextos de alta demanda o escasez de profesionales, es fundamental reconocer sus límites. La relación terapéutica, basada en la empatía, la contención emocional y la alianza interpersonal, no puede ser sustituida por una máquina (Lin, 2024). Además, la falta de transparencia en el funcionamiento de la IA, los sesgos en los datos de entrenamiento y los vacíos legales constituyen riesgos éticos que deben ser atendidos con urgencia (APA, 2023; Iman et al., 2024).

Así, la IA no debe ser vista como un sustituto del psicólogo, sino como una herramienta con potencial cuando es utilizada de manera crítica, ética y contextualizada. Para lograrlo, se requiere una actualización curricular que incluya formación en ética de la tecnología, alfabetización digital avanzada y evaluación de sistemas inteligentes. Asimismo, es necesario el diseño de marcos normativos que garanticen la seguridad de los datos, la rendición de cuentas ante errores clínicos y la supervisión de profesionales de la salud obligatoria en todos los procesos de atención.

Finalmente, la IA representa una oportunidad para reinventar la psicología en su dimensión formativa y profesional. Pero su exitosa implementación dependerá de la capacidad de la comunidad académica y clínica para combinar la innovación tecnológica con los principios éticos fundamentales que sostienen la práctica psicológica: el respeto por la dignidad humana, la responsabilidad profesional y el compromiso con el bienestar de las personas.

Referencias

- American Psychological Association. (2023). Psychology embraces AI. *Monitor on Psychology*. <https://www.apa.org/monitor/2023/07/psychology-embracing-ai>
- American Psychological Association. (2024). *Practitioner Pulse Survey 2024: Psychologists' attitudes toward artificial intelligence*. <https://www.apa.org/pubs/reports/practitioner/2024>
- Bommasani, R., Hudson, D. A., Adeli, E., Altman, R., Arora, S., von Arx, S., ... Liang, P. (2022). *On the opportunities and risks of foundation models* (Technical Report). Stanford Institute for HumanCentered Artificial Intelligence. <https://crfm.stanford.edu/report.html>
- Brin, S., & Page, L. (1998). The anatomy of a large-scale hypertextual Web search engine. *Computer Networks and ISDN Systems*, 30(1–7), 107–117. [https://doi.org/10.1016/S0169-7552\(98\)00110-X](https://doi.org/10.1016/S0169-7552(98)00110-X)
- Brown, T. B., Mann, B., Ryder, N., Subbiah, M., Kaplan, J., Dhariwal, P., ... Amodei, D. (2020). *Language models are fewshot learners* (arXiv:2005.14165). arXiv. <https://arxiv.org/abs/2005.14165>
- Bunnell, D. J., Bondy, M. J., Fromtling, L. M., Ludeman, E., & Gourab, K. (2025). *Bridging AI and healthcare: A scoping review of retrieval-augmented generation—ethics, bias, transparency, improvements, and applications* [Preprint]. *medRxiv*. <https://doi.org/10.1101/2025.04.01.25325033>
- Costa, C., Husain-Habib, N., & Reiter, A. (2024). Integrating AI Into Education: Successful Strategies, Ideas, and Tools From Psychology Instructors. *Teaching of Psychology*, 0(0). <https://doi.org/10.1177/00986283241297635>

- De la Fuente, D., y Armayones, M. (2025). La IA en la práctica psicológica: ¿qué existe y cómo puede ayudar en psicología asistencial? *Papeles del Psicólogo/ Psychologist Papers*, 46(1), 18-24. <https://doi.org/10.70478/pap.psicol.2025.46.03>
- Fitzpatrick, K. K., Darcy, A., & Vierhile, M. (2017). Delivering cognitive behavior therapy to young adults with symptoms of depression and anxiety using a fully automated conversational agent (Woebot): A randomized controlled trial. *JMIR Mental Health*, 4(2), e19. <https://doi.org/10.2196/mental.7785>
- Gligorea, I., Cioca, M., Oancea, R., Gorski, A.-T., Gorski, H., & Tudorache, P. (2023). Adaptive Learning Using Artificial Intelligence in e-Learning: A Literature Review. *Education Sciences*, 13(12), 1216. <https://doi.org/10.3390/educsci13121216>
- Imam Hossain, S., Kelson, J., & Morrison, B. (2024). The use of virtual patient simulations in psychology: A scoping review. *Australasian Journal of Educational Technology*, 40(6), 76– 91. <https://doi.org/10.14742/ajet.9559>
- Inkster, B., Sarda, S., & Subramanian, V. (2018). An empathy-driven, conversational artificial intelligence agent (Wysa) for digital mental well-being: Real-world data evaluation mixed-methods study. *JMIR mHealth and uHealth*, 6(11), e12106. <https://doi.org/10.2196/12106>
- Li, H., Zhang, R., Lee, YC. *et al.* Revisión sistemática y metaanálisis de agentes conversacionales basados en IA para promover la salud mental y el bienestar. *npj Digit. Med.* 6 , 236 (2023). <https://doi.org/10.1038/s41746-023-00979-5>
- Lin, B. (2024). *The machine can't replace the human heart* [Preprint]. *arXiv*. <https://arxiv.org/abs/2402.18826>
- McCutcheon, C., & Bandy, B. (2024). *Harnessing AI: Transforming psychology education for a new era*. Psi Chi. <https://www.psichi.org/blogpost/987366/507788/Harnessing-AI-Transforming-Psychology-Education-for-a-New-Era>
- Milmo, D. (2025). 'It cannot provide nuance': UK experts warn AI therapy chatbots are not safe. *The Guardian*.
- Raczka, R. (2025). AI therapists can't replace the human touch. *The Guardian*. <https://www.theguardian.com/society/2025/may/11/ai-therapy-chatbots-human-touch>
- Reger, G.M., Norr, A.M., Gramlich, M.A. *et al.* Virtual Standardized Patients for Mental Health Education. *Curr Psychiatry Rep* 23, 57 (2021). <https://doi.org/10.1007/s11920-021-01273-5>

- Russell, S. J., & Norvig, P. (2021). *Artificial intelligence: A modern approach* (4.ª ed.). Pearson.
- Siddals, S., Torous, J. & Coxon, A. "It happened to be the perfect thing": experiences of generative AI chatbots for mental health. *npj Mental Health Res* **3**, 48 (2024). <https://doi.org/10.1038/s44184-024-00097-4>
- Sociedad Mexicana de Psicología [SMP] (2010). Código ético del psicólogo (5a ed.). México: Trillas.
- UNESCO. (2021). *Recomendación sobre la ética de la inteligencia artificial*. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000379376>

Ventajas y desventajas de la Inteligencia Artificial (IA) en el contexto universitario

Pedro Lavias Hernández

Para abordar el tema es importante responder a algunas preguntas mediante una búsqueda clásica de información (artículos): ¿Qué es la IA? ¿Hay tipos de IA? ¿Cómo contribuye la IA en un contexto universitario? ¿Existen ventajas y desventajas de la IA en un contexto universitario? ¿Qué reflexiones podemos realizar ante la IA en dicho contexto?

La IA tiene su origen en 1950 y se le atribuye a Alan Turing quien publicó el artículo *“Maquinaria de Cómputo e Inteligencia”*. Para Turing, es posible determinar si una máquina es inteligente si una persona no puede discernir quién es quién en una conversación entre la máquina y una persona. De acuerdo con Kaplan y Hanelein (2019), se define como *“la habilidad de un sistema para interpretar correctamente datos externos, aprender de dichos datos, y usar ese aprendizaje para lograr metas específicas y tareas a través de adaptación flexible”*.

En cuanto a los tipos de IA existen diferentes forma de clasificarla, en el presente texto se presenta, por ejemplo, con base en la capacidad de acción (estrecha si realiza una tarea específica o fuerte si cumple con cualquier tarea), por funcionalidad (reactiva si basa sus decisiones a través de la identificación de patrones; de memoria si toma una decisión a través de recuerdos; aprendizaje limitado si se adapta a partir de la información que se le proporciona; autoconsciente si es capaz de sentir emociones) o por estructura y capacidad de procesamiento (simbólica si decide mediante reglas y lógica; sub simbólica si está basada en redes neuronales). La IA por tanto imita funciones cognitivas del ser humano tales como percibir, procesar, analizar, organizar, anticipar, interactuar, resolver problemas y crear.

Ahora bien, si estas funciones se aplican a un contexto universitario, y de acuerdo con Tinoco-Plasencia (2023), se puede utilizar esta tecnología en diversas actividades académico-administrativas:

1. Uso de un sistema de gestión de educación inteligente que permite la asistencia previa a la clase, monitoreo del estado de la clase y aprendizaje en línea después de la clase.
2. Diseño de un sistema de educación en el área musical en línea.
3. Nuevos métodos de evaluación para fomentar el aprendizaje autónomo en el área de derecho.
4. Aprendizaje de inglés con un mayor impacto en las habilidades de escucha y habla.
5. Diseño y aplicación de un sistema de educación y enseñanza que permite mejorar la evaluación y percepción de los estudiantes.
6. Mejora en la gestión de la información y transformación digital en servicios bibliotecarios.
7. Implementación del campus inteligente en el aprendizaje de educación física lo que aumenta la satisfacción del estudiante.
8. Uso de la realidad virtual basada en IA en la enseñanza de educación física.
9. Implementación en procesos que incluyen la gestión de recursos humanos, finanzas, materiales e información.
10. Mejora de los recursos en la intranet.

La aplicación de la IA en estas actividades, según Vera (2023), trae diferentes oportunidades. Porejemplo, la personalización del aprendizaje a través de algoritmos que permiten identificar y evaluar las formas de aprendizaje, fortalezas y áreas de oportunidad del estudiante y con base en esta información la IA sugiere recomendaciones personalizadas; la mejora de la eficiencia del proceso educativo mediante la automatización de actividades administrativas y rutinarias que se transforman en tiempo libre y recursos que permiten al profesorado enfocarse en tareas pedagógicas creativas; el acceso a recursos de aprendizaje avanzados que facilitan el acercamiento a información que no está disponible en la institución o tengan altos costos; la mejora en los programas educativos a través de la identificación de patrones que generan intervenciones tempranas. Estas oportunidades traen consigo beneficios tales

como una mayor retroalimentación en la ejecución de estrategias, fomenta la creatividad e invención, ahorra tiempo y, por su puesto, impulsa las bondades propias de la educación a distancia: ahorro de recursos financieros, autonomía aplicable a diferentes niveles de educación, flexibilidad, inclusión y accesibilidad. Todo lo anterior se puede utilizar en las diferentes licenciaturas de la FES Zaragoza ya que hoy en día se están actualizando los planes de estudios, pero, además, puede ser implementado en diversos procesos administrativos lo cual se traduce en optimización de tiempos de ejecución y recursos. Para lograrlo, es importante contar con una actualización escalonada y continua del personal académico y de base.

En cuanto a la docencia, es posible aplicar la IA en la resolución de un problema de aplicación. Por ejemplo, para abordar el tema de Introducción al análisis químico, se establece el siguiente problema: la ingesta de mercurio y daños a la salud (Jara-Morales, 2024). Para ello es importante contar con un procedimiento que describa claramente cada uno de los pasos a seguir por los estudiantes en la aplicación de conceptos relacionados con el tema, el uso de la IA, resultados esperados y su interpretación, así como una conclusión que dé respuesta al problema de interés. En este ejemplo se establecen las siguientes etapas:

1. El docente explica los daños a la salud por ingesta de mercurio y genera la pregunta ¿Cómo saber el contenido de este elemento en el pescado que consumimos?
2. Invitación a alumnos a preguntar a Chat GPT las técnicas para análisis *in vitro*.
3. El docente describe brevemente el fenómeno de absorción atómica y la relación que existe entre la cantidad de mercurio y la absorción de radiación (absorbancia).
4. Invitación a los alumnos a preguntar a Chat GPT sobre el fenómeno de absorción y la Ley de Lambert-Beer.
5. Instar a los alumnos a buscar el contenido medio de mercurio en un producto comercial, así como la longitud de onda de absorción característica para dicho elemento químico (Prospectiva: Simular un barrido y medida de estándares).
6. Los alumnos piden a Chat GPT el procedimiento de calibrado y análisis.
7. Alumnos piden a Chat GPT la creación de código de Python para simular el barrido.
8. Alumnos piden a Chat GPT la creación de código de Python para los estándares y la regresión lineal.

9. El docente evalúa la comprensión de los contenidos y pide calcular la absorbancia dada una concentración de mercurio, adicionalmente solicita determinar la concentración de mercurio dada una absorbancia utilizando la recta de regresión.

Con este procedimiento se da respuesta al problema planteado y la temática a abordar en clase.

Tal como en el ejemplo anterior, se propone la incorporación de la IA en la práctica docente. En el caso de la licenciatura en Ingeniería Química de la FES Zaragoza, puede utilizarse en la enseñanza de las matemáticas para la identificación y comprensión de límites y continuidad, máximos, mínimos, funciones y sus gráficas, entre otras. En las asignaturas del área química puede implementarse en la comprensión del equilibrio químico en disolución acuosa; cálculo de pH, pOH y concentraciones a lo largo de una reacción química (ácido-base, redox, solubilidad y precipitación, complejación) hasta llegar a las condiciones estequiométricas e incluso al seguir agregando un reactivo en exceso. Se pueden determinar curvas de titulación teóricas y su posterior comparación con datos experimentales en el laboratorio. En el área de fisicoquímica puede utilizarse para la visualización del comportamiento de un sistema gaseoso ideal cuando se modifica la temperatura, mol, volumen y presión lo cual ayudaría a la comprensión de las leyes de los gases. En el caso de los laboratorios de ciencia básica puede apoyar para la realización de cálculos para una síntesis inorgánica, una titulación ácido-base, determinar el pKa o pKs, conocer la temperatura de equilibrio al llevar a cabo una reacción química exotérmica, entre otros. Por supuesto, todos estos ejemplos deberán ser ensayados en la plataforma de IA de preferencia, verificados por el docente y establecer los mejores pasos para la enseñanza a los estudiantes.

Ciertamente, conforme el tiempo pasa, la IA aprende cada vez más sobre diversas temáticas, esto da como resultado una mayor precisión en la información obtenida por parte del usuario, sin embargo, existen desventajas propias del uso y desarrollo de esta tecnología.

Para Torres-Cruz, et. al. (2023), los aspectos negativos de la IA pueden enunciarse como sigue:

1. Dependencia excesiva que genera pérdida de habilidades de pensamiento crítico y la reducción en la capacidad de aprendizaje.

2. Falta de interacción humana que disminuye el desarrollo de habilidades de colaboración en entornos presenciales y pérdida de retroalimentación y apoyo emocional.
3. Riesgo de sesgos en evaluaciones injustas o inexactas, así como refuerzo de discriminación.
4. Preocupación sobre privacidad y datos al usar plataformas de IA lo que resulta en una posible exposición a brechas de seguridad y vulnerabilidades cibernéticas.
5. Desigualdades y barreras debido al acceso limitado a esta tecnología.

Adicionalmente, en la implementación de la IA se puede presentar una baja comprensión de las plataformas, necesidad de capacitación para su uso inicial, capacitación constante debido al desarrollo de nuevas aplicaciones, capacitación adicional al requerir el uso de otras aplicaciones, falta de recursos financieros y/o de cómputo y problemas con la autoría de la información.

Con base en lo anterior, se puede establecer la siguiente reflexión: ¿Cómo regular el buen uso de la IA y los datos que recopila?

En 2022 la Unión Europea publica las *“Directrices éticas sobre el uso de la inteligencia artificial (IA) y los datos en la educación y formación para los educadores”*, documento en el que se informa sobre el concepto de la IA y conceptos erróneos, ejemplo del uso de la IA y los datos en la educación (Uso para estudiantes, profesorado e institución). En dicho documento existen consideraciones éticas como la capacidad de acción humana (Persona competente a la sociedad), la equidad (Trato justo a las personas), la humanidad (Consideración a la identidad, integridad y dignidad; bienestar, seguridad y cohesión social, contacto valioso y respeto) y la elección justificada (Uso de conocimiento de manera transparente e informada para la toma de decisiones).

Adicionalmente, se mencionan los requisitos clave para una IA fiable tal como la capacidad de acción y vigilancia humanas, transparencia, diversidad, no discriminación y equidad, bienestar social y medioambiental, privacidad y gobernanza de datos así como rendición de cuentas. Posteriormente, se presenta una serie de preguntas que, a continuación, y a modo de resumen, se requiere responder para la implementación de una IA en el contexto universitario:

- a. ¿Existen sistemas de seguimiento para evitar un exceso de confianza en el sistema de IA o de dependencia de este?
- b. ¿Entiende el profesorado y el personal directivo de los centros de enseñanza cómo funcionan los algoritmos específicos de evaluación o personalización dentro del sistema de IA?
- c. ¿Es accesible el sistema para todos de la misma manera sin *obstáculos*?
- d. ¿Indica claramente el sistema de IA que su interacción social es simulada y que no tiene capacidad de sentir *empatía*?
- e. ¿Existen mecanismos para garantizar el anonimato de los datos sensibles? ¿Existen procedimientos para limitar el acceso a los datos únicamente a quienes los necesiten?
- f. ¿El nivel de protección es suficiente para garantizar la seguridad de *los datos*?
- g. ¿Cómo se evalúa la eficacia y el impacto del sistema de IA y cómo tiene en cuenta esta evaluación los valores clave de la educación?

El documento presenta también una orientación para agentes educativos y directores de centros de enseñanza que son una guía para la incorporación y el buen uso de la IA en la institución educativa; se describe una planificación para un uso eficaz de la IA y los datos en la escuela, así como la sensibilización y compromiso de la comunidad educativa.

Por su parte, la UNESCO en el documento “*Beijing Consensus on Artificial Intelligence and Education*” de 2019 presenta diversos temas en la implementación de la IA, a saber:

- Planificación de la IA en las políticas educativas
- La IA para la gestión y la impartición de la educación
- La IA para apoyar la docencia y a los docentes
- La IA para el aprendizaje y la evaluación del aprendizaje
- Desarrollo de valores y competencias para la vida y el trabajo en la era de la IA
- La IA para ofrecer oportunidades de aprendizaje permanente para todos
- Promoción del uso equitativo e inclusivo de la IA en la educación

- IA con equidad de género e IA para la igualdad de género
- Velar por el uso ético, transparente y verificable de los datos y algoritmos educativos
- Seguimiento, evaluación e investigación
- Financiación, alianzas y cooperación internacional

Por supuesto, en 2023, nuestro país impulsó una iniciativa para la expedición de la “*Ley de Regulación Ética de la Inteligencia Artificial y la Robótica*”. En el boletín número 4474 de la Cámara de Diputados, se puede leer lo siguiente acerca de dicha Ley:

“... plantea formar la creación de Normas Oficiales Mexicanas, basadas en principios éticos, para el buen uso de la IA y la Robótica en beneficio de la sociedad mexicana, siempre respetando los derechos humanos, la paridad entre los géneros, sin discriminación alguna por raza, origen étnico, religión, clase social o posición económica.”

Por su parte, la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) tiene al menos dos documentos que pueden ser utilizados en la implementación de la IA en la institución, por un lado, el “*Código de ética de la UNAM*” y por el otro “*Recomendaciones para el uso de la inteligencia artificial generativa en la docencia*”

Como se ha apreciado a lo largo del texto, la IA tiene una gran cantidad de ventajas que pueden facilitar los procesos de enseñanza, evaluación, dinámica en el aula, comunicación, entre otras. Como toda herramienta digital, la decisión de en qué, cómo y cuándo utilizarla depende de cada persona. La labor como docentes es informar, preparar, aplicar y difundir el uso de la IA bajo un uso responsable para con los estudiantes.

Por último, y como respuesta a una preocupación recurrente en este tema ¿La IA sustituirá al docente? Se puede aseverar que la inherencia humana en la actividad docente no podrá ser sustituida por ninguna máquina o inteligencia artificial ya que, la preocupación genuina por los estudiantes, su progreso, sus problemáticas, avances, logros y éxitos son resultado de la interacción social, trabajo colaborativo y empatía.

Referencias

- Cámara de Diputados. (2023). *Impulsan iniciativa para expedir la Ley de Regulación Ética de la Inteligencia Artificial y la Robótica*. Obtenido de <https://comunicacionsocial.diputados.gob.mx/index.php/boletines/impulsan-iniciativa-para-expedir-la-ley-de-regulacion-etica-de-la-inteligencia-artificial-y-la-robotica>
- Docusign. (2024). *Conoce 5 tipos de inteligencia artificial y cómo usar*. Obtenido de Docusign: <https://www.docusign.com/es-mx/blog/tipos-de-inteligencia-artificial>
- Gallent-Torres, C., Zapata-González, A., C Ortego-Hernando, J. (2023). El impacto de la inteligencia artificial generativa en educación superior: una mirada desde la ética y la integridad académica. *Revista electrónica de investigación y evaluación educativa*, 25. doi:10.30827/relieve.v29i2.29134
- García-Peña, V., Mora-Marcillo, A., C Ávila-Ramírez, J. (2020). La inteligencia artificial en la educación. *Dominio de las ciencias*, c, 648-666. doi:10.23857/dc.v6i3.1421
- Jara-Morales, F. (2024). *La inteligencia artificial generativa en el aula de física y química*. Masterprof UMH.
- Kaplan, A., C Haenlein, M. (2019). Siri, Siri, in my hand: Who's the fairest in the land? On the interpretations, illustrations, and implications of artificial intelligence. *Business Horizons*, 15-25. doi:10.1016/j.bushor.2018.08.004
- López-Altamirano, D., Granja-López, I., López-Villacis, I., C Rodríguez-Balarezo, A. (2024). Aplicación de la inteligencia artificial en la enseñanza de la química en educación superior y secundaria: una programación para medir el nivel de energía molecular. *Polo del conocimiento*, 5, 924-939. doi:10.23857/pc.v9i1.6415
- Sánchez-Mendiola, M., C Carbajal-Degante, E. (2023). La inteligencia artificial generativa y la educación universitaria. *Perfiles educativos*, XLV, 70-86. doi:10.22201/iisue.24486167e.2023.Especial.61692
- Tinoco-Plasencia, C. (2023). Empleo de la inteligencia artificial en la educación universitaria: Una revisión sistemática. *Paideia XXI*, 13, 359-375. doi:10.31381/paideiaxxi.v13i2.6002
- Torres-Cruz, E., Torres-Cruz, F., Torres-Segura, J., Mamani-Luque, O., López-Cueva, M., Tito-Lipa, J., . . . Coyla-Idme, L. (2023). Impacto de la inteligencia artificial en la educación

universitaria. (C. Digital, Ed.) *Abordagens sobre ensino-aprendizagem e formacao de professores*, 1. doi:10.37885/230513147

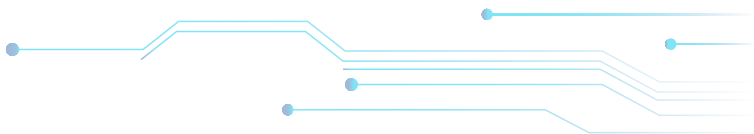
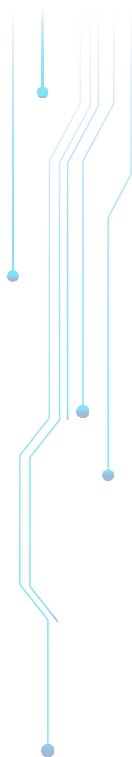
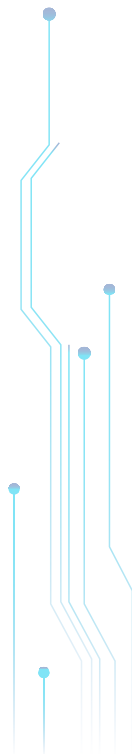
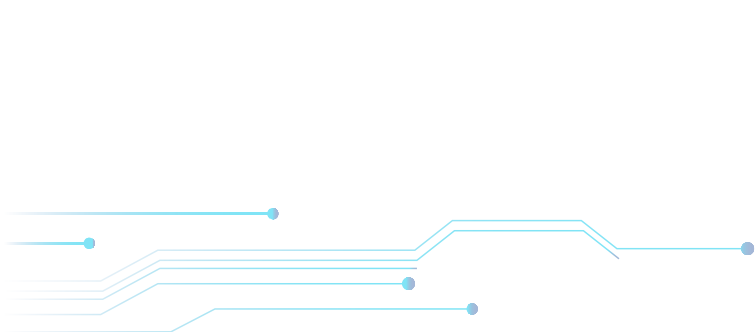
UNESCO. (2019). *Beijing Consensus on Artificial Intelligence and Education*. Obtenido de UNESCO Digital Library: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000368303>

Unión Europea. (2022). *Directrices éticas sobre el uso de la inteligencia artificial (IA) y los datos en la educación y formación para los educadores*. doi:10.2766/898

Universidad Nacional Autónoma de México. (2015). *Código de ética de la Universidad Nacional Autónoma de México*. Obtenido de <https://www.abogadogeneral.unam.mx:8443/legislacion/view/84>

Universidad Nacional Autónoma de México. (2023). *Recomendaciones para el uso de la inteligencia artificial generativa en docencia*. Obtenido de <https://cuaed.unam.mx/descargas/recomendaciones-uso-iagen-docencia-unam-2023.pdf>

Vera, F. (2023). Integración de la inteligencia artificial en la educación superior: desafíos y oportunidades. *Transformar*, 04, 17-34.



La inteligencia artificial en la práctica odontológica

Andrés Alcauter Zavala

La Inteligencia Artificial (IA) en la práctica odontológica está revolucionando diversos aspectos del diagnóstico, tratamiento y formación. Además, permite mejorar la precisión en la detección de patologías bucales, como el cáncer bucal y la periodontitis mediante el análisis de imágenes radiológicas y de tejidos. Esto contribuye a diagnósticos en fases preclínicas y minimiza tratamientos invasivos y complejos. La inteligencia artificial tiene el potencial de transformar la enseñanza de la odontología al facilitar una educación más personalizada, interactiva y práctica. También puede optimizar los procesos de enseñanza-aprendizaje mediante plataformas personalizadas, materiales didácticos inteligentes y asistentes virtuales, lo que permite adaptar la formación a las necesidades específicas de cada estudiante. Además, las tecnologías inmersivas como la realidad virtual, la aumentada y la tecnología háptica permiten a los estudiantes practicar procedimientos en entornos simulados, mejorando la adquisición de habilidades clínicas y promoviendo una retroalimentación más eficaz y personalizada. Esto se traduce en un proceso de aprendizaje más interactivo y efectivo, que puede complementar la formación tradicional. Asimismo, la integración de estas tecnologías en los programas educativos futuros será una realidad inminente. Las diferentes áreas de la odontología serán beneficiadas con el uso de la IA (Murbay 2021).

Odontología preventiva

Con la utilización de la IA se desarrollan diferentes herramientas de apoyo en odontología. Tal es el caso del software DenTiUS Deep Plaque. Desarrollado en 2018 por un grupo de investigación, utiliza algoritmos de inteligencia artificial, específicamente redes neuronales profundas, para evaluar la placa dental de manera automática, fiable y repetible. Su implementación permite analizar con mayor precisión la cantidad, distribución, intensidad y crecimiento de la placa en las superficies dentales, aspectos clave para la prevención y el control de enfermedades orales como la caries y las periodontitis.

Este avance tecnológico supera las limitaciones de los índices clínicos tradicionales, que suelen ser subjetivos y consumen mucho tiempo en su aplicación, ya que emplean escalas ordinales y requieren un análisis visual manual. La capacidad del software para cuantificar la placa no solo agiliza el proceso, sino que también mejora la precisión y la consistencia en las evaluaciones, facilita tanto la práctica clínica como la investigación científica.

La utilización de IA en este contexto permite detectar patrones de crecimiento y distribución de la placa que podrían no ser evidentes en evaluaciones manuales. La IA proporciona datos objetivos para la planificación de tratamientos y para el monitoreo de la eficacia de las medidas preventivas implementadas. En consecuencia, DenTiUS Deep Plaque representa una herramienta innovadora que ayuda a mejorar la calidad de la atención odontológica y la calidad metodológica en estudios epidemiológicos y clínicos.

Otro ejemplo en la prevención es el programa AssistDent fue desarrollado por Manchester Imaging, una empresa que surge de una colaboración entre las áreas de odontología y ciencias de la imagen de la Universidad de Manchester en el Reino Unido. Este desarrollo representa un ejemplo de cómo la integración de la investigación en ciencias de la computación y odontología puede dar lugar a herramientas innovadoras en la detección y diagnóstico dental mediante inteligencia artificial. AssistDent está diseñado para asistir a los odontólogos en la identificación temprana de caries y otras patologías bucales, mejorando la precisión y la eficiencia en los diagnósticos al aprovechar algoritmos de IA. El programa puede analizar radiografías dentales y detectar lesiones potenciales que podrían ser pasadas por alto en una revisión manual, ayudando así a prevenir avances de las enfermedades bucales mediante intervenciones más tempranas. Este ejemplo refleja también la tendencia de colaboración entre instituciones académicas y la industria, con el objetivo de desarrollar

tecnologías que tengan un impacto directo en la práctica clínica, lo que eleva los estándares de la atención odontológica mediante herramientas inteligentes y precisas.

AssistDent incorpora algoritmos avanzados de inteligencia artificial para el análisis de radiografías digitales, específicamente en la detección de caries incipientes y lesiones de difícil visualización en etapas tempranas. Utiliza técnicas de aprendizaje profundo, como redes neuronales convolucionales, entrenadas con grandes conjuntos de datos de imágenes dentales para reconocer patrones asociados con patologías específicas.

La herramienta funciona como un asistente en tiempo real durante la exploración clínica. Ésta recomienda áreas de interés que podrían requerir mayor atención y proporcionando marcas visuales o indicadores sobre las radiografías analizadas. Esto permite a los odontólogos realizar diagnósticos más precisos y rápidos, además de reducir la subjetividad en la interpretación de las imágenes. Su integración en la práctica clínica suele ser mediante plataformas que conectan AssistDent con sistemas de gestión de imágenes, facilitando una revisión complementaria que mejora la toma de decisiones. Esto resulta especialmente útil en contextos donde los recursos de diagnóstico son limitados o en la detección de lesiones en sus fases iniciales porque promueve un enfoque preventivo y conservador en la atención odontológica (Wilson 2023).

Endodoncia

La inteligencia artificial está revolucionando la endodoncia al ofrecer herramientas que facilitan y perfeccionan diversas etapas del proceso diagnóstico y de planificación del tratamiento. La IA se aplica en la detección de características clínicas relevantes, el establecimiento de diagnósticos precisos y la predicción de resultados, lo cual contribuye a una atención más efectiva y adaptada a cada paciente.

En específico, en el campo de la endodoncia, los algoritmos de IA están siendo perfeccionados para abordar problemas como la detección de fracturas radiculares verticales, la predicción de la morfología del canal radicular, la localización del foramen apical menor y la segmentación dental. También, se están desarrollando modelos que ayudan en la predicción de retratamientos endodónticos. Así se mejora la planificación y se aumenta las tasas de éxito de los tratamientos. Estos avances en algoritmos de

aprendizaje automático permiten analizar grandes volúmenes de datos y características complejas de las imágenes radiológicas. Lo anterior facilita la obtención de diagnósticos más precisos y se anticipa la aparición de posibles complicaciones, en la investigación se están creando modelos que utilizan secuencias genómicas bucales para clasificar y diagnosticar enfermedades periodontales, demostrando así el amplio alcance de la IA en la odontología, incluyendo la endodoncia. Por ejemplo, en la detección de fracturas radiculares verticales, los modelos de IA aprenden a distinguir patrones sutiles en las radiografías que indican la presencia de fracturas y mejoran la sensibilidad respecto a la interpretación tradicional. De manera similar, en la predicción de la morfología del canal radicular y la localización del foramen, los algoritmos procesan datos multidimensionales para generar modelos fenotípicos precisos que guían la instrumentación y obturación. En cuanto a la predicción de retratamientos, los modelos analizan datos históricos de pacientes y características de tratamientos previos para estimar la probabilidad de éxito, ayudando así a tomar decisiones más informadas y personalizadas.

Estas aplicaciones se están integrando en plataformas clínicas que combinan inteligencia artificial con sistemas de imagen digital y facilitan los diagnósticos en tiempo real y permitiendo que los profesionales planifiquen tratamientos más efectivos, reduciendo errores y optimizando recursos (Azim 2023).

Ortodoncia

La inteligencia artificial ha sido implementada en ortodoncia para potenciar el diagnóstico y la planificación del tratamiento, especialmente en el análisis de imágenes radiográficas y en la cefalometría. La cefalometría, que consiste en el estudio de medidas y relaciones de estructuras craneofaciales mediante radiografías laterales del cráneo, es fundamental para determinar patrones de crecimiento, orientar decisiones clínicas y predecir resultados.

La IA facilita la identificación automática y precisa de puntos de referencia cefalométricos en estas radiografías, tarea que tradicionalmente requiere de un análisis manual por parte del ortodontista. Gracias a algoritmos basados en redes neuronales y aprendizaje automático, es posible realizar análisis cefalométricos automatizados con una precisión que puede oscilar entre el 80% y el 92%. Esto disminuye la subjetividad, acelera el proceso y reduce los errores en la medición.

Además, estos sistemas asistidos por IA ayudan en decisiones clínicas complejas, como determinar si es necesario realizar extracciones dentales, planificar cirugías ortognáticas, predecir patrones de crecimiento y analizar la compatibilidad facial. Lo anterior contribuye a tratamientos más precisos y personalizados. Algunos softwares y aplicaciones web como CephX, WebCeph, Dolphin Imaging, y otros, ya ofrecen estas capacidades de análisis automatizado y ayudan a los profesionales a obtener resultados más confiables y rápidos.

Los sistemas de IA que realizan análisis cefalométrico automatizado funcionan mediante la utilización de algoritmos de reconocimiento de patrones, principalmente redes neuronales convolucionales (CNNs). Estos modelos están entrenados con grandes bases de datos de radiografías cefalométricas previamente anotadas por expertos, lo que les permite aprender a identificar y localizar automáticamente los puntos de referencia craneofaciales. El algoritmo procesa la radiografía digital por medio de la detección de patrones y características relevantes. A continuación, localiza puntos cefalométricos clave (como nasión, porion, punto A, punto B, por ejemplo) con un alto grado de precisión. Estas coordenadas se utilizan para calcular medidas cefalométricas, como ángulos y distancias, que informan sobre las relaciones faciales y el crecimiento del paciente.

Este proceso resulta en una automatización que minimiza la subjetividad y la fatiga del operador, además de acelerar el análisis. Algunos sistemas como CephX o Dolphin Imaging permiten además verificar y ajustar manualmente los puntos detectados para garantizar la exactitud. El impacto clínico de estos sistemas es significativo, ya que permite obtener análisis más consistentes en menos tiempo y facilita la toma de decisiones clínicas más precisas, predecibles y personalizadas, además de reducir errores derivados de interpretaciones subjetivas o fatigas del profesional (Adams 2023).

Periodoncia

En la última década, la revolución en las tecnologías de secuenciación, como la del genoma completo del metagenoma y la del ARNr 16S, ha impulsado de manera significativa la investigación en microbioma oral. Estas metodologías permiten analizar de forma detallada y en escala masiva las comunidades microbianas presentes en la boca, facilitando la identificación de microorganismos específicos asociados a diversas enfermedades orales, especialmente las periodontales.

La secuenciación del genoma completo del meta genoma permite obtener un panorama amplio y profundo de toda la comunidad microbiana, puesto que incluye bacterias, virus y hongos. Además, ofrece información sobre su estructura, funciones y potenciales interacciones. Por otro lado, la secuenciación del ARNr 16S, una técnica de análisis basada en el gen 16S ribosomal RNA presente en bacterias, permite clasificar y cuantificar las diferentes especies bacterianas en muestras orales con gran precisión.

Estas tecnologías no sólo facilitan la identificación de microbiotas patógenas y su papel en la etiología de las enfermedades periodontales, sino que también contribuyen al desarrollo de modelos predictivos y a la personalización de tratamientos, abriendo nuevas vías para diagnósticos más precisos y terapias más efectivas basadas en la modulación del microbioma.

Las tecnologías de secuenciación del genoma completo del metagenoma y del ARNr 16S han revolucionado el estudio del microbioma oral, permitiendo una caracterización detallada y precisa de las comunidades microbianas presentes en la boca.

En la práctica, la secuenciación del metagenoma completo realiza una exploración exhaustiva de todos los genes del microbioma, lo que proporciona información sobre la composición, diversidad, funciones metabólicas y potenciales interacciones microorganismos-hospedero. Esto ayuda a entender cómo ciertas especies microbianas contribuyen a la patogénesis de las enfermedades periodontales. Tal como la periodontitis, además de identificar nuevos biomarcadores asociados a diferentes estados de salud y enfermedad.

Por otro lado, la secuenciación del ARNr 16S se enfoca en una región conservada del gen ribosomal en bacterias que permite clasificar las especies presentes en una muestra con alta resolución taxonómica. Es una técnica más rápida y económica, útil para estudios epidemiológicos y para monitorizar cambios en la comunidad microbiana ante distintas intervenciones clínicas.

Estos avances técnicos han permitido desarrollar modelos predictivos de susceptibilidad a las enfermedades periodontales, así como diseñar tratamientos personalizados que modulan el microbioma para promover la salud oral. Además, han facilitado el descubrimiento de nuevas especies consideradas potencialmente patógenas o beneficiosas y han enriquecido la comprensión de la ecología microbiana de la boca. Algunos estudios han utilizado estos métodos para identificar una mayor abundancia de ciertas bacterias como Porphyromonas

gingivalis en pacientes con periodontitis. Frente a su escasa presencia en individuos sanos, la capacidad de cuantificar estos microorganismos en diferentes estados de la enfermedad permite a los clínicos anticipar progresiones y ajustar los tratamientos con mayor precisión, basándose en perfiles microbiológicos específicos (Darveau 2022).

Diagnóstico

La integración de Romexis con el servicio Second Opinion® representa un avance significativo en la utilización de la inteligencia artificial en odontología. Este sistema, reconocido como el primer motor de IA en tiempo real específicamente diseñado para el ámbito odontológico, permite a los profesionales detectar automáticamente una variedad de afecciones en los rayos X dentales con alta precisión y ofrecer una segunda opinión con base en análisis automatizados. Second Opinion® actúa como un apoyo adicional para los odontólogos, mejorando la precisión en la interpretación de imágenes radiográficas, lo que resulta en diagnósticos más confiables y en la identificación temprana de patologías que podrían pasar desapercibidas en una revisión convencional. Esta tecnología, al integrarse con Romexis, favorece un flujo de trabajo más eficiente, en el que el análisis de radiografías se complementa con la revisión humana y optimiza el proceso clínico. Igualmente, contribuye a mejores resultados en la atención al paciente.

Este sistema también puede detectar enfermedades o anomalías como caries, lesiones periapicales, fracturas, patologías periodontales, entre otros. Apoya también en la toma de decisiones clínicas y en la planificación de tratamientos más precisos. La utilización de IA de esta forma revoluciona la radiología odontológica porque incrementa la seguridad y la confianza en los diagnósticos.

El sistema Second Opinion® integrado con Romexis puede detectar automáticamente diversas afecciones en los rayos X dentales y mejora la precisión diagnóstica en la práctica clínica. Algunos ejemplos específicos de patologías y condiciones que puede identificar incluyen: caries dental, lesiones periapicales, fracturas dentales y óseas, patologías periodontales, lesiones de tejidos blandos y calcificaciones, además de alteraciones óseas. Este apoyo mediante IA no solo acelera la interpretación de imágenes, sino que también reduce errores relacionados con la subjetividad humana, pues brindan a los odontólogos una herramienta confiable para decisiones clínicas más precisas y

oportunas. La tecnología puede detectar estos signos en tiempo real, lo que permite una intervención temprana y más efectiva en el abordaje de diversas patologías orales (Hung 2023).

Atención automatizada

En 2017, Zhao introdujo el primer sistema autónomo de colocación de implantes dentales en el mundo. Este sistema innovador permitía que los procedimientos quirúrgicos se llevaran a cabo sin intervención directa de un profesional mediante una plataforma que podía ejecutar las tareas quirúrgicas de forma automática y con un alto grado de autonomía. Este avance representa un gran salto en la implantología, ya que el sistema utilizaba tecnología de planificación preoperatoria, guiada por imagen y control robótico para colocar los implantes en la posición predeterminada con precisión. La capacidad de modificar automáticamente las tareas quirúrgicas también permite adaptarse a variaciones en tiempo real y potencialmente reducir errores humanos, al optimizar los resultados y la seguridad del procedimiento.

Aunque los datos de validación en ese momento aún eran limitados, este sistema establece un precedente importante para el futuro, en el que los robots autónomos podrían realizar procedimientos complejos en odontología con mayor precisión y eficiencia al minimizar la necesidad de asistencia directa y disminuyendo el tiempo de procedimiento. El sistema autónomo de colocación de implantes dentales desarrollado por Zhao funciona mediante la integración de tecnologías de imagen, planificación y robótica para realizar procedimientos quirúrgicos sin intervención humana directa (Joda 2020). Estos sistemas autónomos están en la fase inicial de adopción, pero representan una innovación que, con la validación y desarrollo adecuados, podría transformar la práctica de la implantología en el futuro, permitiendo procedimientos con mayor precisión y menor intervención manual (Misch 2023).

Tecnología 2d y 3d

Las tecnologías inmersivas basadas en IA están transformando la formación en odontología. Estas tecnologías permiten a los estudiantes y profesionales pasar de los enfoques

tradicionales en 2D a una visualización en 3D más realista y detallada, esto implica el uso de realidad virtual (VR), realidad aumentada (AR), realidad mixta y tecnología háptica, que ofrecen experiencias educativas más interactivas y personalizadas (Koo 2021).

Estas aplicaciones facilitan la adquisición de habilidades clínicas mediante simulaciones que imitan escenarios reales, lo cual es fundamental para mejorar la competencia y la confianza en los futuros odontólogos. Asimismo, las simulaciones en 3D permiten practicar procedimientos complejos como la preparación de cavidades, navegación quirúrgica y técnicas anestésicas con un nivel de inmersión que no sería posible solo con métodos tradicionales. A pesar de que aún se requiere más investigación para confirmar la utilidad generalizada de estas herramientas en la enseñanza, la integración de estas tecnologías en los planes de estudio futuros es vista como una tendencia inminente para potenciar la educación digital y el entrenamiento clínico en odontología.

La tendencia educativa actual en los estudios de Odontología se centra en la incorporación de modelos de realidad virtual (VR) y realidad aumentada (AR) para mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje. Estas tecnologías permiten a los estudiantes adquirir habilidades clínicas de forma más efectiva y con una retroalimentación personalizada al fomentar una educación digital crítica. La implementación de estas herramientas busca no solo simular procedimientos y escenarios clínicos, sino también promover un aprendizaje activo, interactivo y adaptado a las necesidades específicas de cada alumno, lo que contribuye a una formación más competente y preparada para los desafíos actuales y futuros en odontología.

Las principales limitaciones y desafíos éticos en la aplicación de la inteligencia artificial en la salud dental incluyen aspectos relacionados con la privacidad, la transparencia, la equidad y el sesgo algorítmico. La UNESCO advierte sobre los riesgos de pérdida de privacidad y de interacción humana debido al uso intensivo de plataformas y asistentes virtuales. Además, existe preocupación por el potencial sesgo en los algoritmos, que puede derivarse del autor del desarrollo, afectando la equidad en el acceso y la calidad del tratamiento. La falta de transparencia y comprensibilidad de los sistemas de IA también puede complicar la aceptación y confianza en estas tecnologías, además de plantear restricciones en la autonomía profesional y del paciente. El ámbito regulatorio, aunque agencias como la EMA y la FDA están estableciendo procesos de regulación y clasificación de productos basados en IA, aún hay desafíos para implementar marcos éticos adecuados, especialmente en la protección del consentimiento informado y en la gestión de los riesgos asociados a estos sistemas.

En relación al uso de la inteligencia artificial en las ciencias de la salud, se destacan varios puntos éticos y jurídicos importantes. La Organización Mundial de la Salud (OMS) estableció seis principios básicos para garantizar que la IA beneficie a la humanidad y evite daños (WHO, 2021). Entre estos principios, destacan la protección de la autonomía humana, la seguridad, la precisión y eficacia, la transparencia, la comprensibilidad e inteligibilidad, así como el fomento del uso ético y responsable.

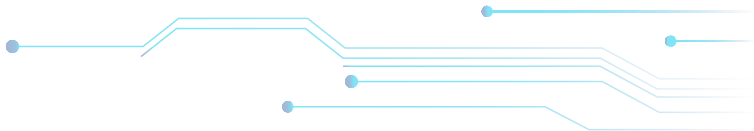
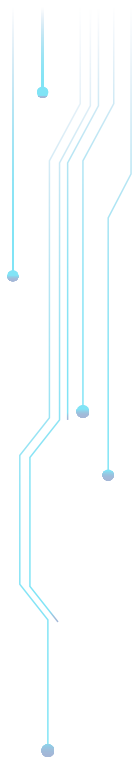
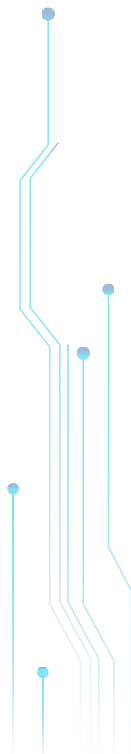
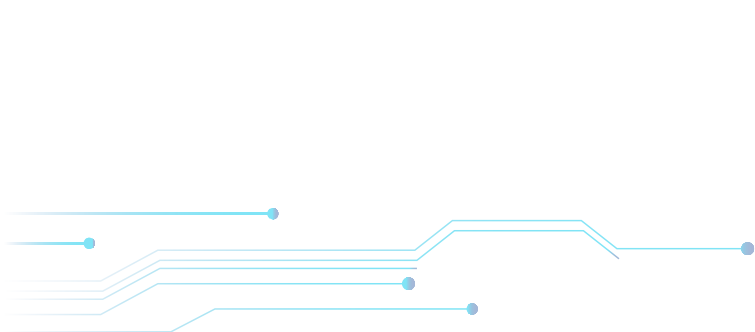
Además, en cuanto a la regulación jurídica, se resaltan las acciones de agencias regulatorias como la Agencia Europea del Medicamento (EMA) y la agencia de Alimentos y Medicamentos (FDA por sus siglas en inglés), que han abordado la necesidad de establecer marcos reglamentarios específicos para los dispositivos médicos basados en IA. Estas regulaciones consideran a los programas informáticos de IA como productos sanitarios y los categorizan según su nivel de riesgo y uso previsto, con el objetivo de garantizar su seguridad y eficacia, tal como la regulación del software médico para predicción o diagnóstico de enfermedades, lo que busca evitar el uso indebido, además de garantizar un control adecuado (UNESCO, 2021).

Finalmente, la huella ambiental de algunas tecnologías de IA y su impacto en la sostenibilidad también representan un reto ético importante a considerar en su implementación (Strubell 2020).

Bibliografía

1. Adams, R., Taylor, G., & White, P. (2023). *Clinical impact of AI-assisted cephalometric analysis in orthodontic practice*. Journal of Orthodontic Science, 12(1), 45-58. https://doi.org/10.4103/jos.jos_101_22
2. Azim, A. A., Wang, H. H., & Azim, K. A. (2023). *Artificial intelligence in endodontics: Current applications and future directions*. Journal of Endodontics, 49(2), 123-135. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2022.11.002>
3. Darveau, R. P., Hajishengallis, G., & Curtis, M. A. (2022). *Porphyromonas gingivalis as a potential community activist for disease*. Journal of Dental Research, 101(5), 492-499. <https://doi.org/10.1177/00220345211061325>

4. Hung, K., Montalvao, C., Tanaka, R., Kawai, T., & Bornstein, M. M. (2023). *The use and performance of artificial intelligence in prosthodontics: A systematic review*. Journal of Prosthetic Dentistry, 129(2), 293-300. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2021.06.020>
5. Koo, S., Kim, A., & Donoff, R. B. (2021). *Virtual reality in dental education: Current status and future directions*. Journal of Dental Education, 85(6), 781-789. <https://doi.org/10.1002/jdd.12538>
6. Misch, C. E., Perel, M. L., & Wang, H. L. (2023). *Implant success, survival, and failure: The International Congress of Oral Implantologists (ICOI) Pisa Consensus Conference*. Implant Dentistry, 32(1), 1-11. <https://doi.org/10.1097/ID.0000000000000567>
7. Murbay, S., Chang, J. W. W., Yeung, S., & Doshi, K. (2021). *Evaluation of the introduction of a haptic VR simulator in dental education: A pilot study*. European Journal of Dental Education, 25(3), 553-561. <https://doi.org/10.1111/eje.12630>
8. Strubell, E., Ganesh, A., & McCallum, A. (2020). *Energy and policy considerations for deep learning in NLP*. Proceedings of the 60th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics, 1(1), 3645-3650. <https://doi.org/10.18653/v1/P19-1355>
9. UNESCO. (2021). *Recommendation on the ethics of artificial intelligence*. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000373433>
10. WHO. (2021). *Ethics and governance of artificial intelligence for health*. World Health Organization. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240029200>
11. Wilson, D., Adams, N., & Carter, O. (2023). *Implementing AI diagnostics in low-resource dental settings: Challenges and opportunities*. Global Health Dentistry, 12(1), 15-28. <https://doi.org/10.1080/20477724.2022.2156789>



Alcance de la inteligencia artificial en la formación de biólogas y biólogos

Maricela Arteaga Mejía
Nicté Ramírez Priego

La sociedad del conocimiento demanda que los sistemas educativos preparen jóvenes para los escenarios académicos-laborales del futuro, que se insinúan por la transformación digital de la cuarta revolución industrial (Fredy y Calderón & Martínez-Ruiz, 2020). Esta revolución se caracteriza por la interconexión inteligente de diversas tecnologías digitales, como la impresión 3D, la inteligencia artificial (IA) o el internet de las cosas, para lograr un sistema productivo más eficiente. En este contexto, surge el paradigma de la educación 4.0, que promueve el autoaprendizaje a través de la reflexión en un contexto formativo apoyado por la tecnología y que busca evitar desigualdades en el desarrollo social (Chávez et al., 2020).

La atención se ha dirigido hacia la integración de la IA en entornos educativos, tema que permite sumergirse en el fascinante terreno de asistentes informáticos y computacionales, explorando las diversas dimensiones que rodean la intersección entre la IA y la educación. Apoyada por software como los asistentes virtuales, software de análisis de imágenes, motores de búsqueda, sistemas de reconocimiento de voz y rostro y la IA integrada a través de robots, drones, vehículos autónomos e Internet de las Cosas (Guardia, 2024).

La IA es la habilidad de una máquina de presentar las mismas capacidades que los seres humanos, como el razonamiento, el aprendizaje, la creatividad y la capacidad de planear (Parlamento Europeo, 2020). Puede dividirse en tres grandes etapas: IA predictiva, 2014-2022, analiza datos y anticipa comportamientos futuros, IA generativa, 2022-2024, representada

por modelos como *Chat GPT*, capaz de crear contenido nuevo a partir de patrones previos, IA operativa, desde 2024, dominada por los agentes inteligentes, que interpretan datos y ejecutan de manera autónoma tareas completas. El 2025 será, según expertos, el año en que los agentes IA alcanzarán su madurez. Sam Altman, CEO de *OpenAI*, plantea que la IA pasará por cinco niveles: *chatbots*, razonadores, agentes inteligentes, sistemas innovadores y enjambres de agentes, que, podrían realizar el trabajo de organizaciones completas, acercándonos a la inteligencia artificial general (Guardia, 2025).

Los sistemas de IA son capaces de adaptar su comportamiento en cierta medida, analizar los efectos de acciones previas y de trabajar de manera autónoma. Generan un texto de 500 palabras en 15 segundos y pueden leer y resumir un libro de 300 paginas en menos de un minuto. Según la UNESCO la IA ofrece un gran potencial para hacer frente a algunos de los principales retos de la educación contemporánea, como innovar las prácticas de enseñanza y aprendizaje para acelerar el progreso hacia el cumplimiento del Objetivo de Desarrollo Sostenible número 4 sobre educación de calidad.

En la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza (FES Zaragoza) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), se organizó el foro *Webinar “Alcances de la inteligencia artificial en el ámbito educativo”*, en septiembre de 2022. La participación de la licenciatura en biología, tuvo como objetivo, presentar el uso, aplicaciones y alcance de diversas plataformas de inteligencia artificial generativa (*GenIA*) que usa el profesorado, para el análisis de datos, modelado de sistemas y predicción de fenómenos biológicos, para fundamentar los beneficios formativos e investigativos que ofrece su integración en la formación de biólogas y biólogos. La participación en el foro generó el presente capítulo en este libro.

Según la Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior (ANUIES), cerca del 30% de las universidades públicas grandes y el 60% de las privadas ya están experimentando con *GenIA* en sus programas académicos. Por su parte, la UNAM ofrece cursos y diplomados en *GenIA*, creó en 2019 un laboratorio de IA, y desde 2021 colabora con Google en el proyecto *AI Lab*.

El informe *Global Skills Report* (2025) de Coursera, indica que la demanda de cursos de *GenIA* creció 365% en el último año entre los trabajadores mexicanos. Supera el promedio norteamericano del 135% y el promedio mundial de 195%. Para el mercado laboral el uso de asistentes en *GenIA* por los candidatos a ocupar vacantes se considera como una micro

credencial; el 94% de los empleadores prioriza a los candidatos con estas capacidades, lo que refleja un cambio hacia la educación ágil y alineada con las carreras profesionales. México se enfrenta a una creciente demanda de habilidades Tecnológicas. En puestos de analistas y científicos de datos, crece a un ritmo del 47% anual.

Entre los principales impactos y aplicaciones para mejorar la enseñanza y el aprendizaje está evaluar tareas automáticamente, identificar brechas de aprendizaje y sugerir contenidos de refuerzo personalizado. Algunos programas usan algoritmos para dar seguimiento al desempeño académico y predecir factores de riesgo de deserción escolar. Actualmente se exige el uso de sistemas inteligentes como plataformas adaptativas, asistentes virtuales como *ChatGPT*, Gemini, Google Cloud ofrece Translation, Speech-to-Text y API de Natural Language. Google IA Estudio ofrece GenIA multimodal con NotebookLM, gamificación con IA como la creación de juegos educativos para la comprensión de procesos biológicos complejos, además de innovaciones como Veo, Whisk y Project Mariner que, redefinen la creatividad, la automatización y la personalización digital, así como la manera en que las personas interactúan con la información y los asistentes digitales.

La revolución tecnológica y el desarrollo y uso de la GenIA está transformando radicalmente diversos sectores, como la enseñanza y el ejercicio de la biología y la formación de biólogos y biólogas a través de la integración de competencias digitales en el aprendizaje. En este contexto la IA ha surgido como un asistente tecnológico fundamental para analizar datos masivos, modelado de sistemas complejos y proyección de escenarios en diversos campos de la biología (Esteve et al., 2019; Jumper et al., 2021). La incorporación del uso de plataformas de IA en la formación del alumnado de biología es clave para preparar profesionales capaces de enfrentar los retos educativos, científicos, ambientales y sociales del siglo XXI.

Con motivo del foro webinar “Alcances de la inteligencia artificial en el ámbito educativo”, la licenciatura en biología de las FES Zaragoza UNAM, realizó un sondeo para conocer las plataformas de IA que el profesorado han incorporado a su proceso docente y en qué actividad la usan de manera cotidiana. Participaron 50 profesores que imparten clase frente a grupo, 28 hombres y 22 mujeres, de las cuales 27 y 18 respectivamente, utilizan IA. Su uso está dirigido particularmente a la búsqueda de información, al procesamiento de imágenes, al modelado de interacciones ecológicas y caudal ecológico, al análisis filogenético, y a la identificación acústica, entre otras. La plataforma que más usan es ChatGPT, seguido de Gemini, Copilot, Sentinel, MaxEnt, GBIF, Leonardo.ai y Mega. El profesorado en 2025 está usando continuamente la plataforma Deepseek.

A continuación, se presentan las plataformas, su funcionalidad y el tipo de IA que el profesorado sugiere usar en la práctica docente (Tablas 1 y 2). Estas plataformas permiten procesar grandes volúmenes de datos (Big Data biológico), modelar sistemas complejos o desarrollar proyecciones en ecología, genética, ciencias ambientales, entre otras.

Tabla 1. Bioinformática, datos ómicos y modelado de sistemas ecológicos.

Plataforma/Herramienta	Funcionalidad	Tipo de IA
Deep Variant	Análisis de variantes genómicas con alta precisión	Redes neuronales profundas
AlphaFold	Predicción de estructuras de proteínas a partir de secuencias	Deep Learning
RosettaFold	Alternativa a AlphaFold para modelado estructural	Redes neuronales
Cellpose	Segmentación automática de células en imágenes microscópicas	IA basada en visión por computadora
ScVI-toolss	Análisis de datos de transcriptómica unicelular	Modelos bayesianos más redes neuronales
Net Bio	Modelado de redes biológicas	Análisis de grafos
MaxEnt (Maximum Entropy)	Modelado de distribución de especies	Modelado probabilístico
InVEST (Natural Capital Project)	Modelado de servicios ecosistémicos	IA más simulación
GARP (Genetic Algorithm for Rule-set Prediction)	Predicción de nichos ecológicos	Algoritmos genéticos
A14Earth	Análisis de biodiversidad, uso de suelo y cambio climático	Redes neuronales más visión computacional

Elaborado a partir de: Poplin et al., 2018, Jumper et al., 2021, Phillips et al., 2006, Sharp et al., 2020.

Tabla 2. Plataformas integradoras para análisis y modelado

Plataforma/ Herramienta	Característica principal
KNIME	Análisis de datos biológicos con módulos de IA
Galaxy Project	Análisis bioinformático reproducible con herramientas de IA
TensorFlow + Keras + PyTorch	Frameworks abiertos usados en investigación biológica personalizada
BioTuring	Análisis interactivo de datos genómicos (RNA-seg, scRNA-seg) usando IA

Elaborado a partir de: Berthold et al., 2009, Afgan et al., 2018, Abadi et al., 2016, Paszke et al, 2019, Bio Turing (s.f.).

Además, sugieren el uso de *Konker AI*, *Book Creator*, *Write Reader*, *ClassPoint AI*, *Quillbot*, *Educación Co Piloto* y *Labster*, este último utiliza realidad aumentada con IA para simulaciones virtuales interactivas. Su incorporación en la tarea docente es necesaria ya que se está potenciando el uso de laboratorios virtuales inteligentes, útiles para asignaturas como biología celular, genética o fisiología animal o fisiología vegetal. También sugieren *EDU AI for Biology* para personalización del aprendizaje con IA adaptativa, *Machine learning* para analizar datos ómicos (genómica, transcriptómica, proteómica), este último asistente lo usan en último año de la licenciatura ya que, incorpora el uso de modelos predictivos, reconocimiento de patrones y análisis de imágenes biológicas para facilitar el desarrollo de proyectos de docencia-investigación mediante el análisis de grandes volúmenes de datos. Además de la necesidad de integrar algoritmos de IA que permiten modelar proteínas, comparar secuencias o identificar especies.

El profesorado sugiere que la IA puede ser utilizada para ayudar al alumnado a hacer conexiones y a construir comprensiones significativas de los conceptos para proporcionar información personalizada, adaptarse al ritmo de cada estudiante y mejorar la retroalimentación, puede crear entornos de aprendizaje ricos y complejos en los que el alumnado puede experimentar y aplicar sus conocimientos en situaciones reales. Insistieron que, si se usa la IA bajo el enfoque del aprendizaje por refuerzo, se podrá

mejorar el rendimiento en una tarea cuando utiliza las recompensas y castigos. La IA puede ser utilizada para proporcionar retroalimentación inmediata y motivar a los estudiantes a mejorar su desempeño.

De acuerdo con el informe *Water Technology Trends 2025*, la innovación a través del uso de la *GenIA*, permitirá una gestión eficiente de los recursos hídricos. Puesto que responde rápidamente a eventos climáticos extremos, la ciberseguridad brindará mayor protección a la infraestructura ante eventos climáticos extremos.

La integración de la *GenIA* en la licenciatura en biología promueve la enseñanza de habilidades en análisis de datos y pensamiento computacional, esenciales para la biología moderna. Esto favorece una formación interdisciplinaria con bioinformática, biología computacional y ecología de datos, entre otras.

La IA tiene un gran potencial para transformar la educación y avanzar hacia la tan esperada disrupción digital del sistema educativo. Aunque las instituciones educativas y la sociedad en general están inmersas en procesos de transformación digital, dicha disrupción aún no se ha producido (García-Peñalvo, 2021).

Más allá de las aplicaciones de IA ya conocidas para mejorar el aprendizaje adaptativo, las analíticas de aprendizaje y los entornos educativos inteligentes, los nuevos asistentes de generación automática de contenidos como los virtuales abren todo un mundo de posibilidades educativas que apenas estamos empezando a vislumbrar (Valdivieso y Rivera, 2022). Estas aplicaciones son capaces de crear contenidos de forma autónoma que pueden significar un punto de inflexión y acelerar la ansiada disrupción digital de la educación, siempre que su desarrollo e implementación se realice de forma responsable y ética (Sánchez Rodríguez, 2024).

Como reflexiones finales, cabe mencionar que el uso de la IA en la educación puede tener un impacto significativo en la forma en que los docentes enseñan, evalúan a sus estudiantes y administran sus tareas. Además, los docentes necesitan adquirir nuevas habilidades y conocimientos específicos para diseñar y utilizar asistentes de IA en la educación.

La reducción de costos y el aumento de la eficiencia en los modelos de IA están permitiendo que herramientas antes inaccesibles se conviertan en parte de la vida cotidiana. La convergencia entre creatividad, productividad y personalización se

redefine constantemente y está dando lugar a nuevos formatos y experiencias, como la automatización de tareas complejas.

La incorporación de la IA en nuestro quehacer cotidiano no va a revertirse, por el contrario, continuará consolidándose como un asistente fundamental en todas las áreas. La proliferación de asistentes digitales plantea desafíos inéditos, por lo que requiere de un marco regulatorio que ofrezca protección a los usuarios sin que ello limite su propio desarrollo.

Ante los vertiginoso de los cambios en las ciencias biológicas particularmente en la biología, de acuerdo con Guardia (2025), durante décadas, la humanidad ha depositado en la IA la promesa de replicar las capacidades cognitivas humanas mediante algoritmos, datos y máquinas. Sin embargo, un nuevo campo emergente puede cambiar el paradigma, la inteligencia artificial sintética. Lejos de ser una evolución directa de la IA, esta tecnología representa un giro radical en la forma que entendemos, diseñamos y nos relacionamos con los sistemas inteligentes. Ya no se trata solo de simular procesos mentales mediante software, sino de cultivar redes neuronales vivas en laboratorios y entrenarlas para resolver problemas reales.

La IA está transformando la biología, desde un análisis de datos genéticos hasta la identificación de especies y de daño antrópico, para intervenir un ecosistema con fines de conservación. Si bien es cierto que poco más de la mitad del profesorado utiliza diversas plataformas, cerca de la mitad no lo ha incorporado a su práctica docente, por lo que, el profesorado necesita adquirir habilidades y conocimientos específicos para utilizar herramientas de IA, a través de los programas de formación y superación académica que ofrece la UNAM y otras instituciones educativas. El impacto del uso de la IA dependerá de cómo se aplique en la enseñanza de la biología y cómo se integra con la enseñanza tradicional.

Entre las estrategias para abordar los desafíos, están la integración de currículos que combinen biología, informática y estadística de manera práctica y aplicada, la promoción de la colaboración entre áreas de biología y computación para co-enseñar asignaturas y proyectos, el fomento de la participación del alumnado en proyectos reales que involucren la aplicación de IA en biología, para que desarrollen habilidades prácticas. Para que esta participación no se limite a mostrar información estática, debe ofrecer una interacción profunda y personalizada con el contenido, incluir módulos de IA que actúen como tutores

personales, dar retroalimentación instantánea y evaluar el programa de cada usuario. Con estos ajustes la IA puede potenciar el trabajo de los profesionales de la biología y abrir nuevas oportunidades en investigación y desarrollo en campos como la bioinformática, la ecología computacional y la biología de sistemas.

Referencias

- Abadi, M., Barham, P., Chen, J., Chen, Z., Davis, A., Dean, J., Devin, M., Ghemawat, S., Irving, G., Isard, M., Kudlur, M., Levenberg, J., Monga, R., Moore, S., Murray, D. G., Steiner, B., Tucker, P., Vasudevan, V., Warden, P., & Zheng, X. (2016). TensorFlow: A system for large-scale machine learning. *12th USENIX Symposium on Operating Systems Design and Implementation (OSDI 16)* 265–283. <https://www.usenix.org/system/files/conference/osdi16/osdi16-abadi.pdf>
- Afgan, E., Baker, D., Batut, B., van den Beek, M., Bouvier, D., Cech, M., Chilton, J., Clements, D., Coraor, N., Grüning, B. A., Guerler, A., Hillman-Jackson, J., Hiltmann, S., Jalili, V., Rasche, H., Soranzo, N., Goecks, J., Taylor, J., Nekrutenko, A., & Blankenberg, D. (2018). The Galaxy platform for accessible, reproducible and collaborative biomedical analyses: 2018 update. *Nucleic Acids Research*, 46(W1), W537–W544. <https://doi.org/10.1093/nar/gky379>
- Berthold, M. R., Cebon, N., Dill, F., Gabriel, T. R., Kötter, T., Meinl, T., Ohl, P., Thiel, K., & Wiswedel, B. (2009). KNIME - the Konstanz Information Miner: Version 2.0 and beyond. *ACM SIGKDD Explorations Newsletter*, 11(1), 26–31. <https://doi.org/10.1145/1656274.1656280>
- BioTuring. (s.f.). *BioTuring Browser: Single-cell RNA-seq data visualization and analysis*. Recuperado de <https://bioturing.com/bbrowser>
- Chávez, A., García, L., & Torres, M. (2020). Rediseñando la titularidad de las obras: Inteligencia artificial y robótica. *SciELO*. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-70172020000200123
- Coursera Enterprise (2025). *Informe global de habilidades 2025*. <https://www.coursera.org/skills-reports/global/get-report>

- Esteva, A., Robicquet, A., Ramsundar, B., Kuleshov, V., DePristo, M., Chou, K., & Dean, J. (2019). A guide to deep learning in healthcare. *Nature Medicine*, 25(1), 24–29. <https://doi.org/10.1038/s41591-018-0316-z>
- Europarl. (2020). ¿Qué es la inteligencia artificial y cómo se usa? *Parlamento Europeo*. <https://www.europarl.europa.eu/topics/es/article/20200827STO85804/que-es-la-inteligencia-artificial-y-como-se-usa>
- Fredy, C., & Martínez-Ruiz, L. (2020). La inteligencia artificial como recurso. *rEDILAT*. <https://revistas.redilat.org/index.php/redilat/article/view/65>
- Infobae. (2024, diciembre 17). 2024: El año de los agentes inteligentes. <https://www.infobae.com/opinion/2024/12/17/2025-el-ano-de-los-agentes-inteligentes/>
- Infobae. (2025, marzo 24). 2025. ¿Inteligencia artificial o inteligencia biológica sintética? <https://www.infobae.com/opinion/2025/03/24/inteligencia-artificial-o-inteligencia-biologica-sintetica/>
- Jumper, J., Evans, R., Pritzel, A., Green, T., Figurnov, M., Ronneberger, O., ... & Hassabis, D. (2021). Highly accurate protein structure prediction with AlphaFold. *Nature*, 596(7873), 583–589. <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03819-2>
- Paszke, A., Gross, S., Massa, F., Lerer, A., Bradbury, J., Chanan, G., Killeen, T., Lin, Z., Gimelshein, N., Antiga, L., Desmaison, A., Kopf, A., Yang, E., DeVito, Z., Raison, M., Tejani, A., Chilamkurthy, S., Steiner, B., Fang, L., ... Chintala, S. (2019). PyTorch: An imperative style, high-performance deep learning library. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 32. https://papers.nips.cc/paper_files/paper/2019/hash/bdbca288fee7f92f2bfa9f7012727740-Abstract.html
- Phillips, S. J., Anderson, R. P., & Schapire, R. E. (2006). Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*, 190(3–4), 231–259. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2005.03.026>
- Poplin, R., Chang, P. C., Alexander, D., Schwartz, S., Colthurst, T., Ku, A., Newburger, D., Dijamco, J., Nguyen, N., Afshar, P. T., Gross, S. S., Dorfman, L., McLean, C. Y., DePristo, M. A., Levy Moonshine, A., Decoste, D., Paschalidis, I. C., Lurie, M., Tellier, L., ... DePristo, M. A. (2018). A universal SNP and small-indel variant caller using deep neural networks. *Nature Biotechnology*, 36(10), 983–987. <https://doi.org/10.1038/nbt.4235>

- Sánchez Rodríguez, A. N., Martínez Romero, M. E., Rodríguez Agreda, C. J., Romero Saldarriaga, J. G., & Romero Saldarriaga, M. A. (2024). Impacto de la inteligencia artificial en las prácticas educativas. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*, 5(2), 1038–1055. <https://doi.org/10.56712/latam.v5i2.1933>
- Sharp, R., Douglass, J., Wolny, S., Arkema, K., Bernhardt, J., Bierbower, W., Chaumont, N., Denu, D., Fisher, D., Glowinski, K., Griffin, R., Guannel, G., Guerry, A., Johnson, J., Hamel, P., Kennedy, C., Kim, C. K., Lacayo, M., Lonsdorf, E. (2020). *InVEST 3.9.0 User's Guide*. The Natural Capital Project, Stanford University, University of Minnesota, The Nature Conservancy, and World Wildlife Fund. <https://storage.googleapis.com/releases.naturalcapitalproject.org/invest/3.9.0/userguide/index.html>
- Xylem. (s.f.). *Water technology trends*. (2025). <https://www.xylem.com/es-es/info/water-technology-trends-2025/>

La Inteligencia artificial y su aplicación en la Educación Odontológica

Diana María Buendía Martínez
Blanca Estela Pablo Gopar

Introducción

La vorágine de cambios que se han observado en las tecnologías de la información y la comunicación han transformado de manera significativa todos los ámbitos de nuestra vida; la realidad virtual, la simulación y la inteligencia artificial son herramientas importantes que abren las puertas a mundos infinitos de posibilidades para el desarrollo y mejora de diversos sectores tal como el educativo ya que permite la incorporación de nuevas estrategias para el aprendizaje y generación de nuevas líneas de investigación educativa. (Moreno, 2019)

De tal manera que en el ámbito educativo la Inteligencia artificial (AI) contribuye al cambio de los métodos de enseñanza, las formas de aprendizaje, el acceso al conocimiento y en la capacitación de los docentes, lo que permite la impartición de conocimientos de manera eficaz y puntual.

La integración de la IA en la educación superior ofrece numerosas oportunidades como es la personalización del aprendizaje adaptando el proceso de enseñanza a las necesidades y preferencias individuales de cada estudiante, lo que ofrece una amplia gama de recursos y actividades acordes a su nivel de conocimiento, estilo de aprendizaje y ritmo de progreso promoviendo así un aprendizaje más significativo. Aunado a ello, se tiene acceso a recursos de aprendizaje que enriquecen el proceso educativo y brindan a los estudiantes oportunidades de explorar y aplicar sus conocimientos en la práctica. (Vera, 2023)

Así mismo, es evidente que la IA está transformando la educación odontológica. Este cambio revolucionario no solo mejora la enseñanza, sino que también optimiza el aprendizaje de los estudiantes, ya que ofrece a los estudiantes una plataforma segura y realista para perfeccionar sus habilidades, puesto que el uso de la simulación ofrece un nivel de interactividad y realismo que los métodos de enseñanza tradicionales no pueden igualar y preparan al futuro cirujano dentista para la complejidad de la práctica clínica en un escenario real. (Santacruz, 2024)

En el presente capítulo exploraremos cómo la Inteligencia Artificial está redefiniendo el futuro de la odontología y es fundamental que dentro del plan de estudios de la licenciatura de Cirujano Dentista se incorpore la IA para preparar al futuro profesional en el uso responsable y ético de todas estas herramientas.

Objetivo

Describir la aplicación de la Inteligencia artificial en la educación odontológica.

Contenido

La Carrera de Cirujano Dentista en la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza tiene por objetivo formar profesionistas de la salud con pensamiento crítico, reflexivo, y vocación de servicio, que realicen una práctica estomatológica de manera multi e interdisciplinaria mediante el desarrollo de habilidades y competencias en las tres áreas del conocimiento biológica, clínica y social.

Es de vital importancia la incorporación de los avances científicos y tecnológicos tales como la inteligencia artificial. (FES, Zaragoza 2018)

La IA se define como la simulación de procesos de inteligencia humana por parte de máquinas. Especialmente de sistemas informáticos, que se enfocan en la explicación y emulación de la conducta inteligente en función de procesos computacionales. (Moreno, 2019).

La IA es la rama de la tecnología que simula la inteligencia humana, permite a las máquinas aprender, razonar y resolver problemas, su impacto en la educación médica se ha centrado en tres áreas principales: simulaciones interactivas, personalización del aprendizaje y análisis predictivo. (Ordoñez, 2025)

La integración de la Inteligencia Artificial en la educación odontológica ofrece múltiples beneficios, facilita la personalización del aprendizaje y permite simulaciones realistas. No solo mejora la retención de información, sino que también incrementa la confianza de los estudiantes al enfrentarse a escenarios reales. Estos entornos virtuales permiten a los alumnos perfeccionar sus habilidades sin riesgos para los pacientes y recibir retroalimentación en tiempo real. (Ordoñez, 2025)

El avance acelerado de la IA, así como la tecnología digital en el campo odontológico exige que en los planes y programas académicos para la formación de los futuros profesionales se integre el uso de la IA para una aplicación adecuada, incluida la comprensión de sus limitaciones, desafíos éticos asociados y sobre todo el uso de manera responsable en la práctica. (Thorat, 2024)

Es un hecho que la incorporación de la IA en la atención médica ofrece la posibilidad de una atención de mayor calidad y fácil acceso a la información, por lo cual la educación dental tiene la responsabilidad de ser proactiva y visionaria en la integración de la IA de manera segura y ética en beneficio tanto de los estudiantes como de los pacientes y futuros proveedores. (Thorat, 2024)

A nivel global se ha extendido la inclusión de la IA en la formación odontológica como lo demuestra las investigaciones realizadas en la Escuela de Odontología de la Universidad de Harvard (School of Dental Medicine) sobre la aplicación de la IA en varios ámbitos de la práctica odontológica, la enseñanza y su aplicación clínica, como es el caso de la creación del Atlas de Células Humanas de los Dientes, realizado en colaboración con el Broad Institute of MIT, que es un mapa de referencia en la secuenciación de ARN para el desarrollo de dientes humanos y las células que lo conforman. Dicho proyecto ha utilizado técnicas de aprendizaje profundo (deep learning) y aprendizaje por refuerzo para analizar grandes cantidades de datos (big data), con el fin de crear un modelo tridimensional detallado de las secuencias genómicas de las células dentales humanas. (Zeron, 2023)

Además, la Escuela de Odontología de Harvard está desarrollando un programa de formación en IA para los estudiantes de odontología, que incluye cursos sobre algoritmos de aprendizaje automático, procesamiento de lenguaje natural y otras técnicas de IA relevantes para la práctica odontológica. El objetivo es capacitar a los futuros odontólogos en el uso de la IA para mejorar el diagnóstico, la planificación del tratamiento y la gestión en la práctica clínica. (Zeron, 2023)

La IA en la medicina aumentada desempeña un papel fundamental en el diagnóstico y tratamiento al permitir analizar grandes conjuntos de datos de información del paciente para el diagnóstico más rápido y preciso.

Por otro lado, desarrollar planes de tratamiento personalizados y detección temprana de enfermedades, mediante el uso y análisis de imágenes como radiografías, tomografía axial computarizada, resonancia magnética, lo que mejora los resultados de atención de los pacientes y agiliza los procesos de seguimiento.

Además, de que permiten recrear escenarios clínicos complejos, donde los estudiantes pueden interactuar con los modelos 3D de los pacientes y practicar en un entorno seguro y controlado.

Estas herramientas mejoran la comprensión de técnicas complejas y reducen el riesgo en pacientes reales. La práctica virtual es esencial para una formación completa. (Zeron, 2024)

Por otro lado, los estudiantes de odontología pueden utilizar herramientas de diagnóstico asistidas por IA para mejorar sus habilidades en la interpretación de imágenes radiológicas y otras pruebas clínicas. Estos sistemas comparan los diagnósticos del estudiante con los de la IA, ayudando a mejorar la precisión diagnóstica. Los futuros odontólogos pueden analizar casos clínicos simulados con la ayuda de IA, lo que le permite obtener una experiencia más profunda en el manejo de diferentes patologías y tratamientos. (Mahmood, 2024)

En odontología, ésta ha demostrado ser especialmente útil en el diagnóstico para el análisis de imágenes radiográficas y tomografías computarizadas (TAC) de los dientes y maxilares, que detectan incluso los detalles más pequeños. Detalles que el ojo humano pudiera pasar por alto.

Los sistemas de IA también pueden identificar patrones y anomalías en las imágenes para ayudar en la detección temprana de enfermedades orales como la caries, las enfermedades periodontales y el cáncer oral. A la fecha, se han desarrollado modelos de IA para aplicaciones periodontales, incluido el diagnóstico de gingivitis y periodontitis, pero su precisión y solidez de la tecnología se siguen afinando debido a algunos problemas técnicos. Sin embargo, no hay duda de que estas aplicaciones serán una poderosa herramienta en la precisión del diagnóstico.

La IA también se utiliza en la planificación del tratamiento odontológico. Los sistemas de IA pueden analizar imágenes dentales para determinar la mejor ruta de tratamiento y contribuir en la predicción de resultados. Además, la IA puede ayudar a personalizar el tratamiento odontológico al crear modelos digitales precisos de la boca del paciente y pronosticar cómo reaccionará a diferentes tratamientos. (Zeron, 2023)

En las diferentes especialidades odontológicas también se observa la influencia de la Inteligencia artificial. Por ejemplo, en el área de la cirugía bucal, la IA permite la planificación guiada por computadora para la colocación de implantes dentales, en donde la IA puede ayudar a los cirujanos a identificar la mejor ubicación para el implante y reducir así la posibilidad de complicaciones. Asimismo, la IA puede ayudar en la preparación de la cirugía ortognática, que implica la reubicación de la mandíbula, lo que puede mejorar la masticación, respiración y apariencia facial. (Zeron, 2023)

Además de ayudar en el diagnóstico y tratamiento de las enfermedades en la cavidad oral, la IA se utiliza en la prevención de enfermedades bucodentales. Los sistemas de IA pueden analizar los factores de riesgo para enfermedades bucodentales como son los hábitos alimentarios y de higiene bucal de los pacientes. De igual forma, pueden recordar a los pacientes cuándo deben programar su próxima visita al consultorio o enviar alertas para recordarles que deben cepillarse los dientes, usar hilo dental o limpiadores interdentales.

La Inteligencia Artificial puede actuar como tutor personalizado, adaptado al contenido educativo según las necesidades y habilidades del estudiante. Los sistemas de tutoría inteligente ofrecen retroalimentación individualizada, sugerencias de mejora y acceso a materiales adicionales en función del progreso del alumno. (Alonso, 2025)

Los algoritmos de IA analizan las áreas de fortaleza y debilidad de cada estudiante, permitiendo una experiencia de aprendizaje más adaptada y eficiente. Estos sistemas

permiten analizar grandes cantidades de datos de la historia clínica y datos radiográficos con la finalidad de identificar patrones y características precisas. Lo anterior conlleva a diagnósticos más precisos y las indicaciones de tratamientos de forma oportuna. Algunos de sus usos incluyen la detección temprana de caries, maloclusiones y/o enfermedades periodontales. (Cedeño,2023).

Los sistemas de tutoría basados en IA pueden adaptarse al ritmo y estilo de aprendizaje de cada estudiante, ofreciendo material educativo personalizado, evaluaciones automatizadas y sugerencias para mejorar en áreas específicas. Mediante el uso de IA y grandes bases de datos de casos clínicos, los estudiantes pueden ser expuestos a una variedad más amplia de casos, algunos de los cuales pueden ser ajustados para reflejar situaciones raras o complejas que es posible que no vean en la práctica clínica.

La IA puede usarse para evaluar las habilidades técnicas de los estudiantes mediante la observación de sus procedimientos en simuladores o videos de prácticas clínicas. Esto puede ofrecer una evaluación objetiva y detallada de su rendimiento.

La IA también está siendo utilizada para analizar grandes volúmenes de datos en investigaciones odontológicas, acelerando el desarrollo de nuevos tratamientos y tecnologías. También puede facilitar la creación de modelos predictivos o simulaciones basadas en datos de pacientes reales, ayudando a los estudiantes a comprender mejor cómo ciertas variables impactan en los resultados clínicos. La simulación clínica en odontología no solo permite evaluar competencias técnicas, sino también otras dimensiones fundamentales del desempeño profesional, como el análisis de datos clínicos, la identificación de problemas de salud y toma de decisiones terapéuticas, asegurando la formación integral y contextualizada. (Carriera,2024).

Conclusiones

La revolución de la inteligencia artificial en la educación odontológica es innegable. Con sus múltiples aplicaciones, la IA no solo mejora la enseñanza, sino que también prepara a los futuros odontólogos para enfrentar los desafíos del sector.

Es un camino hacia un aprendizaje más eficiente y efectivo, al proporcionar herramientas interactivas, personalización del aprendizaje, evaluación objetiva y acceso a información avanzada. Esto contribuye a una formación más integral y eficiente de los futuros profesionales, preparándolos mejor para enfrentar los desafíos clínicos reales.

El gran reto al que nos enfrentamos es que aún falta la formación adecuada entre los profesionales del área odontológica para su implementación, existen todavía un porcentaje importante de resistencia al cambio y en la necesidad de infraestructura tecnológica.

El futuro de la educación odontológica está íntimamente ligado a la evolución de la inteligencia artificial. Se espera que las nuevas tecnologías continúen revolucionando la manera en que se enseña y se aprende, haciendo el proceso más efectivo y accesible para todos.

Al analizar el rendimiento de los estudiantes, la IA puede proporcionar información sobre qué áreas del plan de estudios son más efectivas y cuáles necesitan ajustes. Esto permite que las escuelas de odontología adapten sus programas de enseñanza a las necesidades cambiantes de la práctica clínica moderna.

Referencias bibliográficas

- Alonso, R. R., Carvajal, K. A., & Acevedo, N. R. (2025). Rol de la Inteligencia Artificial en la personalización de la educación a distancia: una revisión sistemática. *RIED-Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 28(1), 9-36.
- Carriera, R. S., Sánchez, L. C., Cedeño, L. G., & Castellón, L. J. (2024). Aplicación de las tecnologías del aprendizaje basado en la simulación y solución de problemas en estudiantes de odontología UBE. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, (E74), 196-209.
- Cedeño Sánchez, I. V., Laínez Aráuz, S. M., Escudero Doltz, W. S., & Flor Chávez, M. C. (2023). Integración de la inteligencia artificial en el diagnóstico tratamiento dental. *RECIAMUC*, 7(4), 37-46. [https://doi.org/10.26820/reciamuc/7.\(4\).oct.2023.37-46](https://doi.org/10.26820/reciamuc/7.(4).oct.2023.37-46).
- Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, UNAM. (2018). Plan de Estudios de la Carrera de Cirujano Dentista. Universidad Nacional Autónoma de México.

- Mahmood Dashti, AU, , Shohreh Ghasemi, Zohaib Khurshid, (2024). Integrating Artificial Intelligence in Dental Education: An Urgent Call for Dedicated Postgraduate Programs. *International Dental Journal*. 74 (6): 1466-68, <https://doi.org/10.1016/j.identj.2024.08.008>
- Moreno Padilla, R. D. (2019). La llegada de la inteligencia artificial a la educación. *Revista De Investigación En Tecnologías De La Información*, 7(14), 260–270. <https://doi.org/10.36825/RITI.07.14.022>
- Ordóñez Raffo, D. A., Vaca Coronel , G. M., Tutasí Benítez , R. V., Erazo Vaca , G., & Segura Cueva, K. A. (2025). Desarrollo de un Modelo de Aprendizaje Colaborativo utilizando IA para Estudiantes de Medicina y Odontología. *Estudios Y Perspectivas Revista Científica Y Académica* , 5(1), 1483–1494. <https://doi.org/10.61384/r.c.a.v5i1.925>
- Santacruz Vélez M.A. (2024). Estudios interdisciplinarios en ciencias de la salud. Investigación aplicada y actualización científica. Volumen I. *Religación Press*. <https://doi.org/10.46652/ReligacionPress>. 172
- Thorat V, Rao P, Joshi N, Talreja P, Shetty AR. Role of Artificial Intelligence (AI) in Patient Education and Communication in Dentistry. *Cureus*. 2024 7; 16(5):e59799.
- Vera, F. (2023). Integración de la Inteligencia Artificial en la Educación superior: Desafíos y oportunidades. *Transformar*, 4(1), 17–34. Recuperado a partir de <https://www.revistatransformar.cl/index.php/transformar/article/view/84>
- Zerón A. Inteligencia artificial y charlas robotizadas por ChatGPT. *Revista ADM*. 2023; 80(2): 66-69. <https://dx.doi.org/10.35366/110644>
- Zerón A. La inteligencia artificial en la práctica médica odontológica. *Revista ADM*. 2024; 81(6):311-313. doi:10.35366/118776.

La Inteligencia Artificial en la práctica nutricional

Mariana Isabel Valdés Moreno
José Eduardo Otáñez Ludick
María Fernanda Salgado Fernández

Introducción

La práctica nutricional tiene por objetivo incidir sobre la preservación o recuperación de la salud a partir del estado nutricional; el aporte suficiente de nutrientes es indispensable para optimizar el crecimiento y desarrollo de las infancias e imprescindible en la prevención de enfermedades crónicas no transmisibles (ECNT) en cualquier momento del curso de vida (Kaufer-Horwitz, et al., 2023).

La UNESCO define la inteligencia artificial (IA) como una tecnología que permite a las máquinas simular aspectos de la inteligencia humana, como la percepción, la resolución de problemas, la interacción lingüística y la creatividad (UNESCO, 2021).

La investigación en materia de nutrición es fundamental para sustentar la intervención nutricional y asegurar su éxito; en ese sentido, las características de la dieta y de la actividad física realizada por individuos y colectivos constituyen datos de gran relevancia, que a través del procesamiento y análisis apoyado por la inteligencia artificial (IA), se transforman en información de particular relevancia para abordar las principales problemáticas de salud pública a través de la identificación de sus causas y posibles abordajes, acercándonos a una mejor comprensión de la estrecha y compleja relación entre el estado nutricional y la salud, así como el impacto de una dieta incorrecta y los estilos de vida sobre esta.

Contexto actual del uso de la IA en nutrición

Actualmente la aplicación de la IA en nutrición incluye los siguientes dominios:

Dominio	Recurso
Evaluación dietética	Registro preciso de ingesta alimentaria, superando métodos tradicionales. Reconocimiento de imágenes, procesamiento de lenguaje natural y chatbots.
Intervención nutricional	Personalización de las recomendaciones a través del análisis de grandes volúmenes de datos de individuos y comunidades.
Predicción de riesgos	Estimación de riesgos a desarrollar ECNT usando aprendizaje automático.

En ese sentido, la IA puede coadyuvar en la personalización y optimización de los planes de alimentación, a través de una evaluación de la dieta de los pacientes, más objetiva y menos dependiente de la memoria; la construcción de planes de alimentación personalizados, considerando datos como preferencias, alergias e intolerancias, así como objetivos de salud específicos. Asimismo, a nivel epidemiológico, la IA puede ayudar a identificar deficiencias o excesos nutricionales mediante el análisis de patrones de consumo (Sosa-Howlwerda, 2024).

¿Cómo integrar la IA a la Práctica Nutricional?

La práctica nutricional representa la base de la profesionalización de las nutriólogas y los nutriólogos. Es una actividad que implica el desarrollo de diferentes técnicas y métodos que en conjunto tienen la finalidad de atender y resolver problemáticas en salud relacionadas a la alimentación y estilos de vida.

El uso de la IA en la realización de la práctica nutricional se ha vuelto un desafío importante. Su utilización requiere del desarrollo de habilidades en la creación de instrucciones para poder obtener las respuestas adecuadas, además de una interpretación crítica de la información (García, 2024).

Una de las principales aplicaciones de la IA en la práctica nutricional es la creación de planes de alimentación con características particulares. Cuando se realiza un plan de alimentación de forma convencional, el proceso es largo y requiere de varios pasos a seguir para poder completarlo. La virtud del uso de IA en estos planes es que simplificará el procedimiento, agilizando la tarea y empleando menos tiempo para conseguir el producto final (Bonilla, et al., 2023). En esta acción se requiere la utilización de prompts específicos, brindando la mayor cantidad de datos posibles para poder obtener una respuesta adecuada. Hay que considerar que la indicación que se le brinde condicionará el resultado que obtendremos. Es importante que se trate de otorgar la mayor cantidad de particularidades. A continuación, se enuncian dos ejemplos de prompts realizados para motores de búsqueda convencionales con IA. Los ejemplos hacen referencia a la instrucción de pedir un plan de alimentación para una condición específica de salud.

Ejemplo 1: *“Haz un plan de alimentación para una mujer de 25 años con hipotiroidismo”.*

Ejemplo 2: *“Elabora un plan de alimentación de 1500 kcal usando alimentos tradicionales del centro de México, con platillos que requieran poco tiempo de preparación y puedan llevarse en recipientes al lugar de empleo o escuela. El plan debe considerar solamente el desayuno, la comida y la cena, y estar dirigido a una mujer de 25 años con hipotiroidismo”.*

En el primer ejemplo, se brinda sólo información básica de las características que se requieren para el plan de alimentación. Se menciona solamente el sexo de la persona, edad y condición de salud. En el segundo, además de lo antes descrito, se solicita en la instrucción que se contemple el contexto sociodemográfico, la planificación de las preparaciones y los tiempos de comida que formarán el plan de alimentación. Al realizar el prompt de esta manera, obtendremos una respuesta más detallada y acertada, en comparación con el primer ejemplo de prompt.

Además de realizar planes de alimentación, la IA puede personalizar planes ya establecidos, a través del análisis de volúmenes grandes de datos de donde se basa para individualizarse de acuerdo con los requerimientos energéticos, de macronutrientes y micronutrientes que se le solicite (Ramírez-Canales, Meza-Peña y Chávez-Corona, 2025).

Así mismo, en la práctica nutricional es importante el monitoreo o seguimiento continuo de los pacientes. Otra aplicación de la IA es que puede apoyar en generar formatos de monitoreo de la ingesta alimentaria y parámetros de salud. Estos instrumentos

son utilizados con la finalidad de mejorar el apego al plan de alimentación durante el seguimiento del tratamiento. También, puede generar instrumentos de evaluación de la ingesta dietética de acuerdo con las características que se le indiquen (Bonilla, et al., 2023). A continuación, se enuncian ejemplos de prompts particulares para un instrumento de monitoreo y uno de evaluación:

Ejemplo 1 (monitoreo): *“Elabora un instrumento de frecuencia de consumo de alimentos, considerando alimentos que se consuman en todo México, con base en el SMAE y que permita identificar el patrón de consumo de fibra, vitaminas, minerales y la frecuencia de consumo de alimentos ultraprocesados. Considera porciones y la frecuencia de día, semana y mes”.*

Ejemplo 2 (evaluación): *“Elabora una alternativa a un diario de alimentos que permita cuantificar semanalmente el consumo de frutas y verduras de un paciente adulto que ha recibido un plan de alimentación en el marco de la consulta nutricional”.*

Por otra parte, desde la práctica nutricional se aborda el componente educativo nutricional. La educación nutricional es importante en el proceso de atención nutricional debido a que permite crear habilidades en los pacientes en beneficio del apego al tratamiento nutricional y fomentar el aprendizaje de conocimientos relacionados a la alimentación y estilos de vida saludable. La IA apoya en la elaboración de material informativo que puede utilizarse con fines educativos (Ramírez-Canales, Meza-Peña y Chávez-Corona, 2025). A continuación, se enuncia un ejemplo de prompt para generar el contenido de un material de difusión de la información.

Ejemplo: *“Elabora el contenido de una infografía sobre los beneficios del consumo suficiente de agua simple, dirigido al público en general, para ser colocado en una clínica de medicina familiar”.*

Así mismo, el uso de la IA a través de diversas herramientas como aplicaciones para dispositivos móviles, puede tener un beneficio hacia la adherencia al tratamiento nutricional. Por medio de estas aplicaciones, se pueden crear registros de alimentos, recordatorios de consumo de alimentos y agua, así como información relacionada con el plan de alimentación y las recomendaciones personalizadas a cada persona.

Beneficios de integrar IA en prácticas Nutricionales

La IA es capaz de analizar grandes volúmenes de datos, generar predicciones y buscar referencias bibliográficas de manera más eficiente (García, 2024). Algunos de los beneficios del uso de IA en la práctica nutricional son:

Precisión: es capaz de comparar datos individuales con grandes bases de datos, haciendo esta tarea en un tiempo significativamente menor que si se realizara de forma manual.

Monitoreo continuo: a través de diversas aplicaciones, facilita el seguimiento y la adherencia al tratamiento nutricional, así como observar el progreso del paciente.

Motivación: la visualización del progreso y los resultados en salud fomentan un mayor apego al plan de alimentación y recomendaciones personalizadas del paciente.

Mejora de resultados: al realizar la personalización de los planes de alimentación, y por medio del monitoreo continuo, puede conducir a mejorar los resultados en el estado de nutrición y salud de la persona.

Tiempo: con la automatización de las tareas, permite ahorrar tiempo en la realización de materiales o instrumentos.

Creación de instrumentos: permite realizar instrumentos para evaluar o monitorear el progreso del paciente. También, puede crear materiales informativos de difusión, lo que fomenta en conjunto la educación nutricional en el paciente.

Futuro de la inteligencia artificial en la nutrición

Al hablar del futuro de la inteligencia artificial (IA) en la educación, debemos reflexionar sobre si quizás ese futuro es más próximo de lo que parece. Es innegable la velocidad con la que las tecnologías relacionadas a la IA han avanzado. Las siguientes líneas describen los posibles ejes que pueden regir el futuro de la IA en el área de la nutrición.

Nutrición personalizada y planes adaptados

El contexto en el cuál se ha desarrollado la nutrición, puede obviar que toda intervención debe ser personalizada, sin embargo, la IA tiene la capacidad de procesar una gran cantidad de datos, recopilar información (desde datos básicos como peso, talla, antecedentes médicos, alergias, patrones de comportamiento, intereses por ciertos alimentos, etc.) y compararla con bases de datos en su sistema que pueda generar la detección de patrones (Larousse Cocina, 2023) e identificar las distintas necesidades y ofrecer recomendaciones personalizadas basadas en los intereses en tiempo real del usuario, adaptando rápidamente sus intereses con los hallazgos detectados

Un ejemplo de este acercamiento es la aplicación *Protein*, creada en Europa, siendo un sistema basado en TICs que ofrece recomendaciones y planes personalizados de alimentación favoreciendo y ayudando a las personas en su vida cotidiana, cuenta con una aplicación disponible para el sistema operativo Android y un panel para profesionales en nutrición y otras disciplinas de la salud, además utiliza información del perfil de usuario, para crear planes personalizados alimentación y actividad física, incluso es capaz de combinar datos de actividad física procedentes de aplicaciones o sensores conectados (*gadgets*) para otras apps de salud (CORDIS, 2023).

Comportamiento alimentario y su análisis predictivo

La inteligencia artificial posibilita un análisis predictivo del comportamiento alimentario al integrar datos individuales sobre hábitos, preferencias, condiciones de salud y factores contextuales, adicional, esta capacidad permite anticipar patrones de consumo y riesgos nutricionales, facilitando intervenciones preventivas y personalizadas en salud, identificando tendencias y correlaciones que serían difíciles de detectar manualmente, transformándose en una herramienta poderosa para apoyar la toma de decisiones clínicas, el diseño de programas de nutrición, el seguimiento del comportamiento alimentario y el monitoreo de la salud (Ramírez-Canales, Meza-Peña y Chávez-Corona, 2025).

La incorporación de la IA, ha generado la llamada cuarta revolución industrial, impulsando avances tanto en el ámbito de la salud como en la industria alimentaria, impactando

diversos aspectos relacionados con la alimentación, desde la disponibilidad y elección de alimentos, hasta el diseño de terapias y planes alimenticios personalizados (Beraud, 2018).

La IA como un complemento y no como una sustitución

La evidencia de la utilidad de la IA en ámbitos como la nutrición, es cada vez mayor, la investigación ha puesto de manifiesto, por ejemplo, que los planes dietéticos creados mediante IA tienen un alto potencial para su uso en entornos clínicos reales, donde la calidad de dichos planes es similar a la de los materiales educativos que se emplean con pacientes, lo que refuerza su posible valor práctico, con ciertas limitaciones (Kim et al., 2024).

Es importante no generar nuestras propias barreras ante esta tecnología, es fundamental utilizarla, para conocer sus limitaciones claras, tener una mentalidad abierta, comprendiendo que toda herramienta tecnológica debe verse como un complemento a la experiencia de los profesionales de la salud, sin embargo, en el contexto actual, la IA no puede reemplazar la experiencia, interacción y elementos inherentes del ser humano, no es capaz de evaluar el estado emocional de un paciente o comprender las complejas interacciones sociales y culturales que implican

la alimentación y la nutrición, ya que todos los alcances de la IA deben siempre ir de la mano de un profesional en nutrición o expertos en salud, pues las aplicaciones son una herramienta adicional, de modo que las y los profesionales de la salud intervengan cuando sea necesario.

Hacia las consideraciones del uso ético de la IA en la educación y la nutrición

Las tecnologías basadas en el aprendizaje automático, machine learning y el acceso al *big data*, ofrece un potencial claro, aunque su aplicación en ámbitos de salud y nutrición se requiere considerar aspectos claves como la relevancia que se tiene y la facilidad de acceder a grandes volúmenes de datos, su análisis adecuado y la integración de los resultados que

generen estos algoritmos, estos procesos implican desafíos éticos y legales que no podemos dejar pasar (Fundación Instituto Roche, 2020).

Las principales dificultades que nos encontraremos serán asociadas a: Garantizar el anonimato de los datos de individuos y pacientes que se integran a las plataformas y generan las bases de datos y la información que almacenan estas herramientas (Abellán-García, et al., 2019); la protección de la información del individuo y la posibilidad de generar relaciones entre los datos masivos y las conclusiones que puedan derivar en los distintos contextos a través del procesamiento de dichos datos (Floridi, 2019; Fundación Instituto Roche, 2020); la evitación de posibles sesgos y tendencias erróneas al tomar decisiones basadas exclusivamente en los perfiles y algoritmos (Cotino, 2017) que han generado las bases de datos y los propios algoritmos alimentados manualmente por seres humanos con capacidad de error; garantizar que la toma de decisiones no sea automatizada o esté basada de manera exclusiva en un sistema o un perfil obtenido de un algoritmo, así como conocer con claridad y transparencia los procesos de las metodologías por el cuál un algoritmo o IA genera una decisión concluyente (Fundación Instituto Roche, 2020), y finalmente es importante establecer a quién atribuir y quién debe asumir la responsabilidad cuando se empleen herramientas de IA en salud y nutrición (Beriaín, 2019).

Referencias

- Abellán-García F, Alcalde G, Alfonso I, et al. (2019). Uso de datos clínicos ante nuevos escenarios tecnológicos y científicos. Oportunidades e implicaciones jurídicas. *Revista de Derecho y Genoma Humano, Genética, Biotecnología y Medicina Avanzada*, Número Ext(41):1-646. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=969804>
- Beraud, I. P. (2018). Cuarta revolución industrial. Impacto de la inteligencia artificial en el modo de producción actual. *Conjeturas Sociológicas*, 43-57. <https://revistas.ues.edu.sv/index.php/conjsociologicas/article/view/1423/1345>
- Beriaín, I. M. (2019). Medicina personalizada, algoritmos predictivos y utilización de sistemas de decisión automatizados en asistencia sanitaria: Problemas éticos. *Dilemata*, (30), 93-109. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7416199>
- Bonilla, D. A., Daga, R., Gamero, A., Pérez-López, A., Pérez-Esteve, É., Pérez-Armijo, P., Petermann-Rocha, F., Lozano-Lorca, M., Reig García-Galbis, M., Kouiti, M.,

- Carrillo-Alvarez, E., Fernández-Villa, T., Apolinar-Jiménez, E., Nava-González, E. J., Benítez-Brito, N., & Almendra-Pegueros, R. (2023). Aplicaciones de la inteligencia artificial en la nutrición y dietética: Más allá de los asistentes virtuales. *Revista Española de Nutrición Humana y Dietética*, 27(4), 1–10. <https://doi.org/10.14306/renhyd.27.4.2054>
- CORDIS. (2023, abril 11). Alimentación personalizada basada en inteligencia artificial. Comisión Europea. <https://cordis.europa.eu/article/id/443201-ai-based-personalised-nutrition/es>
- Cotino, L. (2017). Big data e inteligencia artificial: Una aproximación a su tratamiento jurídico desde los derechos fundamentales. *Dilemata*, (24), 131-150. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6066829>
- Floridi, L. (2019). What the Near Future of Artificial Intelligence Could Be. *Philosophy & Technology*, 32. <https://doi.org/10.1007/s13347-019-00345-y>
- Fundación Instituto Roche. (2020). *Inteligencia artificial en salud: Retos éticos y legales* (Informe Anticipando). https://www.institutoroche.es/static/archivos/Informes_anticipando_RETOS_ETICOS_DEF.pdf
- García, G. (2024, junio). ¿Qué papel juega la Inteligencia Artificial en la nutrición personalizada? (The Food Tech). <https://thefoodtech.com/nutricion-y-salud/que-papel-juega-la-inteligencia-artificial-en-la-nutricion-personalizada/>
- Kaufer-Horwitz, M., Pérez-Lizaur, A. B., Ramos Barragán, V. E., & Gutiérrez Robledo, L. M. (2023). *Nutriología médica* (5.ª ed.). Editorial Médica Panamericana.
- Kim, D. W., Park, J. S., Sharma, K., Velazquez, A., Li, L., Ostrominski, J. W., Tran, T., Seitter, R. H., y Shin, J. H. (2024). Qualitative evaluation of artificial intelligence- generated weight management diet plans. *Frontiers in nutrition*, 11, 1374834. <https://doi.org/10.3389/fnut.2024.1374834>
- Larousse Cocina. (2023, junio 27). Inteligencia artificial en la cocina: El futuro de la gastronomía y la nutrición. <https://laroussecocina.mx/blog/inteligencia-artificial-en-la-cocina-el-futuro-de-la-gastronomia-y-la-nutricion/>
- Ramírez-Canales, I. M., Meza-Peña, D. A. y Chávez-Corona, F. (2025). Impacto de la Inteligencia Artificial en la salud: Una transformación del comportamiento alimentario. *Journal of Behavior and Feeding* 4 (8):78-81. <https://doi.org/10.32870/jbf.v4i8.64>.

Sosa-Holwerda, A., Park, O.-H., Albracht-Schulte, K., Niraula, S., Thompson, L., & Oldewage-Theron, W. (2024). The Role of Artificial Intelligence in Nutrition Research: A Scoping Review. *Nutrients*, 16(13), 2066. <https://doi.org/10.3390/nu16132066>

UNESCO. (2021). *Recomendación sobre la ética de la inteligencia artificial*. UNESCO. Recuperado de <https://www.unesco.org/es/artificial-intelligence>

La Inteligencia Artificial en la Ingeniería Química (Realidad en la industria 4.0)

Aldo Fernando Varela Martínez

A lo largo de la historia, la humanidad ha experimentado varias revoluciones industriales que han transformado radicalmente la forma en que vivimos y trabajamos. Desde la mecanización de la producción en el siglo XVIII hasta la digitalización y automatización en el siglo XXI, cada revolución ha traído consigo avances tecnológicos y cambios sociales significativos. En este capítulo, exploraremos las cuatro revoluciones industriales y el cómo la Industria 4.0 está moldeando el futuro a través del uso de inteligencia artificial y su impacto con las necesidades por transformar la formación de Ingenieras e ingenieros Químicos en los ámbitos educativos.

Este proceso de transformación se inició en Gran Bretaña y posteriormente se extendió a otras regiones, marcando el paso de una economía predominantemente agrícola y artesanal a una economía industrializada basada en la producción mecanizada. Entre los avances tecnológicos más destacados se encuentran la invención de máquinas textiles, como la hiladora y el telar mecánico, que incrementaron significativamente la eficiencia en la producción de bienes.

La Primera Revolución Industrial marcó el comienzo de la mecanización de la producción. La invención de la máquina de vapor por James Watt en 1769 fue un hito crucial, ya que permitió la creación de fábricas y la producción en masa. Este período también vio el desarrollo de la industria textil, la minería y el transporte ferroviario. La mecanización no solo aumentó la eficiencia y la producción, sino que también cambió la estructura social, con la migración de personas del campo a las ciudades en busca de trabajo.

Este período de cambio profundo tuvo también importantes repercusiones sociales. La mecanización y la producción en masa provocaron un éxodo rural hacia las ciudades, generando un crecimiento urbano acelerado y condiciones laborales muchas veces precarias para la clase obrera. La estructura social se vio transformada, consolidándose una nueva clase de trabajadores industriales y una clase capitalista que controlaba los medios de producción. Además, la Revolución Industrial impulsó el desarrollo del capitalismo y sentó las bases para la economía moderna, influyendo en aspectos culturales, políticos y tecnológicos que aún perduran en la actualidad. En síntesis, la Primera Revolución Industrial fue un período de cambios profundos que modificaron radicalmente la forma en que la humanidad produce, consume y se relaciona con su entorno, por ejemplo, en esta primera etapa se impulsó el crecimiento de las ciudades, ya que muchas personas se mudaron a los centros industriales en busca de trabajo. Con la industrialización, surgieron fábricas donde las condiciones de trabajo eran duras, con largas jornadas y poca regulación.

La Segunda Revolución Industrial, que se desarrolló entre finales del siglo XIX y principios del siglo XX, se caracterizó por la electrificación y la introducción de la producción en cadena. La invención del motor de combustión interna y la electricidad permitió la creación de nuevas industrias, como la automotriz y la química. Henry Ford revolucionó la producción con la introducción de la línea de ensamblaje, lo que permitió la fabricación en masa de automóviles. Este período también vio avances en la comunicación, con la invención del teléfono y la radio, que conectaron a las personas de manera más eficiente fortaleciendo las clases sociales, con una élite industrial y una clase trabajadora.

La Segunda Revolución Industrial tuvo un impacto muy importante y profundo en diferentes aspectos de la vida y la economía se generaron avances tecnológicos e innovaciones como la electricidad, el petróleo, el acero y la química, lo que permitió la creación de nuevos productos y mejoró los existentes. Por ejemplo, la electricidad facilitó la iluminación y el funcionamiento de maquinaria, y el automóvil se convirtió en un símbolo de esta era. Además la producción en masa y las cadenas de montaje, como las que popularizó Henry Ford, permitieron fabricar bienes de manera mucho más rápida y económica, haciendo que los productos fueran más accesibles para muchas personas. La segunda revolución impulsó un crecimiento económico acelerado y facilitó el comercio internacional. Los países comenzaron a estar más conectados, intercambiando bienes, ideas y tecnologías a nivel mundial; la expansión de las industrias llevó a un aumento en la urbanización, con más personas viviendo en las ciudades. También surgieron nuevas clases sociales, como la clase

obrero industrial y la élite empresarial, lo que generó cambios en la estructura social y en las condiciones laborales.

La electricidad y los nuevos inventos mejoraron la calidad de vida, facilitando así las tareas diarias y creando nuevas formas de entretenimiento y comunicación, como la radio y el cine. En resumen, la Segunda Revolución Industrial fue un período de grandes avances tecnológicos y económicos que transformaron la sociedad, la forma en que producimos bienes y cómo nos relacionamos a nivel global.

En una tercera era, se presenta una destacada etapa de la ya conocida revolución digital, que comenzó en la segunda mitad del siglo XX y se caracteriza por la digitalización y la automatización. La invención del transistor y el desarrollo de la informática permitieron la creación de computadoras y la automatización de procesos industriales. La llegada de Internet en la década de 1990 transformó la comunicación y el acceso a la información, conectando a personas y empresas a nivel global. La digitalización ha permitido la creación de nuevas industrias, como la tecnología de la información y la biotecnología, y ha cambiado la forma en que trabajamos y vivimos.

Esta revolución, se caracteriza principalmente por la incorporación masiva de la tecnología digital en todos los aspectos de la vida. Estos avances permitieron que la información se procesara y compartiera de manera mucho más rápida y eficiente. Uno de los hitos clave fue la creación del microprocesador en los años 70, que hizo posible la miniaturización de las computadoras y su uso en diferentes dispositivos. Luego, en los años 90, internet se convirtió en una herramienta global que conectó a personas, empresas y gobiernos en una red mundial. La tercera revolución industrial transformó la economía, la industria y la sociedad, facilitó la automatización de procesos, la globalización y la innovación tecnológica. Esto llevó a la aparición de nuevas industrias, como la tecnología de la información, la electrónica y las telecomunicaciones, y cambió la forma en que trabajamos, aprendemos y nos comunicamos.

La Industria 4.0, también conocida como la Cuarta Revolución Industrial, es un término que se refiere a la integración de tecnologías digitales avanzadas en la producción industrial. Esta revolución se caracteriza por el uso de la inteligencia artificial, el Internet de las cosas, la robótica avanzada y la analítica de datos para crear fábricas inteligentes y conectadas. La Industria 4.0 permite la personalización masiva, la optimización de

procesos y la toma de decisiones basada en datos en tiempo real. Las fábricas inteligentes pueden adaptarse rápidamente a los cambios en la demanda y mejorar la eficiencia y la calidad de los productos.

La Industria 4.0 se centra en la integración de tecnologías digitales avanzadas en los procesos de producción y fabricación. Esta tendencia combina la automatización, la inteligencia artificial, el internet de las cosas, la robótica, la *big data* y la computación en la nube para crear fábricas inteligentes y conectadas. El objetivo principal es hacer que la producción sea más eficiente, flexible y personalizada, al permitir a las empresas responder rápidamente a las demandas del mercado y mejorar la calidad de sus productos. La Industria 4.0 busca transformar las fábricas tradicionales en entornos altamente conectados y automatizados, donde los sistemas trabajan en conjunto de manera inteligente para optimizar toda la cadena de producción.

Parte de las ventajas que están transformando la forma en que se producen bienes y servicios, se relacionan con los siguientes puntos:

1. Mayor eficiencia y productividad: Gracias a la automatización y a la integración de sistemas inteligentes, las fábricas pueden producir más en menos tiempo y con menos errores.
2. Personalización de productos: La flexibilidad de los sistemas permite fabricar productos adaptados a las necesidades específicas de cada cliente, en lotes pequeños o incluso personalizados.
3. Reducción de costos: La optimización de procesos y el mantenimiento predictivo ayudan a disminuir gastos operativos y evitar paradas no planificadas.
4. Mejora en la calidad: Los sistemas conectados y controlados en tiempo real permiten detectar y corregir defectos rápidamente, garantizando productos de mejor calidad.
5. Mayor flexibilidad y adaptabilidad: Las fábricas pueden ajustarse rápidamente a cambios en la demanda o en el diseño de productos, lo que favorece la innovación y la competitividad.
6. Sostenibilidad: La optimización de recursos y la reducción de residuos contribuyen a una producción más ecológica y responsable.

7. Toma de decisiones basada en datos: La recopilación y análisis de datos en tiempo real permiten a las empresas tomar decisiones más informadas y estratégicas.

La relación entre la educación y la Industria 4.0 es muy importante, ya que esta revolución tecnológica está cambiando la forma en que aprendemos y enseñamos. Por ejemplo, para lograr una formación de habilidades digitales se requiere profesionales con conocimientos en tecnologías como la inteligencia artificial (IA), la robótica y el análisis de datos. La educación se debe adaptar para preparar a los estudiantes en estas áreas. Gracias a las tecnologías digitales, la educación puede ofrecer experiencias de aprendizaje más adaptadas a las necesidades y ritmos de cada estudiante, similar a cómo las fábricas personalizan productos.

Se utilizan herramientas como la realidad virtual y aumentada para simular entornos industriales, permitiendo a los estudiantes practicar en entornos seguros y realistas, la digitalización facilita el acceso a cursos, talleres y recursos en línea, ampliando las oportunidades de formación en todo el mundo, el fomento de habilidades blandas, además de conocimientos técnicos, la Industria 4.0 impulsa habilidades como la creatividad, la resolución de problemas y el trabajo en equipo, que también se integran en los programas educativos.

La colaboración entre instituciones y empresas vuelve más colaborativa la educación, las alianzas entre universidades, centros de formación y empresas tecnológicas para diseñar currículos relevantes y actualizados. Está transformación prepara a las personas para un mundo laboral cada vez más digital y automatizado, asegurando que puedan aprovechar las oportunidades que ofrece la Industria 4.0.

Cada revolución industrial ha tenido un impacto significativo en la sociedad y el trabajo. La mecanización y la producción en masa de la Primera y Segunda Revolución Industrial llevaron a la urbanización y la creación de nuevas clases sociales. La digitalización de la Tercera Revolución Industrial transformó la comunicación y el acceso a la información al crear nuevas oportunidades y desafíos. La Industria 4.0 está cambiando la forma en que trabajamos, con el reemplazo de tareas repetitivas por la automatización del trabajo, además de la creación de nuevos roles en la gestión de datos y la programación.

Aunque la Industria 4.0 ofrece numerosas oportunidades para mejorar la eficiencia y la calidad de los productos, también presenta desafíos. La automatización y la inteligencia

artificial pueden llevar a la pérdida de empleos en tareas repetitivas, lo que requiere una adaptación y capacitación de la fuerza laboral. Además, la integración de tecnologías digitales plantea cuestiones de seguridad y privacidad de los datos. Sin embargo, la Industria 4.0 también ofrece oportunidades para la creación de nuevos empleos en áreas como la programación, la analítica de datos y la gestión de la tecnología. La inteligencia artificial está revolucionando muchas industrias, como la manufactura, la salud, la logística, la agricultura y muchas más. Por ejemplo, en la manufactura, la IA permite el mantenimiento predictivo, lo que ayuda a prevenir fallos en las máquinas antes de que ocurran, ahorrando tiempo y dinero. En la salud, la IA ayuda en diagnósticos más precisos y en el desarrollo de tratamientos personalizados. En logística, optimiza rutas y gestiona inventarios de manera más eficiente.

La inteligencia artificial ha revolucionado muchas áreas de la ciencia y la tecnología, y la Ingeniería Química no es la excepción. Su integración ha permitido optimizar procesos, mejorar la eficiencia y reducir costos en diversas operaciones industriales. Uno de los principales aportes de la IA en esta disciplina es la capacidad de modelar y simular procesos complejos que antes eran difíciles de predecir con métodos tradicionales. Gracias a algoritmos de aprendizaje automático y redes neuronales, los ingenieros pueden crear modelos precisos que predicen el comportamiento de reacciones químicas, transferencia de calor, masa y otras variables críticas.

Esto facilita la toma de decisiones en tiempo real y permite ajustar parámetros para maximizar la producción o minimizar residuos. Además, la IA ayuda en el diseño de nuevos materiales y compuestos, al acelerar la investigación y desarrollo en áreas como la producción de polímeros, catalizadores y materiales avanzados. La automatización de laboratorios y plantas químicas también ha sido posible gracias a sistemas inteligentes que controlan procesos, detectan anomalías y previenen fallos antes de que ocurran.

Otra aplicación importante es en la gestión de la calidad, donde sensores conectados a sistemas de IA monitorean continuamente las propiedades de los productos, asegurando que cumplan con los estándares requeridos. La seguridad en las plantas químicas también se ha visto beneficiada, ya que los algoritmos pueden predecir posibles accidentes o fallos en equipos, lo que permite tomar medidas preventivas. La optimización de recursos, como energía y materias primas, es otra área en la que la IA aporta valor, ayudando a reducir el impacto ambiental y promover prácticas más sostenibles.

La inteligencia artificial en la ingeniería química no solo mejora la eficiencia y seguridad de los procesos, sino que también impulsa la innovación y el desarrollo de nuevas tecnologías.

Un ejemplo claro y de interés para el caso de la formación de ingenieras e ingenieros químicos estaría relacionada con la aplicación de la IA en la manufactura dentro de una Industria con características 4.0 por ejemplo:

1. **Mantenimiento predictivo:** La IA analiza datos de sensores en máquinas y equipos para predecir cuándo es probable que fallen. Esto permite realizar mantenimiento justo a tiempo, al evitar paradas no planificadas y reduciendo costos.
2. **Optimización de procesos:** Los algoritmos de IA pueden ajustar automáticamente parámetros de producción para maximizar la eficiencia, reducir desperdicios y mejorar la calidad del producto.
3. **Control de calidad automatizado:** Sistemas de visión artificial con IA inspeccionan productos en línea, detectando defectos con alta precisión y velocidad, lo que garantiza productos de mejor calidad.
4. **Personalización en masa:** La IA ayuda a adaptar rápidamente la producción a las necesidades específicas de los clientes, lo que permite fabricar productos personalizados sin perder eficiencia.
5. **Robótica inteligente:** Los robots equipados con IA trabajan junto a humanos o de forma autónoma en tareas complejas, aumentando así la productividad y la seguridad en las fábricas.

En conclusión, Las revoluciones industriales han sido motores de cambio y progreso a lo largo de la historia. Desde la mecanización de la producción en el siglo XVIII hasta la digitalización y automatización en el siglo XXI, cada revolución ha transformado la forma en que vivimos y trabajamos. La Industria 4.0 está llevando la producción industrial a nuevas alturas, con fábricas inteligentes y conectadas que optimizan procesos y mejoran la calidad de los productos. A medida que avanzamos hacia el futuro, es esencial adaptarse a estos cambios y aprovechar las oportunidades que ofrecen las nuevas tecnologías, La colaboración entre ingenieros y sistemas inteligentes continúa creciendo, abriendo nuevas fronteras en la investigación y la producción química. La tendencia apunta a una mayor integración de la IA en todos los aspectos de la Ingeniería Química. La IA está transformando la forma en que los procesos industriales se diseñan, controlan y optimizan.

Referencias

- El empleo y la revolución industrial 4.0, María Ángeles Castellano, Gaceta sindical digital : Castilla-La Mancha, nº 274 (abril), 2017, pág. 7
- Miranda J, et al. The core components of education 4.0 in higher education: Three case studies in engineering education. Computers and Electrical Engineering 93 (2021) 107278.
- Basco, A. I. y G. Beliz (2018), Industria 4.0: Fabricando el futuro, Buenos Aires, BID.
- Sang P. Industria 4.0 - Explicado Fácilmente (Transformación Digital) [video en Internet]. Disponible en <https://youtu.be/Qb7twp03c58> (Consultado en línea: 21 de agosto de 2023).
- Kolberg, D., Zühlke, D., (2015) Lean Automation enabled by Industry 4.0 Technologies. IFAC-PapersOnline, 3 (48), 1870–1875.

Inteligencia Artificial en la Formación Farmacéutica: Un Enfoque Crítico para la Transformación Educativa

Elizabeth Guadalupe Sánchez González
Vicente Jesús Hernández Abad

1. La Revolución Digital en la Farmacia y la Farmacéutica

La inteligencia artificial (IA) ha impactado en el ámbito de la farmacia y la farmacéutica con una fuerza transformadora que afecta tanto a la práctica como a la formación de los profesionales. Este capítulo explora cómo las tecnologías de IA están redefiniendo los paradigmas educativos en esta área, analizando las ventajas, desventajas y los cuestionamientos éticos que surgen derivados de su uso. La integración de *el e e* inteligencia artificial (IA) en la educación farmacéutica representa no simplemente una adición tecnológica, sino un cambio fundamental en cómo concebimos la adquisición de conocimientos, el desarrollo de competencias y la formación de los farmacéuticos para enfrentar los desafíos de un sistema de salud en rápida evolución¹.

La educación farmacéutica se encuentra en una encrucijada histórica donde debe equilibrar la tradición de excelencia científica con la innovación disruptiva que representan estas tecnologías. Este capítulo propone un marco analítico para comprender esta transición, ofreciendo algunas recomendaciones prácticas para integrar estas herramientas de manera efectiva y ética en los programas de formación farmacéutica.

2. Bases Cognitivas del Aprendizaje con Tecnología

La integración de IA en educación farmacéutica se fundamenta en teorías de aprendizaje cognitivo y conectivismo. Los sistemas de IA facilitan la asimilación de conocimientos complejos mediante la adaptación de contenidos a estilos de aprendizaje individuales, creando trayectorias educativas personalizadas que responden a las necesidades específicas de cada estudiante. Los algoritmos de aprendizaje automático analizan el desempeño del estudiante identificando patrones de comprensión y dificultades, permitiendo intervenciones educativas precisas y oportunas.

La teoría conectivista adquiere especial relevancia en este contexto, ya que el conocimiento en la farmacia y la farmacéutica se genera y actualiza a una velocidad que supera la capacidad humana de procesamiento. Las herramientas de IA actúan como nodos en redes de conocimiento, facilitando la conexión entre información dispar y aparentemente no relacionada, generando conocimientos que enriquecen el proceso educativo con aplicaciones prácticas inmediatas².

3. Modelos Pedagógicos para la Era de la IA

Los modelos pedagógicos tradicionales están siendo transformados por enfoques basados en el análisis predictivo y la adaptabilidad algorítmica. Estos sistemas permiten la creación de entornos de aprendizaje que se modifican en tiempo real según las respuestas del estudiante, brindando así desafíos adecuados al nivel del desarrollo profesional. La simulación de escenarios complejos mediante IA generativa proporciona al estudiantado las experiencias educativas inmersivas que los preparan para situaciones reales sin poner en riesgo a procesos, análisis o a los pacientes³.

4. Aplicaciones de IA en la formación farmacéutica: Herramientas de simulación y entornos virtuales

La IA generativa ha permitido el desarrollo de sistemas de simulación que recrean los entornos farmacéuticos con un realismo sin precedentes. Por ejemplo, estas plataformas pueden generar pacientes virtuales con historiales médicos complejos, patrones de medicación y respuestas fisiológicas realistas que responden a intervenciones farmacéuticas. En la fabricación farmacéutica, puede utilizarse para el mantenimiento predictivo y la comprensión del control de calidad. Mediante el entrenamiento con datos de procesos de fabricación, datos de sensores de equipos o resultados de pruebas de calidad, es posible aprender a predecir fallos de equipos, desviaciones en la calidad del producto o anomalías del proceso, para la comprensión de las necesidades durante el aseguramiento de la calidad⁴. Así, las diversas plataformas y aplicaciones permiten al estudiantado analizar nuevos horizontes y sugieren recursos educativos adicionales, prácticas específicas o áreas de conocimiento que requieren refuerzo. Brindando con esta capacidad adaptativa una transformación de la experiencia educativa de un modelo estandarizado a uno personalizado que se ajusta a las necesidades individuales de cada educando.

5. Análisis de Big data en Educación Farmacéutica

El uso de Big data en la formación farmacéutica permite identificar tendencias globales en el desempeño estudiantil, correlacionar variables educativas con resultados académicos y optimizar los planes de estudio basándose en evidencia objetiva. Las instituciones educativas pueden analizar grandes volúmenes de datos de desempeño para identificar qué elementos del currículo son más efectivos y cuáles requieren revisión. A pesar del rápido crecimiento e integración de estas herramientas basadas en IA en la educación, muchas de ellas no se han reportado en la literatura ni se ha evaluado su eficacia. La investigación sobre el uso de herramientas basadas en IA en la educación del profesional de la salud es crucial para garantizar su eficacia y la integralidad del aprendizaje³. Algunas de las aplicaciones documentadas en la literatura con impacto en la educación farmacéutica se enlistan a continuación (Cuadro 1.).

Cuadro 1: Aplicaciones de IA en Educación Farmacéutica⁵⁻¹⁴.

Área de Aplicación	Tecnología Utilizada	Impacto Educativo	Ejemplo Práctico
Simulación clínica	IA generativa y entornos inmersivos	Mejora del 35-40% en retención de habilidades prácticas	Pacientes virtuales con respuestas realistas a medicamentos
Personalización del aprendizaje	Algoritmos de machine learning	Reducción del 30% en tiempo de aprendizaje	Rutas educativas adaptadas a estilos individuales
Análisis curricular	Big data y analytics	Identificación de contenidos obsoletos con 95% de precisión	Detección de desfases entre formación y práctica real
Evaluación automática	Procesamiento de lenguaje natural	Feedback inmediato en habilidades de comunicación	Análisis de interacciones paciente- farmacéutico

Así, el uso de los sistemas de IA especializados está transformando la enseñanza permitiendo el desarrollo de habilidades. En el área de oncología farmacéutica, por ejemplo, los algoritmos de *deep learning* permiten a los estudiantes practicar la identificación de patrones en pruebas de laboratorio e imágenes diagnósticas con retroalimentación inmediata sobre su precisión¹⁵, al igual que las herramientas de predicción de interacciones medicamentosas que emplean bases de datos masivas para entrenar al estudiantado en la identificación de riesgos potenciales que podrían pasar desapercibidos incluso para profesionales experimentados¹⁶.

6. Análisis comparativo: Formación en Big Data, Machine Learning e IA vs. Software Especializado

Hoy día, existe una confusión significativa entre la formación en fundamentos de ciencia de datos y el entrenamiento en el uso de software especializado, en las que es necesaria hacer una precisión para aplicarla en el ámbito educativo farmacéutico. La formación en

Big data para la educación farmacéutica debe enfocarse en principios de gestión, limpieza e interpretación de grandes volúmenes de datos, con aplicaciones en farmacia y farmacéutica (por ejemplo, en diseño de nuevas moléculas, identificación de dianas terapéuticas, nuevos sistemas de liberación modificada sostenibles, farmacoepidemiología, farmacovigilancia, resultados en salud, por mencionar algunos)¹⁷⁻¹⁹. El *machine learning* requiere comprender los distintos tipos de algoritmos (supervisados, no supervisados, por refuerzo) y sus aplicaciones específicas en la predicción de resultados terapéuticos o identificación de patrones de uso de medicamentos²⁰⁻²². Y, la formación en software especializado tiende a tener una vida útil limitada, ya que las herramientas específicas evolucionan o son reemplazadas con rapidez, es decir, es una formación más técnica y práctica, para una aplicación inmediata. En contraste, la formación en fundamentos de IA y ciencia de datos proporcionan capacidades analíticas transferibles que permanecen relevantes independientemente de los cambios tecnológicos, pues son eso, capacidades de análisis y de comprenderse correctamente de realizar juicios basados en criterios científicos. Este enfoque basado en principios más que en herramientas específicas prepara a los profesionales para adaptarse a plataformas emergentes y evaluar críticamente nuevas aplicaciones que lleguen al mercado, este análisis se delimita en el siguiente cuadro (Cuadro 2).

Cuadro 2: Comparación de Enfoques Formativos¹⁷⁻²⁷.

Aspecto	Formación en <i>Big Data</i> /ML/IA	Formación en Software Especializado
Objetivo principal	Desarrollo de competencias analíticas y críticas	Capacitación operativa en herramientas específicas
Duración de la relevancia	Largo plazo (principios transferibles)	Corto plazo (herramientas evolucionan)
Adaptabilidad tecnológica	Alta (se aplica a nuevas plataformas)	Baja (específica para cada software)
Capacidad de evaluación crítica	Desarrolla criterio para evaluar nuevas herramientas	Limita la evaluación a la herramienta aprendida
Requisitos previos	Base sólida en metodología de investigación	Conocimientos básicos de informática
Aplicación en investigación	Permite desarrollar proyectos innovadores	Limita al uso de funcionalidades existentes

7. Cuestionamientos éticos y desafíos en la implementación

a) Privacidad y seguridad de datos

La implementación de IA en educación farmacéutica genera varias inquietudes sobre la privacidad de datos de los usuarios y de los datos con los que se alimentan. Los sistemas adaptativos recolectan una gran cantidad de información sobre patrones de aprendizaje, estilos cognitivos e incluso respuestas emocionales, creando riesgos potenciales de mal uso o violación de confidencialidad²⁸⁻²⁹. Es indispensable establecer protocolos estrictos que garanticen el anonimato de los datos y limiten su uso exclusivamente a fines pedagógicos.

b) Sesgos Algorítmicos y Equidad Educativa

Los algoritmos de IA pueden perpetuar y amplificar sesgos existentes en los datos de entrenamiento, generando sistemas que favorecen inadvertidamente ciertos estilos de aprendizaje o antecedentes sociales o culturales. Este fenómeno representa un riesgo significativo para la equidad educativa, ya que podría desfavorecer a estudiantes de grupos minoritarios o con necesidades cognitivas atípicas²⁸⁻³⁰. La implementación de IA en formación farmacéutica debe incluir auditorías regulares para detectar y corregir estos sesgos, garantizando que los sistemas educativos no repliquen desigualdades sociales.

c) Transparencia y Explicabilidad

El carácter de “caja negra” de muchos algoritmos de *deep learning* plantea desafíos educativos significativos. Cuando un sistema de IA proporciona recomendaciones o evaluaciones, es crucial que los estudiantes comprendan el razonamiento subyacente para desarrollar un pensamiento crítico. La falta de transparencia en los procesos algorítmicos podría fomentar una dependencia acrítica en las recomendaciones de la IA, minimizando el desarrollo del juicio profesional independiente³¹⁻³⁵.

8. Errores comunes en la implementación de IA en la educación farmacéutica

Un error frecuente en la integración de IA en educación farmacéutica es la implementación tecnocéntrica que prioriza las capacidades técnicas sobre los principios pedagógicos sólidos, donde se prioriza la tecnología sobre pedagogía. Las instituciones adquieren herramientas avanzadas sin una estrategia educativa clara, teniendo como resultado aplicaciones superficiales que no mejoran significativamente el aprendizaje. La integración efectiva requiere, primero identificar necesidades educativas específicas y luego seleccionar tecnologías que aborden estos desafíos de manera dirigida³⁶⁻³⁸. Una consideración primordial es la formación del profesorado. La implementación de herramientas de IA debe incluir reforzar la formación docente en este tema. Los profesores necesitan desarrollo profesional comprensivo no solo para utilizar estas herramientas, sino para evaluarlas críticamente e integrarlas efectivamente en sus estrategias pedagógicas. Sin esta formación, las tecnologías más avanzadas quedan subutilizadas o se aplican de manera contraproducente³⁹⁻⁴⁰.

A la par, es necesario establecer mecanismos robustos para evaluar su impacto educativo. Es necesario desarrollar métricas específicas que midan no solo la eficiencia sino la mejora real en competencias profesionales, la retención del conocimiento y la aplicación práctica. Sin estas evaluaciones, es imposible determinar el valor real de las inversiones tecnológicas.

9. Marco para una implementación ética y efectiva de la IA en la educación farmacéutica

La integración exitosa de IA en formación farmacéutica requiere un marco basado en cinco principios fundamentales: (1) primacía del juicio profesional, donde la IA actúa como herramienta de apoyo, no de reemplazo del criterio profesional; (2) transparencia algorítmica, con sistemas explicables que permitan comprender las recomendaciones; (3) equidad educativa, con vigilancia activa contra sesgos algorítmicos; (4) privacidad por Diseño (*Privacy by Design* o *PbD*), incorporando protección de datos desde la concepción de las herramientas; y (5) sostenibilidad pedagógica, con el fin de garantizar que las soluciones sean mantenibles y actualizables a largo plazo⁴¹⁻⁴⁸. Adicionalmente, las instituciones en las que se imparte la educación farmacéutica deben establecer comités de ética que incluyan al cuerpo docente, expertos en ética y representantes estudiantiles. Quienes evaluarán las propuestas de implementación de IA, monitorean su impacto y abordan las preocupaciones emergentes.

Conclusiones y Recomendaciones

La integración de IA en la formación farmacéutica representa una oportunidad sin precedentes para mejorar la calidad, personalización y efectividad de la educación profesional. Sin embargo, este potencial solo se realizará si las instituciones abordan proactivamente los desafíos éticos, evitan los errores comunes de implementación y desarrollan un alcance pedagógicamente fundamentado.

Se recomienda a las facultades de farmacia: (1) desarrollar un plan estratégico para la integración de IA alineado con objetivos educativos más que tendencias tecnológicas; (2) invertir en la preparación del profesorado para enseñar con y sobre IA; (3) establecer marcos éticos robustos que protejan a estudiantes y pacientes; (4) priorizar la formación en fundamentos de ciencia de datos sobre entrenamiento en herramientas específicas; y (5) crear mecanismos de evaluación continua que midan el impacto real en competencias profesionales.

La IA no reemplazará a los educadores farmacéuticos, pero los educadores que utilizan IA reemplazarán a aquellos que no lo hacen. El desafío consiste en implementar estas tecnologías de manera que amplifiquen más que disminuyan las capacidades humanas, preparando farmacéuticos que puedan navegar con éxito la creciente complejidad de la práctica farmacéutica moderna.

Referencias

1. Aziz, M. H. A., Rowe, C., Southwood, R., Nogid, A., Berman, S., & Gustafson, (2024). A scoping review of artificial intelligence within pharmacy education. *American Journal of Pharmaceutical Education*, 88(1), 100615.
2. Patel, P., Kumari, D., Jain, A., Gupta, R., & Mishra, H. K. (2024). Artificial intelligence in pharmaceutical management education: Opportunities, challenges, and impact. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Nanotechnology (IJPSN)*, 17(6), 7697-7705.
3. Aziz, M. H. A., Rowe, C., Southwood, R., Nogid, A., Berman, S., & Gustafson, (2024). A scoping review of artificial intelligence within pharmacy education. *American Journal*

of Pharmaceutical Education, 88(1), 100615.

4. Kavasidis I., Lallas E., Gerogiannis V.C., Charitou T., Karageorgos A. Predictive Maintenance in Pharmaceutical Manufacturing Lines Using Deep Transformers. *Procedia Comput. Sci.* 2023;220:576–583. doi: 10.1016/j.procs.2023.03.073.
5. Allam, H. (2025). Prescribing the future: The role of artificial intelligence in pharmacy. *Information*, 16(2), 131.
6. Aloudah, M. K., Alanazi, A. J., Alanazy, A. M., Alshaer, N. M., Alanazi, G. Z., Alaqidi, M. A., ... & Aldhafeeri, M. N. (2024). Artificial Intelligence and Digital Applications in Pharmacy: Reality and Future Trends in Improving Healthcare and Enhancing Patient Experience. *Journal of International Crisis & Risk Communication Research (JICRCR)*, 7.
7. Aloudah, M. K., Alanazi, A. J., Alanazy, A. M., Alshaer, N. M., Alanazi, G. Z., Alaqidi, M. A., ... & Aldhafeeri, M. N. (2024). Artificial Intelligence and Digital Applications in Pharmacy: Reality and Future Trends in Improving Healthcare and Enhancing Patient Experience. *Journal of International Crisis & Risk Communication Research (JICRCR)*, 7.
8. Jessica, H., Britney, R., Sarira, E. D., Parisa, A., & Joe, Z. (2025). Applications of artificial intelligence in current pharmacy practice: A scoping review. *Research in Social and Administrative Pharmacy*, 21(3), 134-141.
9. Sridharan, K., & Sequeira, R. P. (2024). Artificial intelligence and medical education: application in classroom instruction and student assessment using a pharmacology & therapeutics case study. *BMC medical education*, 24(1), 431.
10. Jessica, H., Britney, R., Sarira, E. D., Parisa, A., & Joe, Z. (2025). Applications of artificial intelligence in current pharmacy practice: A scoping review. *Research in Social and Administrative Pharmacy*, 21(3), 134-141.
11. Culp, M. L., Mahmoud, S., Liu, D., & Haworth, I. S. (2024). An artificial intelligence–supported medicinal chemistry project: an example for incorporating artificial intelligence within the pharmacy curriculum. *American Journal of Pharmaceutical Education*, 88(5), 100696.
12. Olivos-Oré, L. A., Gomariz, M. B., Artalejo, A. R., Larrea, M. S. A., de Lucas Burneo, J. J., Santos, J. G., ... & Blazquez, M. A. (2024). Different roles of artificial intelligence in the teaching-learning process in pharmacology. In *INTED2024 Proceedings* (pp. 3160-3165). IATED.

13. Abdollahi, J., & Mehrpour, O. (2024, October). Opportunities and Challenges Artificial Intelligence in Pharmacology: Artificial Intelligence in Pharmacology. In *2024 11th International Symposium on Telecommunications (IST)* (pp. 28- 37). IEEE.
14. Roosan, D., Padua, P., Khan, R., Khan, H., Verzosa, C., & Wu, Y. (2024). Effectiveness of ChatGPT in clinical pharmacy and the role of artificial intelligence in medication therapy management. *Journal of the American Pharmacists Association*, 64(2), 422-428.
15. Alnuhait, M. A., Shahbar, A. N., Alrumaih, I., Alzahrani, T., Alzahrani, A., Alrashed, M. A., ... & Alsuhbany, N. (2024). Advancing cancer care: How artificial intelligence is transforming oncology pharmacy. *Informatics in Medicine Unlocked*, 50, 101529.
16. Sridharan, K., & Sequeira, R. P. (2024). Artificial intelligence and medical education: application in classroom instruction and student assessment using a pharmacology & therapeutics case study. *BMC medical education*, 24(1), 431.
17. Mohammed, S., Fareed, M. K. F., & Farooqui, A. (2024). Big Data Analytics in the Pharmaceutical Industry. *International Journal of All Research Education and Scientific Methods*, 12(9), 12-20.
18. Imai, S. (2024). Data-driven clinical pharmacy research: utilizing machine learning and medical big data. *Biological and Pharmaceutical Bulletin*, 47(10), 1594-1599.
19. Das, J., Fisher, A. C., Hughey, L., O'Connor, T. F., Pai, V., Soto, C., & Wan, J. (2024). Considerations for Big Data management in pharmaceutical manufacturing. *Current Opinion in Chemical Engineering*, 46, 101051.
20. Zhang, X., Tsang, C. C. S., Ford, D. D., & Wang, J. (2024). Student pharmacists' perceptions of artificial intelligence and machine learning in pharmacy practice and pharmacy education. *American Journal of Pharmaceutical Education*, 88(12), 101309.
21. Makarov, V., Chabbert, C., Koletou, E., Psomopoulos, F., Kurbatova, N., Ramirez, S., ... & Neupane, B. (2024). Good machine learning practices: Learnings from the modern pharmaceutical discovery enterprise. *Computers in Biology and Medicine*, 177, 108632.
22. Prusty, A., & Panda, S. K. (2024). The revolutionary role of artificial intelligence (AI) in pharmaceutical sciences. *Indian Journal of Pharmaceutical Education and Research*, 58(3s), s768-s776.
23. Dovzhuk, V., Konovalova, L., Dovzhuk, N., Konovalov, S., Konoshevych, L., & Motorna, N. (2025). Prospects for the Use of Artificial Intelligence in Personalized Medicine,

Pharmaceutical Design and Education.

24. Ding, A. C. E., Shi, L., Yang, H., & Choi, I. (2024). Enhancing teacher AI literacy and integration through different types of cases in teacher professional development. *Computers and Education Open*, 6, 100178.
25. Ng, D. T. K., Chan, E. K. C., & Lo, C. K. (2025). Opportunities, challenges and school strategies for integrating generative AI in education. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 100373.
26. Mah, D. K., & Groß, N. (2024). Artificial intelligence in higher education: exploring faculty use, self-efficacy, distinct profiles, and professional development needs. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 21(1), 58.
27. Yao, N., & Wang, Q. (2024). Factors influencing pre-service special education teachers' intention toward AI in education: Digital literacy, teacher self- efficacy, perceived ease of use, and perceived usefulness. *Heliyon*, 10(14).
28. Pikhart, M., & Al-Obaydi, L. H. (2025). Reporting the potential risk of using AI in higher Education: Subjective perspectives of educators. *Computers in Human Behavior Reports*, 18, 100693.
29. Schaeffer, D., Coombs, L., Lockett, J., Marin, M., & Olson, P. (2024). Risks of AI applications used in higher education. *Electronic Journal of e- Learning*, 22(6), 60-65.
30. Krishna, V. V. (2024). AI and contemporary challenges: The good, bad and the scary. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 10(1), 100178.
31. Luo, Z., & Zhang, X. (2025). AI in education risk assessment mechanism analysis. *Applied Economics*, 57(16), 1949-1961.
32. Marey, A., Arjmand, P., Alerab, A. D. S., Eslami, M. J., Saad, A. M., Sanchez, N., & Umair, M. (2024). Explainability, transparency and black box challenges of AI in radiology: impact on patient care in cardiovascular radiology. *Egyptian Journal of Radiology and Nuclear Medicine*, 55(1), 183.
33. Chaudhary, G. (2024). Unveiling the black box: Bringing algorithmic transparency to AI. *Masaryk University Journal of Law and Technology*, 18(1), 93-122.
34. Bai, X. (2024). The role and challenges of artificial intelligence in information technology education. *Pacific International Journal*, 7(1), 86-92.

35. IGBOKWE, I. C. (2024). Artificial Intelligence in Educational Leadership: Risks and Responsibilities. *European Journal of Arts, Humanities and Social Sciences*.
36. Alotaibi, N. S. (2024). The impact of AI and LMS integration on the future of higher education: Opportunities, challenges, and strategies for transformation. *Sustainability*, 16(23), 10357.
37. Al-Zahrani, A. M., & Alasmari, T. M. (2024). Exploring the impact of artificial intelligence on higher education: The dynamics of ethical, social, and educational implications. *Humanities and Social Sciences Communications*, 11(1), 1-12.
38. Vashishth, T. K., Sharma, V., Sharma, K. K., Kumar, B., Panwar, R., & Chaudhary, S. (2024). AI-driven learning analytics for personalized feedback and assessment in higher education. In *Using traditional design methods to enhance AI-driven decision making* (pp. 206-230). IGI Global Scientific Publishing.
39. Cruz, M., Sousa, M. E., Costa, J., & Mascarenhas, D. (2024). AI-Powered Reconfiguration of Teacher Training: A Case Study in Higher Education. In *ICERI2024 Proceedings* (pp. 8212-8222). IATED.
40. Aler Tubella, A., Mora-Cantalops, M., & Nieves, J. C. (2024). How to teach responsible AI in Higher Education: challenges and opportunities. *Ethics and Information Technology*, 26(1), 3.
41. Patel, S., & Ragolane, M. (2024). The implementation of artificial intelligence in South African higher education institutions: Opportunities and challenges. *Technium Education and Humanities*, 9, 51-65.
42. Tarisayi, K. S. (2024, March). Strategic leadership for responsible artificial intelligence adoption in higher education. In *CTE workshop proceedings* (Vol. 11, pp. 4-14).
43. Ismail, I. A. (2025). Protecting privacy in ai-enhanced education: A comprehensive examination of data privacy concerns and solutions in ai-based learning. *Impacts of Generative AI on the Future of Research and Education*, 117-142.
44. Hasan, S., Amin, A., Tanim, S. H., Jin, Y., Zhu, G., & Ma, H. (2024, December). Perspectives on Artificial Intelligence Integration in Higher Education: Moral Implications and Data Privacy Concerns. In *2024 10th International Conference on Computer and Communications (ICCC)* (pp. 1516-1520). IEEE.

45. Conrad, S. S., & Murphy, D. (2024, October). WIP: Privacy and Data Awareness Education in the Artificial Intelligence Age. In *2024 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)* (pp. 1-5). IEEE.
46. Agostini, D., & Picasso, F. (2024). Large language models for sustainable assessment and feedback in higher education: Towards a pedagogical and technological framework. *Intelligenza Artificiale*, 18(1), 121-138.
47. Nikolopoulou, K. (2025). Generative artificial intelligence and sustainable higher education: Mapping the potential. *Journal of Digital Educational Technology*, 5(1), ep2506.
48. Bayaga, A. (2025). Leveraging AI-enhanced and emerging technologies for pedagogical innovations in higher education. *Education and Information Technologies*, 30(1), 1045-1072.

Relevancia de la **Inteligencia Artificial** en la educación

Vicente Jesús Hernández Abad – José Luis Alfredo Mora Guevara
Feliciano Palestino Escoto – Gloria Margarita Reyes Iriar
Coordinadores

La irrupción de la Inteligencia Artificial (IA) ha dejado de ser una promesa de futuro para convertirse en el motor de una transformación pedagógica sin precedentes. En este escenario, la **Facultad de Estudios Superiores Zaragoza de la UNAM** presenta una obra fundamental que analiza, desde el rigor académico, cómo las tecnologías emergentes están reconfigurando el ecosistema de la enseñanza y el aprendizaje.

A través de **13 capítulos** especializados, el libro **Relevancia de la Inteligencia Artificial en la Educación** ofrece una visión integral que transita desde los fundamentos técnicos hasta las implicaciones éticas y sociales que como herramienta brinda la IA en los procesos de enseñanza y aprendizaje. Autores expertos exploran los alcances, ventajas y desventajas que ofrece la personalización del aprendizaje, el procesamiento de grandes volúmenes de datos y la automatización de procesos administrativos que están abriendo nuevas fronteras para mejorar la calidad educativa.

Dr. José Luis Alfredo Mora Guevara



Facultad de Estudios Superiores Zaragoza,
Campus I. Av. Guelatao No. 66 Col. Ejército de Oriente,
Campus II. Batalla 5 de Mayo s/n Esq. Fuerte de Loreto.
Col. Ejército de Oriente.
Iztapalapa, C.P. 09230 México D.F.

<http://www.zaragoza.unam.mx>

