



CIAA
2026

Libro de Actas

IV Congreso Internacional de

Aprendizaje Activo

ISSN 2810-6423

“Más allá del conocimiento: experiencias de aprendizaje que transforman”

Dr. Fernando Vera

Editor

Rediie
Red Internacional
de Investigadores
en Educación

 **Centro
Transformar**
ASESORÍA EN RECURSOS HUMANOS

Congr. Int. Apreniz. Act.

Editorial: Centro Transformar, SpA

ISSN: 2810-6423

Plaza de edición: Santiago, Chile

Idiomas: Español

Fecha de la edición: 2025

Edición: 4ª ed.

Materias: Educación/

Editor general: Dr. Fernando Vera

Email: fernandovera@rediie.cl

© Todos los derechos reservados. Servicio Editorial de Centro Transformar SpA y Revista Electrónica Transformar ISSN 2735-6302 (Chile).

Página web de CIAA 2026: <https://rediie.cl/ciaa-2026/>



Tabla de contenido

Introducción	4
Ejes temáticos de CIAA 2026	8
Propuestas CIAA 2026 recibidas	9
Conferencistas plenarios en CIAA 2026	11
Contribuciones aceptadas	13
La reconfiguración del proceso de aprendizaje-enseñanza: Un análisis conceptual de la inteligencia artificial en la educación superior	14
Oportunidades tecnológicas y desafíos éticos en la aplicación de IA en salud mental en América latina	21
Cuando la escuela y la universidad no dialogan: Una brecha que afecta la formación integral	29
Implementación de estrategias de aprendizaje activo en la carrera de enfermería: Análisis desde la perspectiva docente	35
Arquitectura de tutor conversacional con inteligencia artificial generativa y aprendizaje federado	41
Realidad aumentada como herramienta para el aprendizaje activo en discapacidad intelectual	50
Diseño arquitectónico de internet de las cosas e inteligencia artificial para monitoreo de acuíferos	54
Synapzys: Diseño arquitectónico y modelo de transformación digital para la sostenibilidad de MiPymes en economías emergentes	63
Diseño arquitectónico de internet de las cosas para monitoreo edáfico en plátano	68
Economía de la educación en América Latina: Un análisis conceptual para comprender sus desafíos estructurales	77
Únete a REDIIE	81

Introducción

El **IV Congreso Internacional de Aprendizaje Activo (CIAA 2026)**, organizado por la **Red Internacional de Investigadores en Educación (REDIIE)**, se desarrolló en modalidad híbrida entre el 20 y el 22 de enero de 2026, consolidándose como un espacio de reflexión, diálogo y proyección estratégica sobre los desafíos actuales de la educación superior. En esta cuarta edición, el congreso no solo profundizó en el debate en torno a metodologías activas, sino que incorporó con fuerza un eje transversal ineludible: el impacto y las posibilidades de la inteligencia artificial (IA) en los procesos de aprendizaje-enseñanza.

CIAA 2026 no fue simplemente una instancia académica más. Representó un punto de inflexión en la manera en que concebimos la organización de congresos internacionales y, al mismo tiempo, en cómo entendemos el aprendizaje activo en un ecosistema digital crecientemente mediado por tecnologías inteligentes. Las ponencias, conferencias magistrales y espacios de interacción evidenciaron una tendencia clara: la integración de la IA como herramienta pedagógica, como objeto de análisis crítico y como catalizador de nuevas prácticas formativas.

Aprendizaje activo en tiempos de inteligencia artificial

El aprendizaje activo, entendido como un enfoque centrado en la participación protagónica del estudiantado en la construcción de su conocimiento, ha evolucionado significativamente en la última década. Metodologías como el aprendizaje basado en proyectos, el aprendizaje basado en problemas, el aula invertida, el *design thinking*, el aprendizaje colaborativo y las simulaciones auténticas han demostrado su potencial para desarrollar competencias instrumentales, interpersonales y sistémicas en contextos universitarios.

En **CIAA 2026**, estas metodologías no fueron abordadas desde una perspectiva tradicional. Por el contrario, numerosas ponencias exploraron cómo la IA generativa y adaptativa está transformando el diseño de actividades, la retroalimentación formativa, la personalización del aprendizaje y la evaluación auténtica. Se presentaron experiencias donde herramientas de IA fueron utilizadas para co-diseñar proyectos interdisciplinarios, para acompañar procesos de escritura académica, para simular escenarios profesionales complejos y para analizar datos de desempeño estudiantil en tiempo real.

Este énfasis no respondió a una moda pasajera, sino a una constatación empírica: la IA está redefiniendo los entornos educativos y exige una revisión profunda de nuestras prácticas pedagógicas. El aprendizaje activo, lejos de verse desplazado por la automatización, se fortalece cuando integra críticamente estas tecnologías, promoviendo una alfabetización aumentada, una comprensión algorítmica y una ética del uso responsable de la IA.

La centralidad de la modalidad asíncrona

Uno de los hallazgos más significativos de **CIAA 2026** fue la alta participación en modalidad asíncrona a través del Campus Virtual de **REDIIE**. Si bien el congreso se concibió en formato híbrido, combinando instancias presenciales y sesiones síncronas en línea, la mayor interacción, visualización de ponencias y retroalimentación entre participantes se concentró en los espacios asíncronos.

Las ponencias pregrabadas, alojadas en el campus virtual, permitieron una experiencia formativa más flexible y profunda. Las y los participantes pudieron revisar contenidos a su propio ritmo, detenerse en aspectos específicos, generar comentarios reflexivos y establecer diálogos académicos sin las limitaciones temporales propias de las sesiones en vivo. Esta dinámica favoreció una participación más amplia, especialmente desde distintos husos horarios y contextos internacionales.

El modelo asíncrono evidenció varias ventajas: mayor trazabilidad de las interacciones, acceso extendido en el tiempo, posibilidad de revisión reiterada de los contenidos y democratización de la participación. En coherencia con los principios del aprendizaje activo, este formato promovió una actitud más reflexiva y autónoma por parte de quienes asistieron, transformando el congreso en una experiencia de aprendizaje sostenida más allá de los días oficiales del evento.

Reestructuración estratégica de los congresos 2026

A la luz de estos resultados, la organización tomó una decisión estratégica relevante: reestructurar la Agenda de Congresos Internacionales 2026, inclinándose principalmente hacia la modalidad online asíncrona, complementada con actividades síncronas específicas y focalizadas. Esta reorientación no implica renunciar al valor del encuentro presencial, sino reconocer que las dinámicas académicas globales están cambiando. La modalidad online asíncrona permite ampliar la cobertura geográfica, reducir costos de participación, disminuir la huella de carbono asociada a los desplazamientos internacionales y, al mismo tiempo, garantizar estándares académicos rigurosos mediante sistemas de evaluación y seguimiento en plataformas virtuales.

Las actividades síncronas, por su parte, se conciben ahora como espacios estratégicos de alto impacto: conversatorios con expertos, mesas redondas temáticas, foros de discusión y ceremonias de reconocimiento. Es decir, instancias diseñadas para potenciar la interacción en tiempo real, pero integradas dentro de un ecosistema mayoritariamente asíncrono.

Tendencias globales: el giro hacia lo online

La experiencia de **CIAA 2026** se alinea con una tendencia internacional observable en diversos congresos académicos. Cada vez más eventos científicos optan por modalidades online o híbridas, reconociendo que el entorno digital ya no es una solución de emergencia, sino una opción estratégica consolidada.

La virtualización de congresos ha permitido aumentar la participación desde regiones tradicionalmente subrepresentadas, facilitar la inclusión de investigadores jóvenes y promover colaboraciones internacionales más sostenibles. Además, las plataformas digitales ofrecen métricas precisas sobre visualizaciones, descargas, interacciones y tiempos de permanencia, aportando datos valiosos para la mejora continua.

En este contexto, CIAA 2026 no solo reflejó una tendencia global, sino que contribuyó activamente a modelarla desde América Latina hacia el mundo, demostrando que la calidad académica es plenamente compatible con formatos digitales bien diseñados.

Participación activa en contextos formales, no formales e informales

Más allá del formato del congreso, el núcleo conceptual de **CIAA 2026** permaneció anclado en la esencia del aprendizaje activo: la participación significativa del estudiantado en procesos auténticos de construcción de conocimiento.

Varias ponencias destacaron experiencias donde estudiantes lideraron proyectos de investigación aplicada, desarrollaron prototipos tecnológicos, diseñaron intervenciones comunitarias y participaron en desafíos interdisciplinarios vinculados a problemas reales. Estas iniciativas no se limitaron al aula formal, sino que se extendieron a contextos no formales —como comunidades de práctica, laboratorios ciudadanos y clubes académicos— e informales, incluyendo entornos digitales abiertos y redes colaborativas.

La IA, en este marco, operó como un recurso potenciador. Herramientas de análisis de datos, asistentes virtuales y sistemas de generación de contenido fueron utilizados para ampliar las posibilidades creativas y analíticas del estudiantado. Sin embargo, el énfasis estuvo siempre en la agencia humana: la tecnología como medio, no como fin.

El aprendizaje activo del siglo XXI exige que las y los estudiantes asuman un rol de coautores de su formación, capaces de formular preguntas relevantes, gestionar información compleja, trabajar colaborativamente y tomar decisiones éticas en entornos digitales. CIAA 2026 evidenció que esta visión no es aspiracional, sino una realidad en construcción en múltiples instituciones participantes.

IA y evaluación en entornos activos

Un eje transversal en varias ponencias fue la transformación de las prácticas evaluativas. La evaluación tradicional, centrada en pruebas estandarizadas y resultados memorísticos, resulta insuficiente en escenarios donde el aprendizaje activo y la IA redefinen los procesos formativos.

Se presentaron propuestas de evaluación auténtica apoyadas en rúbricas dinámicas, análisis automatizado de desempeño, retroalimentación personalizada generada por sistemas inteligentes y portafolios digitales enriquecidos con evidencias multimodales. Estas experiencias mostraron que la IA puede contribuir a reducir la carga administrativa docente y, al mismo tiempo, mejorar la calidad y oportunidad de la retroalimentación.

No obstante, también emergieron debates críticos sobre la ética, la transparencia algorítmica y la necesidad de formar tanto a docentes como a estudiantes en el uso responsable de estas herramientas. **CIAA 2026** fue, en este sentido, un espacio de entusiasmo, pero también de reflexión prudente.

Un congreso como experiencia de aprendizaje activo

Paradójicamente, **CIAA 2026** se convirtió en sí mismo en un ejemplo de aprendizaje activo. La estructura asíncrona permitió que las y los participantes no fueran meros espectadores, sino actores involucrados en debates, comentarios y redes de colaboración. La plataforma virtual facilitó la construcción de comunidades académicas que trascendieron las fechas oficiales del evento.

Esta experiencia invita a repensar el concepto mismo de congreso. Más que un evento puntual, se proyecta como un ecosistema de aprendizaje distribuido, donde el intercambio de conocimiento ocurre de manera continua, flexible y global.

Proyección y compromiso

En su cuarta versión, **CIAA 2026** deja como legado no solo un conjunto de ponencias de alto valor académico, sino también una orientación estratégica clara: fortalecer modelos de formación centrados en la participación activa, integrar críticamente la inteligencia artificial en los procesos educativos y consolidar formatos de encuentro académico que respondan a las dinámicas del mundo contemporáneo.

La reestructuración hacia una modalidad predominantemente online asíncrona, acompañada de actividades síncronas estratégicas, no es simplemente un ajuste logístico. Es una declaración de principios: la educación superior del presente y del futuro requiere flexibilidad, inclusión, sostenibilidad y rigor académico.

CIAA 2026 reafirma que el aprendizaje activo sigue siendo un pilar fundamental para el desarrollo de competencias complejas en la educación superior. La inteligencia artificial, lejos de sustituir la participación humana, amplifica su potencial cuando se integra con criterio pedagógico, ética y visión transformadora.

Este libro recoge las contribuciones que dieron vida a este congreso. Cada artículo es testimonio de una comunidad académica que no teme innovar, cuestionar y construir colectivamente nuevas respuestas para los desafíos educativos del siglo XXI.

El editor

Ejes temáticos de CIAA 2026

CIAA 2026 se estructuró en torno a ejes temáticos que reflejan los principales desafíos y transformaciones que enfrenta hoy la educación superior. En un contexto marcado por la expansión de la inteligencia artificial, la digitalización de los entornos formativos y la necesidad de desarrollar competencias complejas, estos ejes no sólo delimitan áreas de interés académico, sino que orientan una agenda de innovación pedagógica con impacto global.

Los ejes temáticos de **CIAA 2026** integran perspectivas metodológicas, tecnológicas y evaluativas, destacando la centralidad de la participación activa del estudiantado como principio articulador. Desde la incorporación crítica de la IA en metodologías activas, hasta la reflexión sobre evaluación auténtica y prácticas en contextos STEM, cada eje promueve un diálogo entre teoría, evidencia empírica y experiencias aplicadas en escenarios formales, no formales e híbridos.

A continuación, se presentan los ejes que guiaron las ponencias, debates y contribuciones académicas de esta cuarta edición, consolidando a **CIAA** como un referente internacional en el desarrollo y proyección del aprendizaje activo en la era digital.

Metodologías activas en la era de la IA

Este eje aborda el uso de tecnologías emergentes y herramientas digitales que facilitan el aprendizaje activo. Se abordarán temas como el uso de plataformas de aprendizaje en línea, realidad aumentada y virtual, aplicaciones interactivas y la inteligencia artificial en la educación. Se destacarán las mejores prácticas para integrar estas herramientas de manera efectiva en el aula virtual y física

Tecnologías y herramientas digitales para AA

Este eje se centra en el uso de tecnologías emergentes y herramientas digitales que facilitan el aprendizaje activo. Se abordarán temas como el uso de plataformas de aprendizaje en línea, realidad aumentada y virtual, aplicaciones interactivas y la inteligencia artificial en la educación. Se destacarán las mejores prácticas para integrar estas herramientas de manera efectiva en el aula virtual y física

Aprendizaje activo en cursos STEM

Este eje aborda estrategias innovadoras para la enseñanza de Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas (STEM) que fomenten la participación activa, el aprendizaje basado en la experimentación, la resolución de problemas y el desarrollo de habilidades prácticas. Se abordarán metodologías como el aprendizaje basado en proyectos, el aprendizaje basado en desafíos y la integración de tecnologías emergentes para mejorar la comprensión y aplicación de conceptos en entornos STEM.

Evaluación y medición para AA

Este eje temático se enfoca en estrategias y técnicas para evaluar y medir el impacto del aprendizaje activo en LAS/los estudiantes. Se analizarán métodos de evaluación formativa y sumativa, así como la implementación de rúbricas, autoevaluaciones y evaluaciones entre pares. Además, se discutirán investigaciones sobre la efectividad de diferentes prácticas evaluativas en el aprendizaje activo.

Propuestas CIAA 2026 recibidas

1. Experiencias activas con IA en formación inicial docente
2. Realidad aumentada como herramienta para el aprendizaje activo en discapacidad intelectual
3. Gamificación adaptativa con IA en estudiantes de matemáticas
4. Microcredenciales activas en programas de ingeniería informática
5. Co-creación de conocimiento con IA en estudiantes de derecho
6. Transformación digital activa en universidades latinoamericanas
7. IA en experiencias híbridas en formación docente continua
8. Retroalimentación personalizada con IA en educación secundaria STEM
9. Oportunidades Tecnológicas y Desafíos Éticos en la Aplicación de IA en Salud Mental en América Latina
10. Rúbricas dinámicas con IA en carreras de trabajo social
11. Proyectos con IA en formación de ingenieros industriales
12. Simulaciones inmersivas en ingeniería mecánica
13. IA en aprendizaje activo en educación no formal comunitaria
14. Realidad aumentada e IA en laboratorios de biología
15. Inteligencia Artificial en la Construcción del Estado del arte en Didáctica de la Química Ambiental
16. IA y pensamiento crítico en estudiantes de comunicación
17. Tutores inteligentes en aprendizaje autónomo en química
18. Competencias digitales críticas en estudiantes de pedagogía
19. Implementación de estrategias de aprendizaje activo en la carrera de enfermería: Análisis desde la perspectiva docente
20. Diseño instruccional activo con IA en educación técnica
21. Impacto de los semilleros de investigación como estrategia en el aprendizaje activo en la educación superior
22. Aprendizaje colaborativo en campus virtual en administración
23. Implementación de estrategias de aprendizaje activo en la carrera de enfermería: Análisis desde la perspectiva docente
24. Aprendizaje basado en desafíos con IA en ingeniería civil
25. Portafolios digitales inteligentes en educación médica
26. Alfabetización algorítmica en estudiantes de ciencias sociales
27. Simplifying Peer Review for Accessibility: A Case Study on GPT 4's Performance in Finance Using Cognitive-Informed Prompts
28. Evaluación multimodal en aprendizaje activo en derecho
29. Realidad aumentada herramienta para aprendizaje activo: diseño e implementación de estrategia didáctica en discapacidad intelectual
30. Analítica de datos en metodologías activas en economía
31. Laboratorios virtuales inteligentes en ingeniería eléctrica
32. Evaluación entre pares con IA en posgrados en educación
33. Inteligencia Artificial en la Construcción del Estado del arte en Didáctica de la Química Ambiental
34. Aprendizaje activo y ciudadanía digital en ciencias políticas
35. Economía de la educación en América Latina: Un análisis conceptual para comprender sus desafíos estructurales
36. Aprendizaje activo mediado por IA en estudiantes de ingeniería
37. IA generativa en proyectos interdisciplinarios de estudiantes de arquitectura

38. Asistentes virtuales en formación de docentes universitarios
39. Simulaciones inteligentes para aprendizaje activo en física
40. Investigación formativa con IA en estudiantes de posgrado
41. Impacto de los semilleros de investigación como estrategia en el aprendizaje activo en la educación superior
42. Chatbots educativos en aprendizaje basado en problemas en medicina
43. Diseño arquitectónico de internet de las cosas para monitoreo edáfico en plátano en América Latina y el Caribe
44. Competencias sistémicas con IA en estudiantes de negocios
45. Una rúbrica, múltiples respuestas: evaluación del aprendizaje activo en Gestión y Administración en Salud
46. Ecosistemas algorítmicos en formación de ingenieros del siglo XXI
47. Evaluación auténtica con IA en carreras de enfermería
48. Aula invertida con analítica de aprendizaje en psicología
49. La importancia del uso ético de la inteligencia artificial en la educación superior contemporánea

Recibidas: 49

Rechazadas: 9

Aceptadas: 40

Conferencistas plenarios en CIAA 2026



Fernando Vera, PhD (Chile). Doctor/PhD, Cum Laude y mención internacional por Euskal Herriko Unibertsitatea/Universidad del País Vasco (EHU), España y Doctor en Ciencias de la Educación por UAC, Chile. Asimismo, cuenta con un Master en Tecnología, Aprendizaje y Educación, EHU, España, otro en Currículo y Evaluación y otro en Gestión educacional por Universidad Mayor, Chile. Es consultor internacional en gestión educacional y organizacional. Es Fundador y CEO de Red Internacional de Investigadores en Educación (REDIIE) y Editor de Revista Transformar. Cuenta con estancias académicas en Zhejiang GongShang University, China, EduSot, Israel, TecNM México, Universidad EAFIT Colombia y Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Sus líneas de investigación incluyen aprendizaje activo, tecnología educativa, competencias genéricas e inteligencia artificial. ORCID: [0000-0002-4326-1660](https://orcid.org/0000-0002-4326-1660)



Dra. Ma. Magdalena Contreras Turrubiarres (México). Profesora e investigadora de la Facultad de Psicología de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Su trayectoria académica se orienta a la enseñanza de las ciencias, el uso educativo de las tecnologías digitales y el enfoque STEAM, con especial énfasis en la innovación pedagógica y la formación integral del estudiantado. Ha desarrollado y promovido metodologías didácticas innovadoras que favorecen el aprendizaje significativo, la inclusión y la equidad de género. Su labor investigativa y docente contribuye al diseño, implementación y fortalecimiento de prácticas educativas pertinentes, contextualizadas y socialmente responsables, aplicables a distintos niveles del sistema educativo y alineadas con los desafíos contemporáneos de la educación. ORCID: [0000-0001-5833-137X](https://orcid.org/0000-0001-5833-137X)



Eneko Tejada Garitano, PhD (España). Doctor por la Universidad del País Vasco (UPV/EHU), es profesor agregado del Departamento de Didáctica y Organización Escolar en la Facultad de Educación de Bilbao. Imparte docencia en Nuevas Tecnologías en el Grado de Educación Primaria y en el Máster Universitario en Tecnología, Aprendizaje y Educación. Es miembro del grupo de investigación consolidado Weblearner del Sistema Universitario Vasco. Desarrolla una línea investigadora sostenida en tecnología educativa, competencia digital docente y e-metodologías. Ha participado como ponente en congresos nacionales e internacionales y actualmente es director del Congreso Internacional de Nuevas Tecnologías y Tendencias en Educación, CINTE. ORCID: [0000-0002-6013-222X](https://orcid.org/0000-0002-6013-222X)



Galyna Lutsenko, PhD (Ucrania). Doctora en Ciencias Pedagógicas y Profesora Asociada en el Departamento de Automatización y Tecnologías Computarizadas Integradas de la Universidad Nacional Bohdan Khmelnytsky de Cherkasy, Ucrania. Su investigación se centra en el Agile Learning y en la integración de modelos instruccionales flexibles, como Scrum, en la educación en ingeniería. También explora cómo las plataformas de datos abiertos, como Kaggle y el UCI Machine Learning Repository, pueden apoyar el aprendizaje basado en la investigación entre estudiantes de pedagogía. Lutsenko promueve activamente el desarrollo

de competencias digitales y analíticas mediante el aprendizaje basado en proyectos, fomentando la innovación y el pensamiento crítico en futuros docentes e ingenieros. Además, es miembro honorario de Red Internacional de Investigadores en Educación (REDIIE). ORCID: [0000-0002-9727-7836](https://orcid.org/0000-0002-9727-7836)



Dr. Jhon Víctor Vidal D. (Colombia). Ingeniero Químico y Doctor en Innovación. Se desempeña como docente de planta de la Universidad de Córdoba, donde acumula más de 20 años de experiencia en desarrollo tecnológico, gestión de la innovación y transferencia de conocimiento hacia el sector productivo. Cuenta con una sólida trayectoria administrativa superior a 10 años, ejerciendo cargos de alta responsabilidad como vicerrector y director del Centro de Innovación y Productividad CREATIO. Asimismo, es consultor de organizaciones en Colombia y el exterior, y fundador de Hub Innovation Caribe, iniciativa orientada al fortalecimiento

de ecosistemas de innovación, emprendimiento y competitividad regional. ORCID: [0000-0002-4199-0157](https://orcid.org/0000-0002-4199-0157)



Hugo Troya Félix, PhD (Ecuador). Doctor en Educación y Máster en Tecnología e Innovación Educativa. Docente de grado y posgrado en la Universidad del Pacífico. Destaca por su liderazgo pedagógico, su compromiso con la innovación educativa y su vocación por el trabajo colaborativo. Su trayectoria evidencia una búsqueda constante de mejora, con sólida base teórica y la convicción de que la educación transforma realidades. Integra el rigor académico con una práctica pedagógica humanista, incorporando la tecnología como aliada del pensamiento

crítico, la creatividad y la inclusión. Sus líneas de interés abarcan innovación educativa, tecnología aplicada a la educación, metodologías activas y formación docente. ORCID: [0000-0002-8764-2748](https://orcid.org/0000-0002-8764-2748)

Contribuciones aceptadas



La reconfiguración del proceso de aprendizaje-enseñanza: Un análisis conceptual de la inteligencia artificial en la educación superior

FERNANDO VERA¹

¹Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea, España

Autor de correspondencia: fernandovera@rediee.cl

Resumen

Esta investigación conceptual examina la integración de la Inteligencia Artificial (IA) en la educación superior, analizando su impacto desde una perspectiva conceptual y pedagógica. El estudio explora cómo las tecnologías emergentes están reconfigurando el rol del docente y la autonomía del estudiante. Se identifican tres pilares fundamentales: la personalización del aprendizaje, la optimización de la gestión académica y la urgencia de una alfabetización digital crítica. A pesar de las promesas de eficiencia, el análisis advierte sobre desafíos éticos significativos, incluyendo el sesgo algorítmico y la posible erosión del pensamiento crítico. Se concluye que la IA debe ser vista como un catalizador para una nueva arquitectura educativa que priorice las competencias humanas frente a la automatización.

Palabras clave: Inteligencia artificial; Educación superior; Pedagogía digital; Ética algorítmica; Aprendizaje personalizado.

Introducción

La irrupción de la Inteligencia Artificial (IA) en las aulas universitarias supone una reconfiguración ontológica de lo que entendemos por aprender y enseñar. En efecto, la IA está transformando múltiples dimensiones de la vida social, incluida la educación (Adıgüzel *et al.*, 2023; Onesi-Ozigagun *et al.*, 2024; Vera, 2024). En el ámbito de la educación superior, su incorporación no sólo amplifica las experiencias de aprendizaje, sino que también posibilita procesos de personalización, analítica predictiva y optimización de tareas académicas y administrativas. Asimismo, redefine los roles tradicionales del profesorado y del estudiantado, promoviendo entornos más interactivos, dinámicos y basados en datos, donde la toma de decisiones pedagógicas se apoya en evidencia generada en tiempo real.

Desde plataformas de aprendizaje adaptativo que ajustan los contenidos a las necesidades, ritmos y estilos de cada estudiante, hasta chatbots impulsados por inteligencia artificial y sistemas automatizados de evaluación, el ecosistema educativo está experimentando una transformación profunda y estructural (Onesi-Ozigagun *et al.* 2024). Estas tecnologías no sólo optimizan procesos, sino que también redefinen las dinámicas de interacción pedagógica, modifican los tiempos y espacios de aprendizaje y amplían las posibilidades de personalización. En consecuencia, el escenario educativo contemporáneo se configura como un entorno cada vez más híbrido, donde la mediación algorítmica y la intervención humana coexisten, tensionando y resignificando las prácticas tradicionales de aprendizaje-enseñanza y evaluación.

En esta era de automatización cognitiva, las Instituciones de Educación Superior (IES) enfrentan una tensión estructural: privilegiar la eficiencia algorítmica o resguardar la profundidad del juicio humano, la deliberación crítica y la formación integral. El propósito de esta investigación es desglosar los conceptos que articulan esta transformación, poniendo especial énfasis en la figura del estudiante como agente activo, crítico y corresponsable de su propio proceso formativo.

La IA y el nuevo rol del estudiante

Considerando que, a nivel global, el 86% del estudiantado usaba la IA para aprender y que en 2026, esta cifra ha subido a 96% en América Latina (Digital Education Council, 2026), todo indica que la IA, especialmente, la generativa ha democratizado el acceso a la creación de contenidos y a nuevos recursos para el aprendizaje. Para el estudiante, esto significa que la demanda de rigor intelectual ha aumentado. Siguiendo a Luckin (2024), la IA debe funcionar como un "andamiaje" que permita al estudiante enfocarse en tareas de orden superior: análisis crítico y síntesis transdisciplinar.

En este contexto, a continuación, presentamos una tabla comparativa que los equipos docentes pueden utilizar en clases, artículos académicos, congresos o incluso como base conceptual para un capítulo de libro.

Tabla 1. Acciones del estudiantado de grado en el contexto pre y post IA generativa

Dimensión	Antes de la IA generativa	Después de la IA generativa
Acceso a la información	Búsqueda centrada en Google, bases de datos y bibliotecas digitales.	Interacción conversacional con modelos como ChatGPT, Claude o Gemini que sintetizan información en segundos.
Rol cognitivo predominante	Énfasis en búsqueda, selección y organización de información.	Énfasis en evaluación crítica, validación, edición y refinamiento de outputs generados por IA.
Producción académica	Redacción completamente manual, procesos más extensos y secuenciales.	Co-creación humano-IA, borradores automatizados, mejora estilística asistida.
Tiempo de elaboración	Procesos más largos y dependientes del dominio previo.	Aceleración significativa de tareas escritas, resúmenes y esquemas.
Aprendizaje autónomo	Autonomía basada en disciplina personal y gestión del tiempo.	Autonomía mediada por IA: tutorías simuladas, feedback inmediato, personalización.
Evaluación del aprendizaje	Predominio de pruebas escritas tradicionales y trabajos ensayísticos.	Necesidad de rediseñar evaluaciones: énfasis en procesos, oralidad, proyectos y evidencia de desempeño auténtico.
Competencias clave	Alfabetización informacional y competencias digitales básicas.	Alfabetización aumentada, comprensión algorítmica, ética en IA y pensamiento crítico ampliado.
Riesgos principales	Plagio tradicional, copia entre pares.	Dependencia excesiva, automatización acrítica, pérdida de habilidades de escritura profunda.
Relación con el docente	Docente como fuente principal de conocimiento.	Docente como diseñador de experiencias, curador y mediador crítico frente a la IA.
Motivación y expectativas	Expectativas centradas en aprobar y cumplir tareas.	Expectativas de inmediatez, personalización y retroalimentación constante.
Aprendizaje experiencial	Basado en prácticas, talleres y trabajo colaborativo presencial.	Integración de simulaciones, escenarios generados por IA y análisis asistido de casos.
Ética académica	Normativas centradas en plagio textual.	Nuevas políticas institucionales sobre uso responsable de IA generativa.

Fuente: Elaboración propia.

Como vemos, en el ámbito de la educación superior, la inteligencia artificial se encuentra hoy profundamente integrada en los procesos de aprendizaje-enseñanza, evaluación y acompañamiento académico. Su presencia no se limita al uso puntual de herramientas tecnológicas, sino que forma parte estructural de plataformas de aprendizaje, sistemas de retroalimentación automatizada, analítica de datos y servicios de apoyo estudiantil.

En términos generales, el estudiantado percibe la IA como una herramienta valiosa, aunque ambivalente. Por un lado, reconoce su potencial para mejorar el rendimiento académico, optimizar el tiempo, facilitar el acceso a información y ofrecer apoyo personalizado. Por otro, advierte que su uso indiscriminado puede generar dependencia excesiva, debilitar el pensamiento crítico y reducir la capacidad de reflexión autónoma. Esta tensión revela el carácter “de doble filo” de la IA: una tecnología con enorme potencial formativo, pero que exige marcos éticos, pedagógicos y críticos para evitar efectos contraproducentes en la formación universitaria.

Más aún, estudios de gran escala realizados en Hong Kong, diversos países europeos, Pakistán, Camboya y múltiples universidades coinciden en mostrar actitudes mayoritariamente positivas y favorables hacia el uso de la IA en la educación y en la vida cotidiana (Arif *et al.*, 2025; Chan & Hu, 2023; Jackson *et al.*, Sok *et al.* 2025; Strayhorn, 2025, Vaněček *et al.*, 2025). En estos escenarios, el estudiantado percibe la IA como una herramienta valiosa que contribuye a mejorar la eficiencia del aprendizaje, el rendimiento académico y el acceso a información especializada. Asimismo, numerosos estudiantes anticipan que la IA formará parte esencial de su trayectoria formativa y de su futuro desempeño profesional. Más que considerarla una tendencia pasajera, la conciben como un componente estructural de los nuevos entornos laborales y de la economía del conocimiento, influyendo en sus expectativas, competencias y formas de interacción con ecosistemas digitales emergentes.

Aprendizaje adaptativo y personalización

Mediante algoritmos de aprendizaje automático, las plataformas educativas pueden ajustar el ritmo, la secuencia y el contenido de forma individualizada, respondiendo a las necesidades específicas de cada estudiante (Naseer *et al.*, 2024; Verma & Kulkarnin, 2025). Este enfoque permite identificar fortalezas, brechas de conocimiento y estilos de aprendizaje, generando trayectorias formativas diferenciadas. A diferencia de los modelos tradicionales homogéneos, el aprendizaje adaptativo promueve una experiencia más flexible y centrada en el estudiante, favoreciendo la autonomía y la autorregulación. Además, posibilita retroalimentación inmediata y ajustes continuos basados en el desempeño y la interacción con los recursos digitales. De este modo, se optimiza el tiempo de estudio, se reduce la frustración asociada a contenidos demasiado complejos o excesivamente simples, y se incrementa la motivación. En contextos de educación superior, esta personalización contribuye al desarrollo progresivo de competencias académicas y profesionales.

De este modo, el funcionamiento de la personalización adaptativa se sustenta en modelos de análisis de datos que permiten construir perfiles dinámicos del estudiantado. A través del denominado *modelado del aprendiz*, los sistemas infieren el nivel de conocimiento, preferencias y patrones de aprendizaje a partir de registros de interacción, resultados de evaluaciones, tiempo dedicado a las tareas y comportamientos digitales (Animashaun *et al.*, 2024; Murtaza *et al.*, 2022; Sayed *et al.*, 2022). Este modelo se actualiza de manera continua, permitiendo ajustes progresivos en la experiencia formativa.

En consecuencia, los algoritmos adaptan la secuencia, la dificultad y el formato de los contenidos —ya sea texto, video o actividades interactivas— buscando un equilibrio óptimo entre desafío y comprensión. Esta calibración, similar al principio del “nivel justo”, procura mantener al estudiante suficientemente retado sin generar sobrecarga cognitiva. Así, la personalización adaptativa no solo mejora el rendimiento académico, sino que también fortalece la motivación y el compromiso con el aprendizaje.

Alfabetización en IA (AI Literacy)

La alfabetización en IA (AI literacy) puede definirse como un conjunto de competencias que incluyen la comprensión básica de cómo funcionan los sistemas de IA (datos, algoritmos y modelos), la capacidad de interactuar eficazmente con herramientas generativas mediante la formulación de instrucciones pertinentes, el pensamiento crítico para evaluar la calidad, veracidad y sesgos de los resultados, y el discernimiento ético para utilizar estas tecnologías de manera responsable. Asimismo, integra habilidades metacognitivas para reconocer cuándo y cómo apoyarse en la IA, competencias creativas para co-construir conocimiento con sistemas inteligentes y una comprensión de sus implicancias sociales, económicas y culturales. En síntesis, no se trata solo de usar IA, sino de entenderla, cuestionarla y aplicarla estratégicamente en contextos académicos y profesionales.

A continuación, presentamos un conjunto de competencias clave en IA:

- *Comprensión fundamental de la IA:* Capacidad para conocer y comprender los conceptos básicos de la IA, incluyendo aprendizaje automático, datos, algoritmos y modelos. Implica reconocer dónde y cómo opera la IA en contextos académicos, profesionales y cotidianos, así como entender sus principios de funcionamiento y sus limitaciones técnicas.
- *Uso estratégico y aplicación de la IA:* Habilidad para interactuar eficazmente con herramientas de IA, formular instrucciones pertinentes (*prompting*), integrar sistemas generativos en la resolución de problemas y utilizar modelos básicos para apoyar procesos de análisis, creación y toma de decisiones.
- *Evaluación crítica y co-creación con IA:* Competencia para analizar y valorar la calidad, pertinencia y confiabilidad de los resultados generados por IA, identificando sesgos, errores y limitaciones. Incluye la capacidad de adaptar, modificar o diseñar aplicaciones simples basadas en IA con fines
- *Ética, gobernanza e impacto social de la IA:* Comprensión de los principios de equidad, transparencia, privacidad de datos y responsabilidad en el uso de IA. Implica reflexionar sobre el rol humano en la interacción humano-IA y sobre las implicancias sociales, económicas y culturales de su implementación.

En suma, la alfabetización en inteligencia artificial (AI literacy) se ha convertido en una competencia clave del siglo XXI, tan fundamental como la lectura y la escritura. No basta con saber utilizar herramientas basadas en IA; la universidad debe promover una comprensión profunda de cómo funcionan los algoritmos, cómo se entrenan los modelos y cuáles son sus alcances y limitaciones. Esta alfabetización implica desarrollar pensamiento crítico para evaluar los resultados generados, criterio ético para reconocer sesgos y riesgos, y creatividad para integrar la IA en procesos académicos y profesionales de manera responsable. Asimismo, supone comprender su impacto social, económico y cultural, formando graduados capaces de interactuar con sistemas inteligentes de forma reflexiva, informada y transformadora en distintos contextos de la vida contemporánea.

Metodología

La presente investigación conceptual se inscribe en un paradigma cualitativo de carácter documental y exploratorio. En este sentido, contribuye a clarificar marcos teóricos, delimitar y precisar constructos, así como proponer nuevos modelos explicativos que posteriormente orientan su validación mediante estudios empíricos (Hamadi & El-Den, 2024; Heinonen & Gruen, 2024).

Se adopta un enfoque de revisión narrativa y crítica, el cual permite una interpretación profunda de los constructos teóricos en el campo de la IA educativa. El proceso incluyó:

- *Búsqueda selectiva*: Selección intencional de literatura (2022-2026) y documentos *ad hoc*.
- *Análisis de categorías*: Desglose de conceptos como autonomía del estudiante y ética de la automatización.
- *Síntesis conceptual*: Conexión de las posturas del conectivismo con la sociología crítica.

Conclusiones

Las transformaciones derivadas de la IA generativa exigen una resignificación profunda de la autonomía estudiantil. En este nuevo escenario, el estudiante no puede limitarse a ser un usuario pasivo que acepta resultados algorítmicos sin cuestionarlos; por el contrario, debe asumirse como gestor crítico del conocimiento, capaz de interpretar, contrastar y reformular las respuestas generadas por sistemas inteligentes. La autonomía contemporánea implica mantener la autoría intelectual, ejercer juicio académico y tomar decisiones fundamentadas frente a contenidos producidos en interacción humano-IA.

En este marco, la universidad está llamada a transitar hacia una pedagogía del andamiaje ampliado, donde la evaluación no se centre exclusivamente en el producto final, sino en los procesos metacognitivos que lo sustentan. La IA, bien integrada, permite ofrecer retroalimentación inmediata, adaptar el ritmo y la secuencia de aprendizaje, y personalizar itinerarios formativos según las necesidades del estudiantado. Esta personalización, lejos de reemplazar al docente, potencia su rol como diseñador de experiencias significativas que articulan creatividad humana y apoyo algorítmico.

Finalmente, la dimensión ética debe consolidarse como eje estructurante de este nuevo paradigma. Más que reforzar mecanismos de vigilancia digital, la integridad académica requiere fomentar una cultura de transparencia, responsabilidad social y uso declarado de la IA. Solo así será posible formar profesionales capaces de aprovechar la personalización y el potencial innovador de estas tecnologías sin renunciar al compromiso ético ni a la responsabilidad intelectual.

Nota: *Uso de herramientas de inteligencia artificial*

Para optimizar la claridad expositiva, fortalecer la coherencia argumentativa y apoyar procesos de traducción académica (español-inglés) orientados a búsquedas bibliográficas más eficientes, se utilizaron herramientas de inteligencia artificial generativa, específicamente ChatGPT (versión 5.2) y Gemini. Asimismo, para agilizar la identificación de literatura científica pertinente y documentos especializados, se empleó la plataforma Consensus.

En todos los casos, las herramientas mencionadas fueron utilizadas exclusivamente como apoyo instrumental. La conceptualización, el análisis crítico, la selección final de fuentes y la redacción definitiva del manuscrito son responsabilidad exclusiva del autor.

Referencias

- Adıgüzel, T., Kaya, M. H., & Cansu, F. K. (2023). *Revolutionizing education with AI: Exploring the transformative potential of ChatGPT*. *Contemporary Educational Technology*, 15(3), Article ep429. <https://doi.org/10.30935/cedtech/13152>
- Animashaun, E., Familoni, B., & Onyebuchi, N. (2024). Advanced machine learning techniques for personalising technology education. *Computer Science & IT Research Journal*. <https://doi.org/10.51594/csitrj.v5i6.1198>
- Arif, R., Ittefaq, M., & Zia, L. (2025). College Students' Perceptions of Artificial Intelligence (AI) Risks and Benefits in Pakistan. *Human-Machine Communication*. <https://doi.org/10.30658/hmc.10.7>
- Chan, C., & Hu, W. (2023). Students' voices on generative AI: perceptions, benefits, and challenges in higher education. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 20. <https://doi.org/10.1186/s41239-023-00411-8>
- Consensus. (2024). *Consensus: AI-powered academic search engine*. <https://consensus.app>
- Digital Education Council, *AI in Higher Education Latin America Survey*, 2026
- Google. (2024). *Gemini [Modelo de inteligencia artificial]*. <https://deepmind.google/technologies/gemini/>
- Hamadi, M., & El-Den, J. (2024). A conceptual research framework for sustainable digital learning in higher education. *Research and Practice in Technology Enhanced Learning*, 19, 1-25. Article 1. <https://doi.org/10.58459/rptel.2024.19001>
- Heinonen, K., & Gruen, T. (2024). Elevating conceptual research: Insights, approaches, and support. *AMS Review*, 14, 1 - 6. <https://doi.org/10.1007/s13162-024-00283-9>.
- Jackson, P., Sukumaran, G., Babu, C., Tony, M., Jack, D., Reshma, V., Davis, D., Kurian, N., & John, A. (2024). Artificial intelligence in medical education - perception among medical students. *BMC Medical Education*, 24. <https://doi.org/10.1186/s12909-024-05760-0>
- Krishna, K., Mahesh, G., Chandra, A., & Chetan, A. (2025). Transforming Education through Artificial Intelligence: Impacts on Learning Outcomes and Teaching Practices. *International Journal of Scientific Research in Engineering and Management*. <https://doi.org/10.55041/ijrem52367>.
- Murtaza, M., Ahmed, Y., Shamsi, J., Sherwani, F., & Usman, M. (2022). AI-Based Personalized E-Learning Systems: Issues, Challenges, and Solutions. *IEEE Access*, 10, 81323-81342. <https://doi.org/10.1109/access.2022.3193938>
- Naseer, F., Khan, M., Tahir, M., Addas, A., & Aejaz, S. (2024). Integrating deep learning techniques for personalized learning pathways in higher education. *Heliyon*, 10. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e32628>
- Onesi-Ozigagun, O., Ololade, Y., Eyo-Udo, N., & Ogundipe, D. (2024). Revolutionizing education through ai: a comprehensive review of enhancing learning experiences. *International Journal of Applied Research in Social Sciences*. <https://doi.org/10.51594/ijarss.v6i4.1011>
- OpenAI. (2024). *ChatGPT (versión 5.2) [Modelo de lenguaje de gran escala]*. <https://openai.com>
- Sayed, W., Noeman, A., Abdellatif, A., Abdelrazek, M., Badawy, M., Hamed, A., & El-Tantawy, S. (2022). AI-based adaptive personalized content presentation and exercises navigation for an effective and engaging E-learning platform. *Multimedia Tools and Applications*, 82, 3303 - 3333. <https://doi.org/10.1007/s11042-022-13076-8>
- Sok, S., Heng, K., & Pum, M. (2025). Investigating High School Students' Attitudes Toward the Use of AI in Education: Evidence from Cambodia. *SAGE Open*, 15. <https://doi.org/10.1177/21582440251353575>
- Strayhorn, T. (2025). College Students' Use and Perceptions of Artificial Intelligence (AI): A Survey Study. *Journal of College Student Development*, 66, 319 - 326. <https://doi.org/10.1353/csd.2025.a962923>

- Vaněček, D., Yorulmaz, Y., & Dobrovská, D. (2025). A holistic exploration of student attitudes toward AI use in higher education: an international comparison. *Cogent Education*, 12. <https://doi.org/10.1080/2331186x.2025.2571691>
- Vera, F. (2024). Integración de la Inteligencia Artificial Generativa en la Educación Superior. *Transformar*, 4(4),36–46. <https://www.revistatransformar.cl/index.php/transformar/article/view/108>
- Verma, A., & Kulkarnin, R. (2025). Adaptive Learning Algorithms for Differentiated Instruction in Mathematics Education. *International Academic Journal of Science and Engineering*. <https://doi.org/10.71086/iajse/v12i1/iajse1209>

Oportunidades tecnológicas y desafíos éticos en la aplicación de IA en salud mental en América latina

JUAN PABLO LÓPEZ¹
FERNANDO VERA²
TOBÍAS A. PARODI³

¹Corporación Unificada Nacional de Educación Superior, Colombia

²Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea, España

³Universidad de Córdoba, Colombia

Autor de correspondencia: juan.lopez@cun.edu.co

Resumen

La inteligencia artificial (IA) ha emergido como una alternativa prometedora para afrontar la crisis de salud mental en América Latina y el Caribe, caracterizada por alta prevalencia de trastornos, escasez de profesionales y profundas desigualdades estructurales. Se busca analizar críticamente las oportunidades, aplicaciones y desafíos éticos de la IA en salud mental en el contexto regional. Mediante una revisión narrativa crítica e integrativa, se examina literatura académica y documentos normativos publicados entre 2020-2025, incluyendo estudios empíricos, revisiones y marcos regulatorios relevantes para la región. Los resultados evidencian un panorama emergente en diagnóstico predictivo, monitoreo emocional y chatbots, pero limitado por sesgos algorítmicos, falta de datos representativos y ausencia de regulaciones específicas. Se concluye que la implementación efectiva de la IA en salud mental requiere un enfoque de desarrollo responsable que articule gobernanza ética, fortalecimiento de capacidades locales y adaptación sociocultural, priorizando la equidad y la protección de poblaciones vulnerables.

Palabras clave: Inteligencia artificial, Salud mental; Ética; América latina; Innovación.

Introducción

La inteligencia artificial (IA) emerge como una herramienta con un potencial transformador significativo en diversas áreas. En el caso de la salud mental, actualmente América Latina y el Caribe (ALC) enfrenta una crisis multifacética, agravada por altas prevalencias de trastornos como ansiedad y depresión, una marcada escasez de profesionales especializados y sistemas de salud fragmentados y con acceso desigual. Esta situación, profundizada por factores estructurales como la pobreza, el estigma y la baja inversión pública, demanda soluciones innovadoras y escalables. En este contexto, aplicaciones como modelos predictivos, sistemas de monitoreo emocional y chatbots terapéuticos ofrecen alternativas para optimizar recursos, facilitar el diagnóstico temprano y proporcionar acompañamiento continuo, especialmente en áreas con limitada cobertura profesional.

Sin embargo, la adopción de estas tecnologías en la región no está exenta de desafíos profundos. El desarrollo y la implementación de la IA en salud mental están condicionados por barreras metodológicas, como la falta de datos representativos y de calidad; riesgos éticos inherentes, como los sesgos algorítmicos y las amenazas a la privacidad; y un entorno regulatorio incipiente y fragmentado. Este documento tiene como objetivo analizar críticamente el estado actual, las aplicaciones, los desafíos éticos y las vías para un

desarrollo responsable de la IA en salud mental en ALC, con el fin de informar a investigadores, clínicos y tomadores de decisiones involucrados en la intersección entre tecnología y salud pública.

Metodología

El trabajo se fundamenta en una revisión narrativa crítica e integrativa de la literatura, seleccionada por su adecuación para analizar un campo emergente y heterogéneo como el de la inteligencia artificial aplicada a la salud mental en América Latina y el Caribe. Este enfoque metodológico permite no solo describir el estado del conocimiento disponible, sino también interpretar tendencias, contrastar perspectivas y examinar implicaciones éticas, sociales y regulatorias en un contexto regional específico.

La búsqueda de información se realizó sobre literatura publicada entre los años 2020 y 2025, considerando el periodo de mayor expansión y consolidación del uso de tecnologías de IA en el ámbito de la salud. Se consultaron bases de datos académicas internacionales y regionales, incluyendo PubMed, Scopus, SciELO y Google Scholar, con el fin de identificar estudios empíricos, revisiones sistemáticas, revisiones narrativas y scoping reviews relacionadas con aplicaciones de IA en salud mental. De manera complementaria, se incorporaron documentos de política pública, marcos regulatorios, guías éticas y reportes de organismos multilaterales relevantes para la gobernanza de la IA y la salud digital.

Los criterios de inclusión contemplaron publicaciones que cumplieran al menos uno de los siguientes aspectos: (a) estudios empíricos realizados en países de ALC o cuyos resultados fueran aplicables a la región; (b) investigaciones sobre aplicaciones específicas de IA en salud mental; (c) documentos normativos o de gobernanza tecnológica; y (d) evidencias sobre desigualdad, acceso o impacto social relacionadas con tecnologías digitales en salud. Se excluyeron trabajos centrados exclusivamente en contextos de países de altos ingresos sin discusión de transferibilidad regional.

La información seleccionada fue analizada mediante una síntesis temática, organizada en dimensiones analíticas previamente definidas: panorama tecnológico de la IA en salud mental, oportunidades de aplicación, barreras metodológicas y estructurales, desafíos éticos y sociales, y situación regulatoria. Este proceso permitió identificar patrones recurrentes, vacíos de conocimiento y convergencias entre la evidencia empírica y los marcos conceptuales existentes, favoreciendo una interpretación crítica y contextualizada de los hallazgos.

Resultados

El análisis de la evidencia revela un panorama emergente pero incipiente en la aplicación de la IA para la salud mental en ALC. La producción científica regional ha experimentado un crecimiento acelerado en los últimos años, con una concentración significativa de investigaciones en Colombia, México y Chile. Esta producción se alinea predominantemente con patrones globales que priorizan el abordaje de la depresión, la ansiedad y el estrés (Daza *et al.*, 2023).

En cuanto al panorama tecnológico, las aplicaciones predominantes se basan en aprendizaje automático (ML) y procesamiento de lenguaje natural (PLN). En Colombia, por ejemplo, Santamaría-García *et al.* (2023) han utilizado modelos de ML para identificar patrones de bienestar en adultos mayores, mientras que, en Chile, Gaona *et al.* (2025) han aplicado algoritmos de Random Forest para el análisis del trastorno bipolar. Paralelamente, el uso de chatbots basados en PLN ha mostrado resultados promisorios en términos de aceptabilidad y apoyo conductual en jóvenes (Entenberg *et al.*, 2023), posicionándose como una herramienta viable para la microintervención y el apoyo psicoeducativo.

A pesar de estos avances, la revisión identificó debilidades metodológicas recurrentes que limitan la validez y generalización de los estudios. Tornero-Costa *et al.* (2023) señalan que gran parte de la investigación regional adolece de muestras pequeñas, falta de validación externa y datos que no fueron diseñados originalmente para entrenamiento de IA. Esto se ve agravado por la escasez de datos epidemiológicos representativos; la mayor parte de la información disponible en la región se concentra en unos pocos países, dejando vacíos de información sobre otras poblaciones latinoamericanas (Ramírez-Bontá *et al.*, 2023).

Uno de los hallazgos más críticos refiere a los desafíos éticos y estructurales. La implementación de la IA en salud mental en ALC se desarrolla en un contexto marcado por severas desigualdades sociales. Factores como la brecha digital, la baja alfabetización tecnológica y las diferencias en acceso a servicios de salud condicionan que los beneficios de estas tecnologías no se distribuyan equitativamente. Además, el uso de sistemas entrenados con datos de países de altos ingresos conlleva un riesgo alto de sesgo algorítmico, pudiendo generar diagnósticos o recomendaciones inapropiadas culturalmente o que refuercen estereotipos (Mancilla-Caceres & Estrada-Villalta, 2022).

Respecto a la situación regulatoria, se observa un desarrollo normativo heterogéneo y en fase inicial. Si bien países como Brasil han avanzado con leyes generales de protección de datos (LGPD), y Perú cuenta con una norma específica para IA en medicina, la regulación para la IA aplicada específicamente a la salud mental es prácticamente inexistente en la región (Ragusa *et al.*, 2025; Eraso, 2024). Existen vacíos importantes en cuanto a la responsabilidad legal ante decisiones automatizadas, los protocolos de validación clínica y los estándares de seguridad para herramientas que gestionan información emocional y conductual altamente sensible.

Frente a este escenario, la literatura sugiere que la efectividad de la IA depende de la adopción de marcos de desarrollo responsable. Esto implica no solo adherirse a estándares técnicos internacionales de reporte (como TRIPOD-AI o CONSORT-AI), sino también fomentar la participación comunitaria en el diseño de las herramientas, garantizar la transparencia algorítmica y fortalecer las capacidades técnicas locales para reducir la dependencia de soluciones externas (Paz *et al.*, 2025).

Conclusiones

La inteligencia artificial representa una oportunidad relevante para fortalecer las estrategias de atención en salud mental en América Latina y el Caribe, especialmente en términos de diagnóstico predictivo, monitoreo continuo y ampliación del acceso a servicios en contextos de recursos limitados. No obstante, la evidencia analizada muestra que su implementación en la región se encuentra condicionada por barreras metodológicas, estructurales y éticas que deben ser abordadas de manera integral.

La falta de datos representativos, la debilidad de la validación clínica y la ausencia de marcos regulatorios específicos incrementan los riesgos de sesgo, inequidad y uso inapropiado de tecnologías de IA en salud mental. En este sentido, la adopción acrítica de modelos desarrollados en otros contextos puede profundizar desigualdades existentes en lugar de mitigarlas.

Se concluye que el desarrollo y la implementación efectiva de la IA en salud mental en ALC requieren un enfoque de desarrollo responsable, que articule gobernanza ética, fortalecimiento de capacidades locales, colaboración interdisciplinaria y adaptación sociocultural. Avanzar en esta dirección permitirá que la IA

funcione como un complemento al trabajo clínico y no como un sustituto, contribuyendo de manera sostenible a la mejora del bienestar y al fortalecimiento de los sistemas de salud mental en la región.

Referencias

- Cecil, J., Kleine, A., et al. (2025). Mental health practitioners' perceptions and adoption intentions of AI-enabled technologies: an international mixed-methods study. *BMC Health Services Research*, 25. <https://doi.org/10.1186/s12913-025-12715-8>
- Chan, A., Darzi, A., Holmes, C., Yau, C., Moher, D., Ashrafian, H., Deeks, J., Ruffano, L., Faes, L., Calvert, M., Keane, P., Rivera, S., Vollmer, S., Liu, X., Lee, A., Jonas, A., Esteva, A., Beam, A., Panico, M., Lee, C., Haug, C., Kelly, C., Mulrow, C., Espinoza, C., Fletcher, J., Paltoo, D., Manna, E., Price, G., Collins, G., Harvey, H., Matcham, J., Monteiro, J., Oakden-Rayner, L., McCradden, M., Savage, R., Golub, R., Sarkar, R., & Rowley, S. (2020). Reporting guidelines for clinical trial reports for interventions involving artificial intelligence: the CONSORT-AI extension. *Nature Medicine*, 26, 1364 - 1374. <https://doi.org/10.1038/s41591-020-1034-x>
- Collins, G., Dhiman, P., Navarro, C., J., Hooft, L., Reitsma, J., Logullo, P., Beam, A., Peng, L., Van Calster, B., Van Smeden, M., Riley, R., & Moons, K. (2021). Protocol for development of a reporting guideline (TRIPOD-AI) and risk of bias tool (PROBAST-AI) for diagnostic and prognostic prediction model studies based on artificial intelligence. *BMJ Open*, 11.: <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2020-048008>
- Collins, G., Moons, K., Dhiman, P., Riley, R., Beam, A., Van Calster, B., Ghassemi, M., Liu, X., Reitsma, J., Van Smeden, M., Boulesteix, A., Camaradou, J., Celi, L., Denaxas, S., Denniston, A., Glocker, B., Golub, R., Harvey, H., Heinze, G., Hoffman, M., Kengne, A., Lam, E., Lee, N., Loder, E., Maier-Hein, L., Mateen, B., Mccradden, M., Oakden-Rayner, L., Ordish, J., Parnell, R., Rose, S., Singh, K., Wynants, L., & Logullo, P. (2024). TRIPOD+AI statement: updated guidance for reporting clinical prediction models that use regression or machine learning methods. *The BMJ*, 385. <https://doi.org/10.1136/bmj-2023-078378>
- Daza, A., Saboya, N., Necochea-Chamorro, J. I., Zavaleta Ramos, K., & Vásquez Valencia, Y. del R. (2023). Systematic review of machine learning techniques to predict anxiety and stress in college students. *Informatics in Medicine Unlocked*, 43, 101391. [Recuphttps://doi.org/10.1016/j.imu.2023.101391](https://doi.org/10.1016/j.imu.2023.101391)
- De Araujo Dourado, D., & Aith, F. (2022). The regulation of artificial intelligence for health in Brazil begins with the General Personal Data Protection Law. *Revista de Saúde Pública*, 56. <https://doi.org/10.11606/s1518-8787.2022056004461>
- Elyoseph, Z., Gur, T., Haber, Y., Simon, T., Angert, T., Navon, Y., Tal, A., & Asman, O. (2024). An Ethical Perspective on the Democratization of Mental Health With Generative AI. *JMIR Mental Health*, 11. <https://doi.org/10.2196/58011>
- Entenberg, G. A., Mizrahi, S., Walker, H., Aghakhani, S., Mostovoy, K., Carre, N., Marshall, Z., Dosovitsky, G., Benfica, D., Rousseau, A., Lin, G., & Bunge, E. L. (2023). AI-based chatbot micro-intervention for parents: Meaningful engagement, learning, and efficacy. *Frontiers in Psychiatry*, 14. <https://doi.org/10.3389/fpsy.2023.1080770>
- Eraso, I. (2024). *Estado de la regulación colombiana a los sistemas de Gestión de Inteligencia Artificial y su aplicación en las organizaciones y entidades prestadoras de salud*. Trabajo Fin de Máster, Universidad Europea. [Rhttps://titula.universidadeuropea.com/bitstream/handle/20.500.12880/10985/TFM%20Isabella%20Eraso.pdf?isAllowed=y&sequence=1](https://titula.universidadeuropea.com/bitstream/handle/20.500.12880/10985/TFM%20Isabella%20Eraso.pdf?isAllowed=y&sequence=1)
- Fanarioti, A., & Karpouzis, K. (2025). Artificial Intelligence and the Future of Mental Health in a Digitally Transformed World. *Computers*. <https://doi.org/10.3390/computers14070259>

- Goktas, P., & Grzybowski, A. (2025). Shaping the Future of Healthcare: Ethical Clinical Challenges and Pathways to Trustworthy AI. *Journal of Clinical Medicine*, 14. <https://doi.org/10.3390/jcm14051605>
- Gómez Gaona, C. I., Mejía Rubio, A. del R., León Pérez, J. R., Rodríguez, J., Diago Alfes, Z., Muñoz Escobar, L. E., Inca, C., Yaguana Torres, J., & Arellano, M. V. (2025). Random Forest modeling of bipolar affective disorder in Ecuador. *Salud, Ciencia Y Tecnología*, 5. <https://doi.org/10.56294/saludcyt20251970>
- Hoose, S., & Kristína, K. (2024). Artificial Intelligence in Mental Health Care: Management Implications, Ethical Challenges, and Policy Considerations. *Administrative Sciences*, 14(9), 227. <https://doi.org/10.3390/admsci14090227>
- Ibrahim, H., Liu, X., Rivera, S., Moher, D., Chan, A., Sydes, M., Calvert, M., & Denniston, A. (2021). Reporting guidelines for clinical trials of artificial intelligence interventions: the SPIRIT-AI and CONSORT-AI guidelines. *Trials*, 22. <https://doi.org/10.1186/s13063-020-04951-6>
- Jazayeri, D., Banfield, M., Tapp, C., Tjung, C., Stettaford, T., Stewart, V., Valuri, G., Chong, T., Cullen, P., McGrath, M., Cooper, R., Wheeler, A., Neil, A., Kisely, S., Bennett, J., Preen, D., Ao, S., Sanci, L., Baker, E., & Palmer, V. (2025). Capacity-building strategy for next-generation mental health research: embedding a national network infrastructure to grow mental health researcher capabilities and mental health lived-experience research leaders. *BMJ Mental Health*, 28. <https://doi.org/10.1136/bmjment-2025-301554>
- Kasaudhan, K. (2025). AI-Driven Tools for Detecting and Monitoring Mental Health Conditions Through Behaviour Patterns. *International Journal of Preventive Medicine and Health*. <https://doi.org/10.54105/ijpmh.b1054.05030325>
- Katsina, A. (2024). Exploring digital therapeutics for mental health: AI-driven innovations in personalized treatment approaches. *World Journal of Advanced Research and Reviews*. <https://doi.org/10.30574/wjarr.2024.24.3.3997>
- Kleine, A., Kokje, E., Hummelsberger, P., Lerner, E., Schaffernak, I., & Gaube, S. (2024). AI-enabled clinical decision support tools for mental healthcare: A product review. *Artificial intelligence in medicine*, 160, 103052. <https://doi.org/10.1016/j.artmed.2024.103052>
- Koutsouleris, N., Hauser, T., Skvortsova, V., & De Choudhury, M. (2022). From promise to practice: towards the realisation of AI-informed mental health care. *The Lancet. Digital health*. [https://doi.org/10.1016/s2589-7500\(22\)00153-4](https://doi.org/10.1016/s2589-7500(22)00153-4)
- Liu, X., Rivera, C., Moher, D., Calvert, M., & Denniston, A. (2020). Reporting guidelines for clinical trial reports for interventions involving artificial intelligence: the CONSORT-AI extension. *The Lancet. Digital health*, 2(10), e537-e548. [https://doi.org/10.1016/s2589-7500\(20\)30218-1](https://doi.org/10.1016/s2589-7500(20)30218-1)
- Löchner, J., Carlbring, P., Schuller, B., Torous, J., & Sander, L. (2025). Digital interventions in mental health: An overview and future perspectives. *Internet Interventions*, 40. <https://doi.org/10.1016/j.invent.2025.100824>
- Mancilla-Caceres, J., & Estrada-Villalta, S. (2022). The Ethical Considerations of AI in Latin America. *Digital Society*, 1. <https://doi.org/10.1007/s44206-022-00018-y>
- Martindale, A., Ng, B., Ngai, V., Kale, A., Di Ruffano, L., Golub, R., Collins, G., Moher, D., Mccradden, M., Oakden-Rayner, L., Rivera, S., Calvert, M., Kelly, C., Lee, C., Yau, C., Chan, A., Keane, P., Beam, A., Denniston, A., & Liu, X. (2024). Concordance of randomised controlled trials for artificial intelligence interventions with the CONSORT-AI reporting guidelines. *Nature Communications*, 15. <https://doi.org/10.1038/s41467-024-45355-3>
- Montenegro, C., Abarca-Brown, G., Flores, E., Susser, E., Rivera, E., Paniagua-Avila, A., Florence, A., & Mascayano, F. (2024). Researchers' agency and the boundaries of global mental health: perspectives from and about Latin America. *BMJ Global Health*, 9. <https://doi.org/10.1136/bmjgh-2024-015923>

- Naik, P. (2023). Psychiatryai.com: An exploratory online Artificial Intelligence and Data Science platform to enable near real-time psychiatry and mental health evidence-based medical research and data dissemination. *European Psychiatry*, 66, S529 - S530. <https://doi.org/10.1192/j.eurpsy.2023.1120>
- Ng, M., Helzer, J., Pfeffer, M., Seto, T., & Hernandez-Boussard, T. (2025). Development of secure infrastructure for advancing generative artificial intelligence research in healthcare at an academic medical center. *Journal of the American Medical Informatics Association: JAMIA*, 32, 586 - 588. <https://doi.org/10.1093/jamia/ocaf005>
- Olawade, D., Wada, O., Odetayo, A., David-Olawade, A., Asaolu, F., & Eberhardt, J. (2024). Enhancing Mental Health with Artificial Intelligence: Current Trends and Future Prospects. *Journal of Medicine, Surgery, and Public Health*. <https://doi.org/10.1016/j.glmedi.2024.100099>
- Parra, M., Baez, S., Sedeño, L., Campo, C., Santamaría-García, H., Aprahamian, I., Bertolucci, P., Bustin, J., Bicalho, M., Cano-Gutierrez, C., Caramelli, P., Chaves, M., Cogram, P., Beber, B., Court, F., De Souza, L., Custodio, N., Damián, A., De La Cruz, M., Rodriguez, R., Brucki, S., Fajersztajn, L., Farías, G., De Felice, F., Ferrari, R., De Oliveira, F., Ferreira, S., Ferretti, C., Balthazar, M., Frota, N., Fuentes, P., Garcia, A., Garcia, P., De Gobbi Porto, F., Peñailillo, L., Engler, H., Maier, I., Mata, I., González-Billault, C., López, O., Morelli, L., Nitrini, R., Quiroz, Y., Barragán, A., Huepe, D., Pio, F., Suemoto, C., Kochhann, R., Kochen, S., Kumfor, F., Lanata, S., Miller, B., Mansur, L., Hosogi, M., Lillo, P., Guerra, J., Lira, D., Lopera, F., Comas, A., Ávila-Funes, J., Sosa, A., Ramos, C., Resende, E., Snyder, H., Tarnanas, I., Yokoyama, J., Llibre, J., Cardona, J., Possin, K., Kosik, K., Montesinos, R., Moguilner, S., Solís, P., Ferretti-Rebustini, R., Ramirez, J., Matallana, D., Mbakile-Mahlanza, L., Ton, A., Tavares, R., Miotto, E., Muniz-Terrera, G., Muñoz-Nevárez, L., Orozco, D., De Oliveira, M., Pigué, O., Caipa, M., Escudero, S., Schilling, L., Palmeira, A., Yassuda, M., Santacruz-Escudero, J., Serafim, R., Smid, J., Slachevsky, A., Serrano, C., Soto-Añari, M., Takada, L., Grinberg, L., Teixeira, A., Barbosa, M., Trépel, D., & Ibáñez, A. (2020). Dementia in Latin America: Paving the way toward a regional action plan. *Alzheimer's & Dementia*, 17, 295 - 313. <https://doi.org/10.1002/alz.12202>
- Pavlopoulos, A., Rachiotis, T., et al. (2024). An Overview of Tools and Technologies for Anxiety and Depression Management Using AI. *Applied Sciences*. <https://doi.org/10.3390/app14199068>
- Paz, C., Dogmanas, D., & Behn, A. (2025). The time has come to implement routine outcome monitoring in mental health services across Latin America. *Frontiers in Public Health*, 13. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2025.1557029>
- Pesqueira, A., Pereira, R., Sousa, M., & Schwendinger, M. (2025). Designing and implementing SMILE: An AI-driven platform for enhancing clinical decision-making in mental health and neurodivergence management. *Computational and Structural Biotechnology Journal*, 27, 785 - 803. <https://doi.org/10.1016/j.csbj.2025.02.022>
- Ragusa, M., Tortosa, F., Monteiro, M., Saisó, S., & Reveiz, L. (2025). Health-related SDGs in the national science agendas of Latin America and the Caribbean: a scoping review. *International Journal for Equity in Health*, 24. <https://doi.org/10.1186/s12939-024-02350-w>
- Ramírez-Bontá, F., Vásquez-Vílchez, R., Cabrera-Alva, M., Otazú-Alfaro, S., Almeida-Huanca, G., Ambrosio-Melgarejo, J., Figueroa-Quiñones, J., Romero-Cabrera, A., Cruz, A., Chávez-Hinostroza, E., Rosado-Medina, M., Siancas-Villano, W., Quintana-Castro, C., Bazo-Alvarez, J., & Villarreal-Zegarra, D. (2023). Mental health data available in representative surveys conducted in Latin America and the Caribbean countries: a scoping review. *BMJ Open*, 13. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2022-069861>
- Ruano, A., Rodriguez, D., Rossi, P., & Maceira, D. (2021). Understanding inequities in health and health systems in Latin America and the Caribbean: a thematic series. *International Journal for Equity in Health*, 20. <https://doi.org/10.1186/s12939-021-01426-1>

- Rubeis, G. (2022). iHealth: The ethics of artificial intelligence and big data in mental healthcare. *Internet Interventions*, 28. <https://doi.org/10.1016/j.invent.2022.100518>
- Saeidnia, H., Fotami, S., Lund, B., & Ghiasi, N. (2024). Ethical Considerations in Artificial Intelligence Interventions for Mental Health and Well-Being: Ensuring Responsible Implementation and Impact. *Social Sciences*. <https://doi.org/10.3390/socsci13070381>
- Sánchez-Castro, J., González, L., Arias-Murcia, S., Mahecha-Bermeo, V., Stock, C., & Heinrichs, K. (2024). Mental health among adolescents exposed to social inequality in Latin America and the Caribbean: a scoping review. *Frontiers in Public Health*, 12. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2024.1342361>
- Santamaria-Garcia, H., Sainz-Ballesteros, A., Hernandez, H. et al. Factors associated with healthy aging in Latin American populations. *Nat Med* 29, 2248–2258 (2023). <https://doi.org/10.1038/s41591-023-02495-1>
- Shaw, J., Ali, J., Atuire, C., Cheah, P., Español, A., Gichoya, J., Hunt, A., Jjingo, D., Littler, K., Paolotti, D., & Vayena, E. (2024). Research ethics and artificial intelligence for global health: perspectives from the global forum on bioethics in research. *BMC Medical Ethics*, 25. <https://doi.org/10.1186/s12910-024-01044-w>
- Sounderajah, V., Ashrafiyan, H., Golub, R., Shetty, S., De Fauw, J., Hooft, L., Moons, K., Collins, G., Moher, D., Bossuyt, P., Darzi, A., Karthikesalingam, A., Denniston, A., Mateen, B., Ting, D., Treanor, D., King, D., Greaves, F., Godwin, J., Pearson-Stuttard, J., Harling, L., McInnes, M., Rifai, N., Tomašev, N., Normahani, P., Whiting, P., Aggarwal, R., Vollmer, S., Markar, S., Panch, T., & Liu, X. (2021). Developing a reporting guideline for artificial intelligence-centred diagnostic test accuracy studies: the STARD-AI protocol. *BMJ Open*, 11. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2020-047709>
- Spytska, L. (2025). The use of artificial intelligence in psychotherapy: development of intelligent therapeutic systems. *BMC Psychology*, 13, 175. <https://doi.org/10.1186/s40359-025-02491-9>
- Strudwick, G., Kassam, I., Torous, J., & Patenaude, S. (2025). Building the Infrastructure for Sustainable Digital Mental Health: It Is “Prime Time” for Implementation Science. *JMIR Mental Health*, 12. <https://doi.org/10.2196/78791>
- Sussman, L., Garcia-Robledo, J., Ordóñez-Reyes, C., Forero, Y., Mosquera, A., Ruiz-Patiño, A., Chamorro, D., & Cardona, A. (2022). Integration of artificial intelligence and precision oncology in Latin America. *Frontiers in Medical Technology*, 4. <https://doi.org/10.3389/fmedt.2022.1007822>
- Terán, M., Gómez Gaona, C., Alfes, Z., & Galarza Chicaiza, G. (2024). El papel de la inteligencia artificial en la promoción de la salud mental y el bienestar: una revisión sistemática. *Polo del Conocimiento*, 9(12), 1997-2014. <https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/8598>
- Thieme, A., Hanratty, M., Lyons, M., Palacios, J., Marques, R., Morrison, C., & Doherty, G. (2022). Designing Human-centered AI for Mental Health: Developing Clinically Relevant Applications for Online CBT Treatment. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction*, 30, 1 - 50. <https://doi.org/10.1145/3564752>
- Tornero-Costa, R., Martínez-Millana, A., Azzopardi-Muscat, N., Lazeri, L., Traver, V., & Novillo-Ortiz, D. (2023). Methodological and Quality Flaws in the Use of Artificial Intelligence in Mental Health Research: Systematic Review. *JMIR Mental Health*, 10. <https://doi.org/10.2196/42045>
- Vielma-Aguilera, A., & Castro-Alzate, E. (2021). Interventions to reduce stigma toward people with severe mental disorders in Ibero-America: A systematic review. *Revista Ciencias de la Salud*. <https://doi.org/10.12804/revistas.urosario.edu.co/revsalud/a.10054>
- Wang, X., Zhou, Y., & Zhou, G. (2024). The Application and Ethical Implication of Generative AI in Mental Health: Systematic Review. *JMIR Mental Health*, 12. <https://doi.org/10.2196/70610>

- Wilhelm, C., Steckelberg, A., & Rebitschek, F. (2024). Benefits and harms associated with the use of AI-related algorithmic decision-making systems by healthcare professionals: a systematic review. *The Lancet Regional Health - Europe*, 48. <https://doi.org/10.1016/j.lanepe.2024.101145>
- Zavaleta-Monestel, E., Anchía-Alfaro, A., Rojas-Chinchilla, C., Quesada-Loría, D., & Arguedas-Chacón, S. (2025). Ethical and Practical Dimensions of Artificial Intelligence (AI) in Healthcare: A Comprehensive Study of Professional Perceptions. *Cureus*, 17. <https://doi.org/10.7759/cureus.78416>
- Zhang, M., Scandiffio, J., Younus, S., Jeyakumar, T., Karsan, I., Charow, R., Salhia, M., & Wiljer, D. (2023). The Adoption of AI in Mental Health Care—Perspectives From Mental Health Professionals: Qualitative Descriptive Study. *JMIR Formative Research*, 7. <https://doi.org/10.2196/47847>
- Zhang, S., Batra, K., Xu, W., Liu, T., Dong, R., Yin, A., Delios, A., Chen, B., Chen, R., Miller, S., Wan, X., Ye, W., & Chen, J. (2022). Mental disorder symptoms during the COVID-19 pandemic in Latin America – a systematic review and meta-analysis. *Epidemiology and Psychiatric Sciences*, 31. <https://doi.org/10.1017/s2045796021000767>
- Zhong, W., et al. (2024). The therapeutic effectiveness of AI-based chatbots in alleviation of depressive and anxiety symptoms: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Affective Disorders*. <https://doi.org/10.1016/j.jad.2024.05.077>

Cuando la escuela y la universidad no dialogan: Una brecha que afecta la formación integral

HUGO ENRIQUE TROYA FELIX¹

¹Universidad del Pacífico, Ecuador

Autor de correspondencia: h-troy@hotmail.com

Resumen

El presente análisis proviene de un estudio comparativo estructurando la no interacción educativa entre los niveles de educación escolar y universitaria en América Latina, abordando evidencias empíricas de los últimos cinco años. A partir de investigaciones cuantitativas y cualitativas de diversos países de la región, se documenta que dicha brecha tiene múltiples dimensiones curriculares, socioeconómicas, tecnológicas y académicas que dificultan la transición y la formación integral de los y las estudiantes. Los resultados muestran una clara falta y desinterés en la articulación curricular, desigualdades en preparación académica y deficiencias en políticas públicas que promuevan un verdadero diálogo Inter nivel. Las evidencias sugieren que la ausencia o escasa de mecanismos efectivos de coordinación entre escuela y universidad genera desventajas sistemáticas en rendimiento y permanencia académica. Se concluye que cerrar estas brechas requiere estrategias integrales centradas en la articulación curricular, formación docente y políticas de inclusión.

Palabras claves: Articulación educativa; Brecha escolar-universitaria; Transición educativa; Educación superior; Equidad educativa.

Introducción

En América Latina, la brecha entre los sistemas educativos de la escuela y la universidad ha sido objeto de atención creciente por parte de investigadores, organismos multilaterales y formuladores de normativas o leyes públicas. A pesar de que la educación secundaria tiene una cobertura cada vez más amplia, la transición hacia la educación superior continúa presentando desafíos significativos para estudiantes y docentes, evidenciando una falta de articulación que afecta la formación integral. Esta brecha no únicamente se expresa en términos de acceso o tasas de permanencia, sino también en términos de preparación académica, coherencia curricular y expectativas institucionales, reflejando desigualdades estructurales y políticas educativas inconsistentes.

Estudios recientes han abordado la problemática desde distintas aristas, incluyendo análisis cuantitativos del rendimiento estudiantil al ingreso universitario, y evaluaciones cualitativas de percepciones de docentes y estudiantes sobre la articulación educativa. Sin embargo, la evidencia comparativa que integre múltiples países latinoamericanos y diferentes dimensiones de la brecha es todavía escasa, pese a la importancia de comprender estos fenómenos en profundidad. Dos líneas de investigación relevantes son aquellas que exploran la diferenciación y desigualdad en la educación secundaria y su impacto en el ingreso a la universidad, y trabajos que documentan retos institucionales y de contexto al migrar a la educación universitaria.

Este artículo realiza un análisis comparativo de evidencia reciente en América Latina centrada en los últimos cinco años para identificar características estructurales y propuestas orientadas a cerrar la brecha entre la escuela y la universidad.

Metodología

El presente estudio utiliza un enfoque metodológico comparativo, basado y estructurado en una revisión sistemática y rigurosa de literatura científica y documental generada en América Latina entre 2020 y 2025. Este enfoque es relevante porque facilita la identificación de patrones, convergencias y divergencias en la evidencia empírica disponible acerca de la brecha enorme que existe entre la educación secundaria y la educación universitaria en diversos contextos nacionales de la región.

La recopilación y escogimiento de información se llevó a cabo mediante una búsqueda estructurada en bases de datos académicas regionales e internacionales, así como en repositorios institucionales y portales de organismos multilaterales. Entre las principales fuentes consultadas se incluyen SciELO, Redalyc, Dialnet, Google Scholar, repositorios universitarios latinoamericanos y publicaciones de organismos como UNESCO-IESALC, CEPAL y CLACSO.

Las palabras clave utilizadas en la búsqueda se definieron a partir del Tesoro de la UNESCO e incluyeron combinaciones como articulación educativa, transición secundaria-universidad, brecha educativa, educación superior, desigualdad educativa y América Latina. Estas palabras se emplearon en español y portugués, con el fin de ampliar la cobertura regional de los estudios seleccionados.

Para asegurar la calidad y pertinencia de la evidencia analizada, se definieron criterios claros de inclusión y exclusión. Se tomaron en cuenta los estudios que cumplieran con los siguientes criterios:

- a) investigaciones empíricas o análisis documentales contextualizados en países de América Latina;
- b) publicaciones realizadas a partir del año 2020; estudios centrados en la articulación entre educación secundaria y universitaria, la transición educativa, o las desigualdades en la preparación y desempeño académico de los estudiantes;
- c) documentos publicados en revistas arbitradas, informes técnicos o repositorios institucionales con respaldo académico.

Se excluyeron trabajos de carácter exclusivamente opinativo, publicaciones previas a 2020 y estudios cuya temática no abordara de manera explícita la relación entre ambos niveles educativos.

El proceso de selección se llevó a cabo en tres etapas:

Primera Etapa: En esta fase inicial, se realizó una revisión de títulos y resúmenes para identificar estudios que pudieran ser relevantes.

Segunda Etapa: En la siguiente fase, se llevó a cabo la lectura exhaustiva de los textos seleccionados, evaluando su coherencia metodológica, el tipo de evidencia que presentaban y la claridad de los resultados.

Finalmente, en una tercera fase, se sistematizaron los estudios incluidos mediante matrices de análisis comparativo, considerando variables como país, enfoque metodológico, nivel educativo analizado y principales hallazgos.

Los documentos analizados incluyeron investigaciones con metodologías cuantitativas (encuestas, análisis estadísticos de rendimiento y permanencia), cualitativas (entrevistas, estudios de caso, análisis de políticas educativas) y mixtas, lo que permitió una triangulación de enfoques y una comprensión más amplia del fenómeno estudiado.

La comparación entre estudios se realizó identificando regularidades y diferencias en los resultados reportados, así como en las interpretaciones propuestas por los autores. Este procedimiento permitió cuestionar de manera crítica la validez y consistencia de las afirmaciones sobre la brecha escolar-universitaria, contrastando evidencias provenientes de distintos contextos nacionales y subregionales.

Con el fin de fortalecer la validez del estudio, se priorizó la inclusión de investigaciones con respaldo empírico y se contrastaron los hallazgos con informes regionales de organismos internacionales, lo que contribuyó a minimizar sesgos interpretativos. No obstante, se reconoce como limitación la heterogeneidad metodológica de los estudios analizados, propia de los enfoques comparativos basados en revisión de literatura.

Tabla 1. Estudios analizados sobre brechas entre educación secundaria y universitaria en América Latina (2020–2025)

Autor(es) y año	País	Enfoque metodológico	Fuente	Nivel educativo analizado	Principales hallazgos relacionados con la brecha
Quispe Condori (2024)	Bolivia	Cuantitativo	Revista Alternancia	Secundaria–Universidad	Brechas significativas en lo curricular, tecnológico y socioeconómico
UNESCO IESALC (2022)	Regional	Comparativo	UNESCO / CLACSO	Secundaria–Superior	Desarticulación estructural entre niveles y desigualdad en trayectorias
García (2025)	Regional	Análisis documental	ESS–UNESCO	Educación superior	Insuficiencia de políticas de articulación inter nivel
González-Pizarro et al. (2024)	Chile	Cuantitativo	Univ. de Chile	Ingreso universitario	Desigualdades en competencias cognitivas según tipo de escuela
Rivero (2023)	Perú	Cualitativo	Revista Iberoamericana de Educación	Secundaria–Superior	Ruptura pedagógica entre currículos y expectativas académicas
Alfaro (2024)	Costa Rica	Mixto	Revista RAES	Educación media y superior	Débil acompañamiento en la transición educativa
Martínez Molina (2025)	Colombia	Mixto	Revista Scientific	Secundaria rural–Universidad	Persistencia de brecha digital y territorial
CEPAL (2021)	Regional	Cuantitativo	CEPAL	Sistema educativo	Impacto de desigualdad socioeconómica en continuidad educativa
Tenti Fanfani (2020)	Argentina	Teórico-empírico	CLACSO	Educación secundaria	Masificación escolar sin articulación académica
Rojas & Pérez (2022)	México	Cualitativo	Educación y Sociedad	Secundaria–Universidad	Falta de continuidad metodológica
Silva et al. (2023)	Brasil	Cuantitativo	SciELO	Ingreso universitario	Brechas en lectura y escritura académica

Ramírez & Soto (2021)	Chile	Mixto	Estudios Pedagógicos	Educación media	Escasa cultura investigativa previa
Flores (2024)	Ecuador	Cualitativo	Repositorio institucional	Secundaria–Universidad	Ausencia de proyectos conjuntos escuela-universidad
Mora & Castillo (2022)	Colombia	Cuantitativo	Revista Educación Superior	Universidad	Deserción temprana asociada a brechas previas
UNESCO (2023)	Regional	Informe regional	UNESCO	Sistema educativo	Persistencia de desigualdades inter nivel

Resultados

Brechas curriculares y preparación académica

Una investigación realizada por (Condori, 2024) en El Alto (Bolivia) evidencia una brecha educativa significativa entre estudiantes de secundaria y educación superior, se deben considerar factores curriculares, económicos y tecnológicos y socioculturales, con una brecha general del 90% al comparar preparación para estudios universitarios (condiciones curriculares y uso de tecnología educativa) en estudiantes de diferentes áreas académicas.

Este hallazgo se alinea con análisis regional que muestran incongruencias entre los contenidos de la educación secundaria y las competencias exigidas en el nivel superior, lo que sugiere que los planes de estudio de ambos niveles no han sido articulados de forma eficaz para facilitar la transición académica.

Además, se destaca que las limitaciones económicas juegan un papel crucial en el acceso a recursos educativos, como materiales de estudio actualizados y acceso a tecnología, lo que perpetúa la desigualdad educativa. La falta de infraestructura tecnológica adecuada en las escuelas secundarias también contribuye a esta brecha, ya que los estudiantes no tienen la oportunidad de familiarizarse con herramientas digitales esenciales para el ámbito universitario.

Desigualdades socioeconómicas y contextuales

Los informes regionales indican que las desigualdades socioeconómicas continúan condicionando tanto la participación como la permanencia en la educación superior. Según UNESCO (2022), los estudiantes pertenecientes a los quintiles más desfavorecidos experimentan tasas de finalización de la educación secundaria significativamente más bajas, lo que disminuye sus oportunidades de avanzar hacia la educación superior.

Este patrón evidencia que no solo existen brechas académicas, sino también estructurales y sociales, que interactúan con la preparación académica, afectando a estudiantes de contextos rurales o de bajos recursos.

Implementar programas de becas, tutorías personalizadas y orientación vocacional es fundamental para fomentar una educación más equitativa. Es crucial que los gobiernos y las instituciones educativas colaboren para eliminar estos obstáculos, asegurando que todos los estudiantes, sin importar su origen socioeconómico, tengan las mismas oportunidades para alcanzar su potencial académico y profesional.

En última instancia, una educación superior accesible y justa no solo beneficia a los individuos, sino que también refuerza el tejido social y económico de las comunidades, contribuyendo al desarrollo sostenible y a la reducción de la pobreza a nivel global.

Competencias específicas y transición disciplinar

Estudios sobre habilidades especiales al ingreso a la universidad, como el pensamiento computacional, muestran desigualdades significativas que se correlacionan con tipo de escuela (pública o privada) y recursos disponibles en la educación secundaria en Chile, lo que influye directamente en el rendimiento en programas universitarios de STEM.

Esto evidencia que las brechas no solo se expresan en términos generales de preparación académica, sino también en competencias específicas demandadas por disciplinas particulares en educación superior.

La falta de acceso equitativo a recursos educativos y la disparidad en la calidad de la enseñanza pueden limitar las oportunidades de muchos estudiantes para desarrollar estas habilidades cruciales desde etapas tempranas. En consecuencia, aquellos que provienen de escuelas con menos recursos pueden enfrentarse a desventajas significativas al ingresar a programas universitarios exigentes, lo que perpetúa el ciclo de desigualdad.

Para cerrar estas brechas, es fundamental establecer políticas educativas que impulsen la equidad, tales como invertir en infraestructura tecnológica y capacitar a los docentes en pensamiento computacional en todos los niveles educativos. Además, promover programas de mentoría y apoyo en habilidades STEM podría contribuir a igualar las oportunidades, garantizando que todos los estudiantes, sin importar su contexto socioeconómico, tengan la posibilidad de alcanzar su máximo potencial académico y profesional.

Políticas públicas y acceso a la educación superior

El análisis de políticas educativas recientes en América Latina muestra avances en el reconocimiento del derecho a la educación superior como un derecho humano, aunque persisten desafíos para garantizar su ejercicio efectivo, particularmente en términos de financiamiento, inclusión y permanencia.

Esto implica que, si bien ha habido avances normativos, la implementación efectiva de políticas articuladas entre los niveles educativos sigue siendo limitada.

Es fundamental que los gobiernos continúen trabajando en el desarrollo de estrategias que promuevan un acceso más equitativo a la educación superior. Esto incluye no solo aumentar la inversión en el sector educativo, sino también diseñar programas de apoyo para estudiantes de grupos vulnerables, asegurando así que todos tengan las mismas oportunidades de completar sus estudios.

Adicionalmente, es crucial fomentar la colaboración entre instituciones educativas, sector privado y organizaciones no gubernamentales para crear un entorno más inclusivo y diverso. La capacitación continua de docentes y la modernización de currículos son también elementos clave para adaptarse a las necesidades del siglo XXI.

En este contexto, la utilización de tecnologías de la información y la comunicación puede desempeñar un papel crucial en la disminución de barreras geográficas y económicas, facilitando así un acceso más amplio a la educación superior para todos. Por último, es fundamental que las políticas públicas se diseñen e implementen con un enfoque participativo, donde se escuchen las opiniones de estudiantes, docentes y otros actores implicados en el proceso educativo. Solo de esta manera se podrán crear sistemas educativos verdaderamente inclusivos y sostenibles en América Latina.

Conclusiones

Este estudio comparativo de evidencia reciente en América Latina confirma que la brecha entre la escuela y la universidad no es un problema aislado ni un fenómeno homogéneo, sino un conjunto de desigualdades interrelacionadas. Los resultados muestran que:

1. Cerrar estas brechas exige políticas educativas y prácticas institucionales que promuevan la coordinación curricular, formación docente conjunta y apoyo académico continuo para estudiantes en transición, además de enfoques inclusivos que atiendan las desigualdades estructurales presentes en la región.
2. En este contexto, es crucial fomentar un diálogo constante entre las instituciones educativas de diferentes niveles para garantizar una transición más fluida y equitativa para todos los estudiantes. Esto implica no solo la creación de programas de tutoría y orientación que acompañen a los jóvenes en su camino hacia la educación superior, sino también la implementación de estrategias que fortalezcan el vínculo entre la escuela y la universidad.
3. Además, se debe prestar especial atención a la formación continua de los docentes, asegurando que estén capacitados para enfrentar los desafíos de un entorno educativo en constante cambio. Esto incluye el desarrollo de habilidades pedagógicas innovadoras y el uso de tecnologías educativas que faciliten el aprendizaje y la adaptación de los estudiantes a nuevas metodologías.
4. Por otro lado, es esencial que las instituciones educativas colaboren con las comunidades y el sector privado para generar oportunidades que permitan a los estudiantes poner en práctica sus conocimientos en situaciones reales, promoviendo así el aprendizaje práctico y el desarrollo de competencias clave para el ámbito laboral.
5. Finalmente, las políticas públicas deben centrarse en la creación de programas de becas y ayudas financieras que disminuyan las barreras económicas que dificultan el acceso a la educación superior. Solo mediante un enfoque integral que considere todos estos factores será posible cerrar las brechas existentes y construir un sistema educativo más inclusivo y equitativo en América Latina.

Referencias

- Alfaro, E. (2024). Tendencias recientes en educación superior en América Latina. Argentina, Brasil y Perú en perspectiva comparada. *Revista Argentina De Educación Superior*, 12-27.
- Condori, Q. (2024). Brecha educativa entre estudiantes de Secundaria y Universidad Pública de El Alto. *Alternancia - Revista De Educación E Investigación*, 6(10), 35.
- García, P. (2025). El derecho a la educación superior en América Latina: avances en su reconocimiento y desafíos. *Revista Educación Superior y Sociedad (ESS)*, 37(1), 416-432.
- Martínez, O. (2025). Educación Rural Digital: Superando la Brecha en América Latina. *Revista Científic*, 10–21.
- Rivero, J. (2020). Reforma y desigualdad educativa en América Latina. *Revista Iberoamericana de Educación*, 103-133.
- UNESCO. (2022). *La encrucijada de la educación en América Latina y el Caribe. Informe regional de monitoreo ODS4-Educación 2030*. (p. 242). UNICEF.

Implementación de estrategias de aprendizaje activo en la carrera de enfermería: Análisis desde la perspectiva docente

FERNANDO VERA¹

¹Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea, España

Autor de correspondencia: fernandovera@rediie.cl

Resumen

Este estudio analiza la percepción del profesorado de educación superior sobre la implementación del aprendizaje activo en la carrera de enfermería. Se aplicó un cuestionario estructurado a 36 docentes que participaron en un microcurso sobre aprendizaje experiencial organizado por una red académica internacional. Los resultados evidencian una valoración altamente positiva del aprendizaje activo, especialmente en su contribución a la participación estudiantil, el desarrollo del pensamiento crítico, la resolución de problemas complejos y la integración de competencias genéricas. Asimismo, se reconoce que su implementación exige mayor planificación y esfuerzo docente. La principal dificultad identificada fue la falta de preparación pedagógica, mientras que otros factores estructurales tuvieron escasa incidencia. Aunque la autoevaluación profesional refleja niveles intermedios-altos de competencia, se observan oportunidades de mejora en el trabajo interdisciplinar. Se concluye que, pese a la aceptación consolidada del enfoque, es prioritario fortalecer la formación pedagógica para optimizar su aplicación en contextos clínicos y académicos.

Palabras clave: Aprendizaje activo; Aprendizaje experiencial; Educación en enfermería; Formación docente; Educación superior.

Introducción

La formación en enfermería se desarrolla hoy en un contexto marcado por mayor complejidad clínica, tecnológica y organizacional, donde las y los futuros profesionales deben responder a escenarios diversos: atención primaria, hospitales de alta complejidad, salud comunitaria, urgencias, entornos domiciliarios y equipos interprofesionales. Esta realidad exige no sólo dominar competencias específicas (valoración, procedimientos, razonamiento clínico, seguridad del paciente), sino también competencias genéricas clave para sostener el desempeño profesional (American Association of Colleges of Nursing, 2021; Vera, 2021). Marcos recientes de formación por competencias subrayan la necesidad de coherencia entre resultados de aprendizaje, evaluación auténtica y desempeño en contextos reales o simulados, orientando el currículo hacia capacidades observables y transferibles (Lewis *et al.*, 2022).

En este escenario, el aprendizaje activo deja de ser una preferencia metodológica y se convierte en un requisito formativo. Su aporte central es desplazar el foco desde la transmisión de contenidos hacia la participación significativa del estudiantado, promoviendo procesos de análisis, toma de decisiones, argumentación y aplicación del conocimiento en situaciones problematizadas. La evidencia reciente muestra que los entornos diseñados para aprendizaje activo se asocian con mejoras en compromiso, interacción y ciertos resultados de aprendizaje (Vera, 2023). Esto es especialmente relevante en enfermería, donde el aprendizaje debe integrar ciencia, juicio clínico y dimensiones humanas del cuidado, con foco en el pensamiento crítico (Herrera Velázquez *et al.*, 2024). En consecuencia, las estrategias activas

requieren planificación didáctica, evaluación alineada y condiciones organizacionales que faciliten su implementación sostenida (Bingen *et al.*, 2023).

En la formación de enfermería, estrategias como simulación clínica, aprendizaje basado en problemas (APB), estudios de caso, aprendizaje en equipo, y prácticas reflexivas permiten entrenar el desempeño en situaciones complejas y reducir la brecha entre aula y campo clínico (Tambunan, 2024). Por ejemplo, estudios recientes en educación de enfermería reportan efectos positivos de enfoques activos (como APB integrado al proceso de enfermería) sobre variables vinculadas al desempeño, tales como razonamiento clínico, comunicación y competencias del proceso de enfermería. Asimismo, revisiones recientes destacan el potencial de la simulación para apoyar resultados cognitivos, procedimentales y socioemocionales, especialmente cuando se diseña con intencionalidad pedagógica y retroalimentación de calidad (Lee & Son, 2024).

No obstante, la adopción efectiva del aprendizaje activo y del aprendizaje experiencial depende críticamente de la capacidad pedagógica del profesorado y de la cultura académica que sostiene la innovación. De hecho, el tiempo de preparación, la falta de apoyo estructural, las competencias pedagógicas limitadas y la resistencia estudiantil emergen como barreras críticas para su implementación (Borda *et al.*, 2020; Ghezzi *et al.*, 2021; Sahito *et al.*, 2025). Por lo mismo, la formación docente en metodologías activas, evaluación auténtica y facilitación del aprendizaje (más que “exposición”) se vuelve indispensable para implementar estas estrategias con consistencia y evitar aplicaciones superficiales.

En paralelo, los marcos contemporáneos de competencias en salud enfatizan resultados vinculados a calidad, seguridad, trabajo interprofesional, uso de tecnologías e informáticas en salud, y desarrollo profesional continuo (Sanford *et al.*, 2021; Longhini *et al.*, 2022), lo que refuerza la necesidad de experiencias formativas activas y contextualizadas. En síntesis, preparar enfermeras y enfermeros para escenarios complejos implica alinear currículo, docencia y evaluación bajo un enfoque por competencias, donde el aprendizaje activo—y en particular el experiencial—opera como un motor clave para el desarrollo integrado de competencias específicas y genéricas.

Metodología

El presente estudio se enmarca en un enfoque cuantitativo, con un diseño descriptivo no experimental y de corte transversal. Su propósito es analizar las percepciones del profesorado de enfermería respecto del impacto de la implementación de estrategias de aprendizaje activo en la formación profesional. El diseño adoptado permite caracterizar tendencias y valoraciones docentes en un momento específico, sin manipulación de variables, aportando evidencia empírica sobre la integración de metodologías activas en el proceso de aprendizaje-enseñanza.

Participantes

La muestra estuvo conformada por 36 docentes de la carrera de enfermería de una universidad privada chilena, quienes participaron en un microcurso sobre aprendizaje experiencial, organizado por la Red Internacional de Investigadores en Educación (REDIIE) e impartido en modalidad online. Del total, 14 docentes corresponden a hombres (39%) y 22 a mujeres (61%), con una edad promedio de 40 años (DE= 9,6). La participación fue de carácter voluntario y se enmarcó en un proceso formativo orientado al fortalecimiento de competencias pedagógicas asociadas a la implementación de metodologías activas en la educación superior.

Instrumento

Se utilizó el *Cuestionario sobre Implementación del Aprendizaje Activo (CIAA-AA)*, instrumento autoadministrado diseñado para evaluar la percepción del profesorado de educación superior respecto a la implementación del aprendizaje activo. El cuestionario consta de 21 ítems organizados en tres secciones: (a) 10 ítems tipo Likert (1–5) que evalúan valoración pedagógica y exigencias de implementación; (b) un ítem de selección múltiple sobre principales dificultades; y (c) datos sociodemográficos y cinco ítems de autoevaluación profesional en escala 1–10. El instrumento permite analizar dimensiones relacionadas con impacto pedagógico, complejidad de implementación y competencias docentes.

Resultados

A continuación, se presentan los resultados del estudio, organizados en tres apartados: (a) valoración docente sobre la implementación del aprendizaje activo, (b) principales dificultades percibidas para su aplicación y (c) autoevaluación profesional en competencias asociadas al desarrollo curricular. El análisis se realiza con el programa estadístico de acceso abierto JASP (The JASP Team, 2025) y se basa en estadísticos descriptivos obtenidos a partir de las respuestas de 36 docentes, lo que permite identificar tendencias generales, niveles de consenso y ámbitos que requieren fortalecimiento formativo.

Tabla 1. Estadísticos descriptivos

Ítems	Valid	Mean	SD	Minimum	Maximum
1. La incorporación del aprendizaje activo en el aula requiere de una planificación más rigurosa por parte del profesorado.	36	4.306	0.856	2.000	5.000
2. El aprendizaje activo es una forma efectiva de mejorar la participación del estudiantado.	36	4.806	0.467	3.000	5.000
3. El aprendizaje activo puede mejorar la capacidad del estudiantado para resolver problemas complejos.	36	4.806	0.401	4.000	5.000
4. El aprendizaje activo mejora la capacidad del estudiantado de aplicar lo aprendido a situaciones de la vida real.	36	4.750	0.439	4.000	5.000
5. La implementación del aprendizaje activo puede requerir un esfuerzo adicional por parte del profesorado.	36	4.306	0.889	1.000	5.000
6. El aprendizaje activo puede ayudar al estudiantado a desarrollar habilidades de pensamiento crítico.	36	4.806	0.401	4.000	5.000
7. El aprendizaje activo es una estrategia efectiva para mejorar el desempeño académico del estudiantado.	36	4.444	0.652	3.000	5.000
8. El aprendizaje activo requiere evaluar lo aprendido de manera auténtica, dejando atrás las pruebas tradicionales.	36	4.056	1.120	2.000	5.000
9. El aprendizaje activo puede ser más difícil de planificar que el aprendizaje tradicional.	36	3.806	1.261	1.000	5.000
10. El aprendizaje activo fomenta el desarrollo de diversas competencias genéricas (comunicación, trabajo en equipo, etc.).	36	4.722	0.454	4.000	5.000

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados descriptivos (N = 36) evidencian una valoración ampliamente positiva del aprendizaje activo por parte del profesorado, con medias elevadas en todos los ítems (rango: 3.806–4.806 en escala 1–5). Los mayores niveles de acuerdo se observan en la percepción de que el aprendizaje activo mejora la participación estudiantil, la resolución de problemas complejos y el desarrollo del pensamiento crítico (M = 4.806), así como en su contribución al desarrollo de competencias genéricas (M = 4.722). Asimismo, se reconoce que su implementación requiere una planificación más rigurosa y un esfuerzo adicional por parte del docente (M = 4.306). La menor media se registra en la afirmación de que el aprendizaje activo es más difícil de planificar que el tradicional (M = 3.806), ítem que además presenta la mayor dispersión (DE = 1.261), junto con el relativo a la evaluación auténtica (DE = 1.120), lo que sugiere mayor heterogeneidad en estas percepciones. En conjunto, los datos indican un alto consenso sobre los beneficios pedagógicos del aprendizaje activo y una aceptación consolidada de su relevancia en la educación superior.

Tabla 2. Principales dificultades para implementar estrategias de aprendizaje activo

Factores	Frecuencia	%
Ambiente físico inadecuado	10	28
Falta de preparación docente	26	72
Preferencia por estilos tradicionales	0	0
Falta de recursos	0	0
Exceso de trabajo administrativo	0	0
Exceso de carga horaria	0	0
Total	36	100

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados muestran que la principal dificultad percibida para implementar estrategias de aprendizaje activo es la falta de preparación docente, señalada por el 72% de los participantes (n = 26), lo que la posiciona como el obstáculo predominante. En segundo lugar, el ambiente físico inadecuado fue identificado por el 28% (n = 10), evidenciando que las condiciones materiales también representan una barrera relevante, aunque secundaria. En contraste, factores como la preferencia por estilos tradicionales, la falta de recursos, el exceso de trabajo administrativo y la sobrecarga horaria no fueron seleccionados por los participantes (0%), lo que sugiere que, en esta muestra, las dificultades se concentran principalmente en aspectos formativos más que en limitaciones estructurales o culturales. En conjunto, los datos indican que el desafío central para la consolidación del aprendizaje activo radica en el fortalecimiento de las competencias pedagógicas del profesorado.

Tabla 3. Autoevaluación profesional

Indicador	N	\bar{x}
Evalúe de 1 a 10 su competencia investigativa.	36	8
Evalúe de 1 a 10 su estrategia para internacionalizar el currículo.	36	7
Evalúe de 1 a 10 su capacidad para promover el trabajo interdisciplinar.	36	6
Evalúe de 1 a 10 su estrategia para integrar competencias genéricas en el currículo.	36	8

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados de la autoevaluación profesional (N = 36) indican niveles relativamente altos de percepción de competencia en las dimensiones evaluadas, en una escala de 1 a 10. La competencia investigativa y la estrategia para integrar competencias genéricas en el currículo alcanzan las medias más altas (\bar{x} = 8), lo que sugiere una autopercepción sólida en estas áreas. En tanto, la estrategia para internacionalizar el currículo presenta una media de 7, reflejando un nivel intermedio-alto de desarrollo. La puntuación más baja corresponde a la capacidad para promover el trabajo interdisciplinar (\bar{x} = 6), lo que podría indicar un

ámbito con mayor margen de mejora. En conjunto, los datos evidencian una autopercepción profesional positiva, aunque con diferencias entre dimensiones que podrían orientar futuras acciones de fortalecimiento docente.

Conclusiones

Los resultados permiten concluir que el aprendizaje activo goza de una alta legitimidad pedagógica entre el profesorado de enfermería participante, evidenciándose un consenso sólido respecto a su impacto positivo en la participación estudiantil, el desarrollo del pensamiento crítico, la resolución de problemas complejos y la integración de competencias genéricas. Asimismo, se reconoce que su implementación exige mayor planificación y esfuerzo docente, lo que confirma su carácter transformador en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

La principal dificultad identificada fue la falta de preparación pedagógica, lo que sugiere que el desafío no radica en la aceptación del enfoque, sino en el fortalecimiento sistemático de la formación docente para su aplicación efectiva. En este sentido, si bien la autoevaluación profesional muestra niveles intermedios-altos de competencia, se observan oportunidades de mejora —particularmente en el trabajo interdisciplinar— que podrían potenciar una implementación más integral del aprendizaje activo.

En consecuencia, se recomienda promover programas de formación continua orientados al desarrollo metodológico, evaluativo e interdisciplinar, especialmente en contextos clínicos y académicos propios de la formación en enfermería.

Referencias

- Association of Colleges of Nursing. (2021). *The essentials: Core competencies for professional nursing education*. <https://www.aacnnursing.org/Portals/0/PDFs/Publications/Essentials-2021.pdf>
- Bingen, H.M., Aamlid, H.I., Hovland, B.M., Nes, A.A.G., Larsen, M.H., Skedsmo, K., Petersen, E.K., & Steindal, S.A. (2023). Use of active learning classrooms in health professional education: A scoping review. *Int J Nurs Stud Adv*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666142X23000516?via%3Dihub>
- Borda, E., Schumacher, E., Hanley, D., Geary, E., Warren, S., Ipsen, C., & Stredicke, L. (2020). Initial implementation of active learning strategies in large, lecture STEM courses: lessons learned from a multi-institutional, interdisciplinary STEM faculty development program. *International Journal of STEM Education*, 7, 1-18. <https://doi.org/10.1186/s40594-020-0203-2>
- Del Rosario Herrera Velázquez, M., Macias, M., Soraida, Q., & Figueroa, M. (2024). Evaluation of Competencies in Nursing Students. a Cross-Sectional Study. *Revista de Gestão Social e Ambiental*. <https://doi.org/10.24857/rgsa.v18n8-167>
- Ge, W., Zhu, X., Lin, J., Jiang, J., Li, T., Lu, Y., Mi, Y., & Tung, T. (2025). Critical thinking and clinical skills by mbrela-based learning educational methods: an mbrela systematic review. *BMC Medical Education*, 25. <https://doi.org/10.1186/s12909-025-06951-z>
- Ghezzi, J., De Fátima Ribeiro Higa, E., Lemes, M., & Marin, M. (2021). Strategies of active learning methodologies in nursing education: an integrative literature review.. *Revista brasileira de enfermagem*, 74 1, e20200130 . <https://doi.org/10.1590/0034-7167-2020-0130>
- Kalu, F., Wolsey, C., & Enghiad, P. (2023). Undergraduate nursing students' perceptions of active learning strategies: A focus group study.. *Nurse education today*, 131, 105986. <https://doi.org/10.1016/j.nedt.2023.105986>

- Lee, J. S & Son, H.K. (2024). The effects of problem-based learning integrated with the nursing process on clinical reasoning, communication skills attitude and nursing process competency among nursing students: A quasi-experimental study. *Nurse Education in Practice*, 81. <https://doi.org/10.1016/j.nepr.2024.104131>
- Lewis, L.S., Rebesch, L.M., & Hunt, E. (2022). *Nursing Education Practice Update 2022: Competency-Based Education in Nursing*. SAGE Open Nurs. <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/23779608221140774>
- Longhini, J., Rossetini, G., & Palese, A. (2022). Digital Health Competencies Among Health Care Professionals: Systematic Review. *Journal of Medical Internet Research*, 24. <https://doi.org/10.2196/36414>
- Sahito, Z., Khoso, F., & Phulpoto, J. (2025). The Effectiveness of Active Learning Strategies in Enhancing Student Engagement and Academic Performance. *Journal of Social Sciences Review*. <https://doi.org/10.62843/jssr.v5i1.471>
- Sanford, J., Argenbright, C., Sherwood, G., Jordan, P., Jiménez-Herrera, M., Bengtsson, M., Moriyama, M., Lui, L., & McDonald, M. (2021). Student outcomes of an international learning collaborative to develop patient safety and quality competencies in nursing. *Journal of Research in Nursing*, 26, 81 - 94. <https://doi.org/10.1177/1744987120970606>
- Tambunan, E.H. (2024) Theory-Practice Gap During Clinical Learning: A Descriptive Qualitative Study of Nursing Students' Experiences and Perceptions. *Journal of Caring Science*. 2024 Apr 9;13(2),74-81. <https://jcs.tbzmed.ac.ir/Article/jcs-33251>
- The JASP Team (2025). *JASP (Version 0.95.3)* [Computer software]. <https://jasp-stats.org/>
- Vera, F. (2021). Desarrollo de competencias genéricas en estudiantes de enfermería. *Transformar*, 2(4), 47–54. <https://revistatransformar.cl/index.php/transformar/article/view/43>
- Vera, F. (2023). Aprendizaje activo y pensamiento crítico: Impulsando el desarrollo estudiantil en una universidad privada chilena. *Transformar*, 4(3), 31–44. <https://revistatransformar.cl/index.php/transformar/article/view/101>

Arquitectura de tutor conversacional con inteligencia artificial generativa y aprendizaje federado

RUBÉN BAENA-NAVARRO¹
DANIEL JOSÉ SALAS-ÁLVAREZ²
TOBIAS PARODI-CAMAÑO³
DANIEL DAVID SUÁREZ-CALDERA⁴
PEDRO PABLO LUGO-BEDOYA⁵

^{1,2,3,4,5}Universidad de Córdoba, Colombia

Autor de correspondencia: tobiasparodic@correo.unicordoba.edu.co

Resumen

Los asistentes conversacionales pueden apoyar el aprendizaje activo cuando su diseño incorpora control pedagógico, trazabilidad y protección de datos. Este estudio proyectivo propone, sin implementación inmediata, una arquitectura de tutor conversacional para educación superior que integra inteligencia artificial generativa y aprendizaje federado, concebida para guiar aula invertida, aprendizaje basado en problemas y evaluación formativa. El objetivo es especificar un diseño distribuido que habilite personalización entre instituciones sin centralizar información sensible. La metodología incluyó revisión sistemática (2019–2025), selección de métricas de procesamiento del lenguaje natural y modelado de módulos (interfaz, base de conocimiento, motor generativo, orquestación y capa federada). En la evidencia comparada, modelos generativos ajustados reportan mejoras frente a BERT y LSTM y, en entrenamiento federado, mantienen desempeño con menor tiempo de cómputo. El aporte es un marco técnico-didáctico para instrumentar andamiaje y retroalimentación con garantías mínimas de privacidad.

Palabras clave: Educación superior; Aprendizaje activo; Inteligencia artificial; Tecnología educativa; Evaluación del aprendizaje.

Introducción

En educación superior, el interés por asistentes conversacionales se ha desplazado desde la automatización de respuestas hacia el diseño de andamiajes conversacionales que promuevan comprensión, autorregulación y retroalimentación oportuna. Este cambio responde a una tensión práctica: las experiencias de aprendizaje activo —como aula invertida, aprendizaje basado en problemas (ABP) y discusión guiada— demandan acompañamiento frecuente, pero ese acompañamiento no siempre escala en escenarios con alta matrícula y heterogeneidad de trayectorias. En este marco, los chatbots se han asociado con apoyo a la permanencia, participación y acompañamiento estudiantil, especialmente cuando se integran como parte del ecosistema institucional y no como un recurso aislado (Pinedo-López et al., 2024; Abdullah, 2025; Ndunagu *et al.*, 2025).

La irrupción de la inteligencia artificial generativa (GenAI) amplificó estas posibilidades al elevar la naturalidad conversacional y la flexibilidad de respuesta, pero también incrementó riesgos educativos: alucinación, desalineación pedagógica, dependencia cognitiva y respuestas plausibles pero incorrectas. En

los estudios recientes se insiste en que la integración educativa depende de gobernanza, control didáctico y uso responsable, más que de simple disponibilidad tecnológica (Akpan *et al.*, 2025; Ndlovu *et al.*, 2025).

Una estrategia emergente para mejorar confiabilidad es el enfoque Retrieval-Augmented Generation (RAG), que integra recuperación desde una base de conocimiento curada antes de generar la respuesta. Las revisiones sistemáticas en educación muestran que RAG aporta anclaje factual, reduce ambigüedad de modelos generalistas y facilita auditoría de fuentes al incorporar evidencias recuperadas como contexto explícito de generación (Li *et al.*, 2025).

No obstante, un tutor conversacional útil enfrenta un segundo problema estructural: privacidad y gobernanza del dato educativo. La personalización exige trazas de interacción, desempeño y contexto, que con frecuencia contienen información sensible. Centralizar esos datos puede ser funcional, pero amplifica riesgos éticos, regulatorios y de confianza institucional. En este punto, el aprendizaje federado (FL) permite entrenar o ajustar modelos sin mover los datos, intercambiando únicamente actualizaciones de parámetros, con evidencia consolidada sobre su valor como paradigma de colaboración con privacidad por diseño (Baena Navarro, 2019; Khan *et al.*, 2024; Liu *et al.*, 2024).

En coherencia con lo anterior, este trabajo plantea, en clave proyectiva, una arquitectura de tutor conversacional para educación superior que combina GenAI + RAG + FL para sostener aprendizaje activo con control pedagógico, trazabilidad y garantías mínimas de privacidad. Para concretar el diseño, se presenta un modelo por módulos, una matriz de responsabilidades y mecanismos de control, un conjunto de métricas de evaluación y un esquema de integración didáctica para aula invertida y ABP.

Metodología

El estudio se desarrolla como investigación proyectiva, orientada a producir un diseño arquitectónico reproducible y evaluable por consistencia técnica y pedagógica, sin exigir implementación inmediata. El método se estructuró en cuatro componentes.

Primero, se realizó una revisión sistemática acotada (2019–2025) sobre: (i) tutores conversacionales con modelos generativos y RAG en educación superior; (ii) criterios de evaluación de sistemas conversacionales (calidad, grounding, seguridad); y (iii) aprendizaje federado aplicado a NLP/transformers y su eficiencia computacional y comunicacional. Se priorizaron revisiones y estudios con evidencia comparada y discusión de limitaciones, incluyendo literatura que describe creencias docentes, preocupaciones y vías de integración responsable (Baena-Navarro *et al.*, 2024a, 2024b; Ndlovu *et al.*, 2025; Rodríguez & Naval, 2025).

Segundo, se definieron requisitos del tutor desde tres dimensiones: pedagógica (andamiaje, retroalimentación formativa, alineación con actividades), técnica (modularidad, observabilidad, control de calidad), y privacidad (no centralización de datos, minimización de exposición). La idea de “tutor útil” se operacionalizó como tutor que: (a) guía aula invertida y ABP con prompts didácticos y rúbricas, (b) ofrece trazabilidad de evidencia (fuentes recuperadas y justificación), y (c) permite personalización interinstitucional sin exportar información sensible.

Tercero, se diseñó el modelo modular y su interacción en dos bucles: bucle de inferencia (respuesta en tiempo de uso) y bucle federado (ajuste incremental). Para formalizar el aprendizaje federado, se adoptó el esquema clásico de agregación federada (FedAvg), como base conceptual de actualización distribuida (Liu *et al.*, 2024).

Cuarto, se seleccionaron métricas de evaluación de NLP y tutores educativos: (i) calidad y pertinencia de respuesta, (ii) nivel de grounding (proporción de contenido respaldado por documentos recuperados), (iii) métricas de aprendizaje/uso (persistencia, resolución de dudas, mejora pre-post), y (iv) métricas federadas (estabilidad entre clientes y costo comunicacional). Antes de presentar resultados, la Figura 1 resume el flujo metodológico como guía replicable en un curso basado en proyectos.

Figura 1. Flujo metodológico replicable para diseño y evaluación del tutor



Resultados

Arquitectura propuesta: módulos, control y trazabilidad

El resultado central es una arquitectura distribuida de tutor conversacional diseñada para ambientes de aprendizaje activo. La Figura 2 presenta el modelo por módulos con dos principios explícitos: (i) grounding obligatorio mediante RAG cuando la respuesta involucre contenidos curriculares o normativos, y (ii) personalización federada para ajustar el comportamiento del tutor sin centralizar información sensible. En la Figura 2 se sintetiza la arquitectura completa.

Figura 2. Arquitectura del tutor conversacional (GenAI + RAG + FL) para educación superior



Esta arquitectura asume que la personalización debe estar limitada por políticas pedagógicas: un tutor no es “conversación libre”, sino un sistema con objetivos instruccionales. Por ello, el componente de orquestación pedagógica opera como capa de control: define tipos de intervención (preguntas socráticas, pistas graduadas, feedback rubricado) y limita respuestas directas cuando el diseño didáctico requiera exploración del estudiante (por ejemplo, en ABP). Esta decisión es coherente con la literatura que advierte sobre la necesidad de marcos institucionales de integración y control para evitar usos improductivos o riesgosos (Ndlovu *et al.*, 2025; Akpan *et al.*, 2025).

Para hacer auditables las decisiones, la Tabla 1 lista módulos, entradas/salidas y mecanismos de control. Esta tabla se sustenta en recomendaciones recurrentes de revisiones sobre RAG educativo (curación del conocimiento, evaluación del anclaje, mitigación de alucinación) y de encuadres de FL (heterogeneidad, eficiencia y amenazas) (Hoyos, 2018; Li *et al.*, 2025; Khan *et al.*, 2024). La Tabla 1 resume el diseño por módulos y controles.

Tabla 1. Módulos del tutor conversacional y mecanismos de control (técnico-didácticos)

Módulo	Entrada principal	Salida principal	Control / evidencia
Interfaz	Pregunta, contexto de actividad	Mensaje conversacional	Consentimiento, roles, accesibilidad
Orquestación pedagógica	Intención didáctica (aula invertida/ABP/evaluación)	Prompt estructurado + restricciones	Registro de modo, rúbrica, objetivo
RAG	Corpus institucional + consulta	Evidencia recuperada	Top-k, filtrado, trazabilidad de fuentes
Motor generativo	Evidencia + prompt	Respuesta guiada	Plantillas pedagógicas, tono, límites
Verificador	Respuesta + evidencia	Aprobación / reintento	Umbral de grounding, detección de riesgo
Observabilidad	Logs de interacción	Tablero + reportes	Auditoría, métricas, seguimiento formativo
Capa federada	Actualizaciones locales	Modelo agregado	No salida de datos, agregación segura

Formalización del aprendizaje federado y eficiencia esperada

Para formalizar el ajuste federado, se adopta la agregación ponderada de actualizaciones locales. Esto se expresa con la Ecuación (1), donde cada institución k entrena localmente sobre datos propios y aporta una actualización ponderada por tamaño de datos n_k .

Ecuación (1). Agregación federada (FedAvg)

$$\theta^{(t+1)} = \sum_{k=1}^K \frac{n_k}{\sum_{j=1}^K n_j} \theta_k^{(t+1)} \quad (1)$$

Este marco es coherente con la literatura que posiciona FL como paradigma colaborativo sin intercambio de datos crudos, destacando su valor en privacidad y gobernanza, y mostrando retos técnicos como convergencia y heterogeneidad (Macea-Anaya *et al.*, 2024; Khan *et al.*, 2024; Liu *et al.*, 2024).

En escenarios con modelos generativos, la eficiencia práctica exige enfoques de ajuste incremental: adaptadores livianos, ajuste parcial o actualización focalizada en módulos específicos. En esta propuesta, la capa federada se concibe como ajuste progresivo de: (i) parámetros ligeros del motor generativo, (ii) embeddings/estrategias de recuperación, o (iii) clasificador de intención pedagógica, evitando promesas de entrenamiento pesado en cada institución y manteniendo coherencia operativa con el estado del arte.

Métricas y evaluación: trazabilidad NLP + resultados de aprendizaje

Para sostener evaluación formativa y control pedagógico, no basta con medir “exactitud” de respuesta. Es necesario evaluar también grounding (ver Ecuación (2)), utilidad didáctica y consistencia del tutor. Por ello, antes de presentar la tabla de métricas, se introduce un índice de grounding como proporción de afirmaciones respaldadas por evidencia recuperada.

Ecuación (2). Índice de grounding por respuesta

$$G = \frac{|S_{resp} \cap S_{evid}|}{|S_{resp}|} \quad (2)$$

donde S_{resp} es el conjunto de afirmaciones relevantes de la respuesta y S_{evid} el conjunto de fragmentos recuperados desde el corpus.

Además, para conectar tutoría con aprendizaje activo, se propone medir mejora pre-post en microevaluaciones asociadas a actividades de aula invertida o ABP, mediante ganancia normalizada (ver Ecuación (3)).

Ecuación (3). Ganancia normalizada de aprendizaje

$$g = \frac{Post - Pre}{100 - Pre} \quad (3)$$

La Tabla 2 integra las métricas recomendadas.

Tabla 2. Métricas de evaluación del tutor conversacional (NLP + aprendizaje + federación)

Dimensión	Métrica	Qué evidencia	Instrumento sugerido
Calidad conversacional	Relevancia y utilidad	Respuestas accionables	Juicio experto + rúbrica
Grounding	G (Ec. 2)	Respuesta anclada en fuentes	Verificador + trazas
Seguridad	Tasa de fallas/riesgos	Riesgos pedagógicos	Clasificador + auditoría
Aprendizaje	g (Ec. 3)	Mejora por intervención	Pre/post por actividad
Persistencia	Retención / sesiones	Acompañamiento continuo	Análítica LMS
FL	Estabilidad intercliente	Generalización sin centralizar	Evaluación local por institución
FL	Costo comunicacional	Viabilidad operativa	Logs de rondas/bytes

Este marco es consistente con evidencia que destaca que los chatbots pueden contribuir al acompañamiento, retención y engagement en educación superior cuando están integrados a procesos evaluables y alineados con objetivos educativos (Abdullah, 2025; Ndunagu *et al.*, 2025).

Integración con aprendizaje activo: aula invertida, ABP y evaluación formativa

El aporte se concreta al definir cómo el tutor guía procesos activos en lugar de reemplazarlos. En aula invertida, el tutor funciona como mediador preclase: diagnostica conceptos, propone autoevaluación y sugiere rutas de estudio basadas en material curado. En ABP, actúa como facilitador: no entrega soluciones finales, sino que estructura el problema, sugiere hipótesis y solicita evidencia del estudiante (argumentos, supuestos, comparación de alternativas).

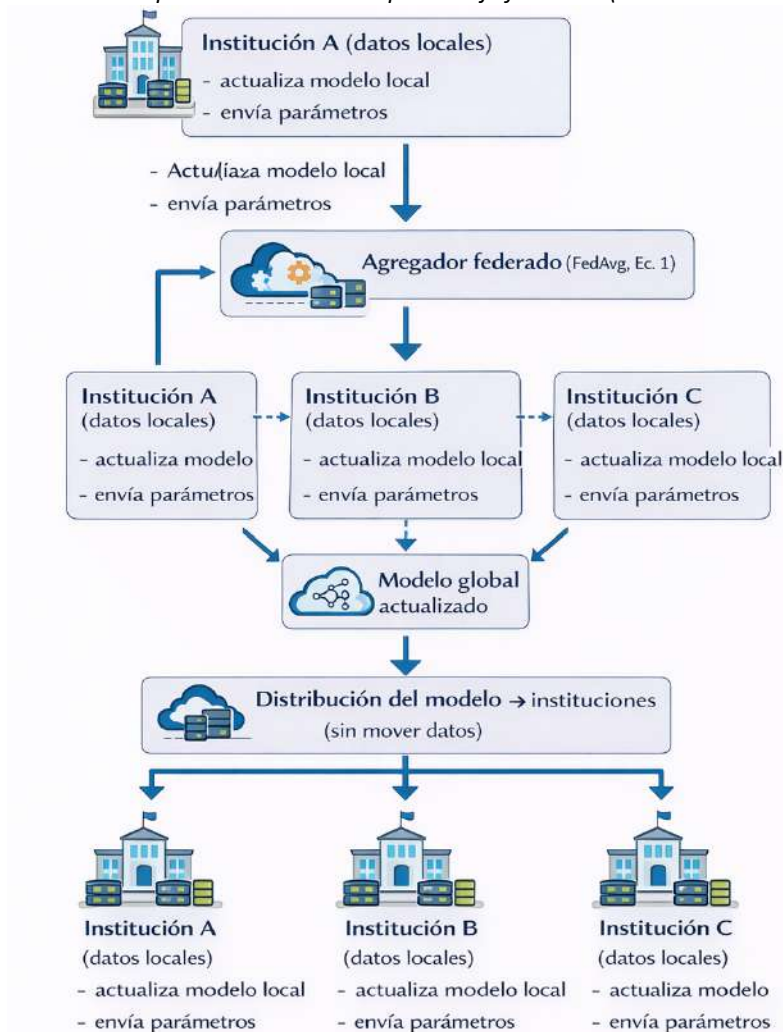
Para asegurar coherencia didáctica, se propone la Tabla 3 como matriz de diseño de actividades y evidencias formativas asociadas al tutor. La Tabla 3 operacionaliza el uso del tutor en aprendizaje activo.

Tabla 3. *Secuencias de aprendizaje activo soportadas por el tutor y evidencias de evaluación formativa*

Estrategia	Rol del tutor	Evidencia estudiantil	Evaluación formativa
Aula invertida	Diagnóstico + microfeedback	Quiz breve + reflexión	Rúbrica de comprensión
ABP	Preguntas guía + pistas graduadas	Bitácora de decisiones	Rúbrica de razonamiento
Discusión colaborativa	Moderación + síntesis	Argumentos con fuentes	Coevaluación + registro
Evaluación formativa	Retroalimentación rubricada	Revisión iterativa	Historial de mejoras

Como cierre del diseño arquitectónico, la Figura 3 resume el ciclo federado y dónde se preservan los datos, conectándolo con: personalización entre instituciones sin centralización.

Figura 3. *Ciclo de personalización con aprendizaje federado (sin centralizar datos)*



Conclusiones

El diseño propuesto integra inteligencia artificial generativa, recuperación de conocimiento y aprendizaje federado para construir un tutor conversacional que no se limita a responder preguntas, sino que sostiene aprendizaje activo con control pedagógico y trazabilidad. La arquitectura separa explícitamente la orquestación didáctica del motor generativo, lo que permite definir estrategias coherentes con aula invertida y ABP sin convertir el tutor en un atajo para resolver tareas.

El uso de recuperación aumentada se plantea como condición para anclar respuestas en conocimiento institucional verificable, reduciendo el riesgo de respuestas plausibles pero incorrectas y habilitando evidencia auditable para evaluación formativa. La capa federada, por su parte, constituye una ruta razonable de personalización interinstitucional sin centralización de datos sensibles, dejando explícitos compromisos operativos y métricas mínimas para validar estabilidad.

La propuesta funciona como un marco técnico-didáctico reproducible: define módulos, controles y métricas evaluables, y deja abierta una ruta de implementación donde la prioridad no es “adoptar IA”, sino instrumentar retroalimentación y andamiaje con garantías mínimas de privacidad y coherencia pedagógica.

Referencias

- Abdullah, Z. (2025). Chatbots in higher education: Supporting student engagement and retention. In M. Sanmugam, Z. N. Khlaif, W. A. J. Wan Yahaya, & Z. Abdullah (Eds.), *A practical guide to artificial intelligence in higher education: Innovation and applications (Advances in Science, Technology & Innovation)*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-56848-0_9
- Akpan, I. J., Kobara, Y. M., & Owolabi, J. (2025). Conversational and generative artificial intelligence and human–chatbot interaction in education and research. *International Transactions in Operational Research*. <https://doi.org/10.1111/itor.13522>
- Baena Navarro, R. E. (2019). Optimización de un dron para dosimetría ambiental (Doctoral dissertation, Universidad Internacional Iberoamericana México). <http://repositorio.unini.edu.mx/id/eprint/452/>
- Baena-Navarro, R., Alcalá-Varilla, L., Torres-Hoyos, F., Carriazo-Regino, Y., & ParodiCamaño, T. (2024a). Gamma and ultraviolet radiation radiation analysis: an internet of things-based dosimetric study. *Bulletin of Electrical Engineering and Informatics*. <https://doi.org/10.11591/eei.v13i5.7344>
- Baena-Navarro, R., Macea-Anaya, M., Primera-Correa, O., & Pérez-Díaz, J. (2024b). Intervención digital para el envejecimiento activo: Diseño de una aplicación web para adultos mayores. *Ciencia e Ingeniería*, 11(1). <https://revistas.uniguajira.edu.co/rev/index.php/cei/article/view/e12548244/1839>
- Chelliah, P. R., Rahmani, A. M., & Colby, R. (2024). Model optimization methods for efficient and edge AI: Federated learning architectures, frameworks and applications. Springer. <https://books.google.com/books?id=KTsxEQAAQBAJ>
- Ebrahimi, M., Sahay, R., & Hosseinalipour, S. (2025). The transition from centralized machine learning to federated learning for mental health in education: A survey of current methods and future directions. *arXiv*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2501.11714>
- Hoyos, F. T., Navarro, R. B., Villadiego, J. V., & Guerrero-Martelo, M. (2018). Geometrical study of astrocytomas through fractals and scaling analysis. *Applied Radiation and Isotopes*, 141, 250-256. <https://doi.org/10.1016/j.apradiso.2018.05.020>

- Khan, Y., Sánchez, D., & Domingo-Ferrer, J. (2024). Federated learning-based natural language processing: A systematic literature review. *Artificial Intelligence Review*. <https://doi.org/10.1007/s10462-024-10970-5>
- Li, Z., Wang, Z., Wang, W., Hung, K., Xie, H., & Wang, F. L. (2025). Retrieval-augmented generation for educational application: A systematic survey. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 8, 100417. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2025.100417>
- Liu, B., Lv, N., Guo, Y., & Li, Y. (2024). Recent advances on federated learning: A systematic survey. *Neurocomputing*, 597, 128019. <https://doi.org/10.1016/j.neucom.2024.128019>
- Macea-Anaya, M., Chimbo-Jumbo, J., & Baena-Navarro, R. (2024). Evaluation of a stem-based didactic model for the development of scientific competences in high school students: a quasi-experimental study. *Seminars in Medical Writing and Education*, 3(85). <https://doi.org/10.56294/mw202485>
- Ndlovu, B., Ndlovu, S., & Dube, S. (2025). Artificial intelligence chatbots in education: Academics beliefs, concerns and pathways for integration. *Indonesian Journal of Information Systems*, 7(2), 10805. <https://doi.org/10.24002/ijis.v7i2.10805>
- Ndunagu, J. N., Ezeanya, C. U., Onuorah, B. O., & Onyeakazi, J. C. (2025). A chatbot student support system in open and distance learning institutions. *Computers*, 14(3), 96. <https://doi.org/10.3390/computers14030096>
- Pinedo-López, J., Lora-Ochoa, C., Anaya-Narváez, A., Baena-Navarro, R., & Torres-Hoyos, F. (2024). Development plans in Colombia: Social and economic progress from 1961 to 2022. *Journal of Infrastructure, Policy and Development*, 8(8), 4554. <https://doi.org/10.24294/jipd.v8i8.4554>
- Rodriguez, M. A., & Naval, A. (2025). Studies on chatbots in education over 14 years: A bibliometric study. *SSRN*. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=5310374

Realidad aumentada como herramienta para el aprendizaje activo en discapacidad intelectual

CITLALI ANAHÍ MONZALVO LÓPEZ¹

¹Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México

Autor de correspondencia: cmonzalvo@uaeh.edu.mx

Resumen

La presente investigación describe el diseño e implementación de una estrategia didáctica basada en realidad aumentada (RA) orientada a promover el aprendizaje activo y el desarrollo cognitivo en niñas y niños con discapacidad intelectual. El estudio se desarrolló en un centro de educación especial en México, bajo un enfoque descriptivo mediante estudio de caso. La intervención consistió en sesiones gamificadas mediadas por RA, diseñadas para fortalecer la atención sostenida, la memoria de trabajo y la autorregulación emocional, integrando principios del Diseño Universal para el Aprendizaje y fundamentos cognitivos contemporáneos. Los resultados preliminares evidencian una mayor participación activa, persistencia en tareas cognitivas y mejora en procesos atencionales. Se concluye que la RA, cuando se diseña pedagógicamente, constituye una herramienta viable para favorecer el aprendizaje activo en contextos educativos inclusivos.

Palabras clave: Tecnologías educativas; Aprendizaje activo; Realidad aumentada; Discapacidad intelectual; Desarrollo cognitivo.

Introducción

La educación inclusiva plantea el desafío de diseñar estrategias pedagógicas que respondan a la diversidad cognitiva del alumnado, particularmente en el caso de estudiantes con discapacidad intelectual (DI). A pesar de los avances en tecnología educativa, su incorporación en contextos de educación especial continúa siendo limitada o reducida a usos instrumentales, sin una integración didáctica que promueva procesos cognitivos complejos ni la participación activa del estudiante.

El aprendizaje activo se ha consolidado como un enfoque pedagógico centrado en la implicación consciente del alumnado en la construcción del conocimiento, mediante la exploración, la toma de decisiones y la autorregulación del aprendizaje (Bonwell & Eison, 1991). En estudiantes con DI, este enfoque adquiere especial relevancia, ya que favorece experiencias significativas ajustadas a sus ritmos, estilos y capacidades.

En este contexto, la realidad aumentada (RA) emerge como una tecnología con alto potencial educativo al integrar estímulos digitales interactivos en el entorno físico, facilitando experiencias multisensoriales que promueven la atención, la motivación y la comprensión conceptual. No obstante, persiste una brecha en investigaciones que analicen su aplicación sistemática como mediadora del aprendizaje activo en contextos de educación especial, particularmente en entornos latinoamericanos.

El presente estudio tiene como propósito describir el diseño e implementación de una estrategia didáctica basada en RA, sustentada en teorías del desarrollo cognitivo (Paivio, 1991; Sweller *et al.*, 2011; Vygotsky, 1978) y del procesamiento de la información, orientada a promover el aprendizaje activo y el desarrollo cognitivo en alumnado con discapacidad intelectual (Feuerstein *et al.*, 20109).

Metodología

El estudio adoptó un enfoque descriptivo con diseño de estudio de caso, adecuado para analizar intervenciones educativas en contextos reales y con muestras reducidas. Este diseño permitió observar de manera detallada la interacción entre los estudiantes, la tecnología y la mediación pedagógica durante la implementación de la estrategia didáctica.

Participantes

La muestra estuvo conformada por seis niños ($n = 6$) con diagnóstico de discapacidad intelectual leve y moderada, con edades comprendidas entre los 7 y 10 años, inscritos en un centro de educación especial en situación de vulnerabilidad social en México. La selección fue de tipo intencional, considerando criterios de acceso tecnológico, acompañamiento terapéutico y consentimiento informado de padres o tutores.

Diseño de la estrategia didáctica

La estrategia didáctica se diseñó con un enfoque de aprendizaje activo, priorizando la participación directa del estudiante, la exploración autónoma y la toma de decisiones durante la actividad. Las sesiones se estructuraron de manera progresiva e integraron principios del Diseño Universal para el Aprendizaje (CAST, 2018), ofreciendo múltiples formas de representación, acción y motivación.

La realidad aumentada funcionó como mediadora del aprendizaje activo, permitiendo la manipulación de objetos tridimensionales, la asociación imagen-palabra y la retroalimentación inmediata. Las actividades incluyeron dinámicas gamificadas orientadas a fortalecer la atención sostenida, la memoria de trabajo, la asociación simbólica y la autorregulación emocional.

Instrumentos y procedimientos

Para la recolección de datos se emplearon los siguientes instrumentos:

- Registros de desempeño por sesión
- Guía de observación sistemática
- Escalas de autorregulación emocional
- Bitácora de seguimiento docente

La intervención se desarrolló mediante una aplicación móvil diseñada en Unity, utilizando marcadores de RA y narración guiada. Cada sesión fue acompañada por un mediador pedagógico que facilitó la interacción con la tecnología y promovió la reflexión metacognitiva.

Consideraciones éticas

El estudio atendió principios éticos fundamentales, incluyendo el consentimiento informado, la confidencialidad de la información y el respeto a la dignidad de los participantes, conforme a lineamientos de investigación educativa con población vulnerable.

Resultados

Los resultados preliminares evidencian que la implementación de la estrategia didáctica basada en realidad aumentada favoreció el aprendizaje activo en el alumnado participante. Se observó una mayor implicación durante las actividades, reflejada en un incremento en la participación sostenida, la iniciativa para interactuar con los estímulos digitales y la persistencia ante tareas cognitivas.

En relación con la atención sostenida, los registros de observación muestran una disminución progresiva de conductas de distracción y un mayor tiempo de permanencia en la actividad. La manipulación directa de objetos virtuales y la retroalimentación inmediata contribuyeron a mantener el foco atencional durante las sesiones.

Respecto a la memoria de trabajo, se identificaron avances en la asociación de estímulos visuales y auditivos, así como en la evocación de información presentada previamente. La integración de principios de codificación dual permitió facilitar el procesamiento de la información, reduciendo la carga cognitiva extrínseca.

En cuanto a la autorregulación emocional, el uso del semáforo emocional como herramienta metacognitiva permitió a los estudiantes identificar y expresar su estado emocional antes y después de cada actividad. Se observó una reducción en episodios de frustración y una mayor disposición para continuar con las tareas, incluso ante errores.

En conjunto, los resultados sugieren que la RA, cuando se diseña bajo principios pedagógicos claros, promueve un rol activo del estudiante, favoreciendo procesos cognitivos y emocionales clave para el aprendizaje en contextos de educación especial.

Conclusiones

La estrategia didáctica basada en realidad aumentada presentada en este estudio demuestra un alto potencial para promover el aprendizaje activo y el desarrollo cognitivo en alumnado con discapacidad intelectual. La integración de actividades multisensoriales, retroalimentación inmediata y mediación pedagógica intencional favoreció la participación activa, la atención sostenida y la autorregulación emocional de los estudiantes.

Los hallazgos confirman que el aprendizaje activo es viable y pertinente en contextos de educación especial cuando se acompaña de un diseño tecnopedagógico fundamentado en teorías del desarrollo cognitivo, la carga cognitiva y el Diseño Universal para el Aprendizaje. La realidad aumentada se posiciona, así como una herramienta inclusiva que, lejos de ser un recurso meramente tecnológico, actúa como mediadora del aprendizaje significativo.

Entre las limitaciones del estudio se encuentra el tamaño reducido de la muestra, propio del diseño de estudio de caso. No obstante, los resultados aportan evidencia relevante para futuras investigaciones y sugieren la replicabilidad de la estrategia en otros contextos educativos y poblaciones.

Se recomienda ampliar la muestra, incorporar diseños longitudinales y profundizar en el análisis cuantitativo del impacto de la RA en procesos cognitivos específicos. Asimismo, se destaca la importancia de la formación docente en el diseño e implementación de experiencias de aprendizaje activo mediadas por tecnologías emergentes.

Referencias

- Bonwell, C. C., & Eison, J. A. (1991). Active learning: Creating excitement in the classroom. ASHE-ERIC. CAST. (2018). Universal Design for Learning guidelines version 2.2. <http://udlguidelines.cast.org>
- Feuerstein, R., Feuerstein, R. S., & Falik, L. H. (2010). *Beyond smarter: Mediated learning and the brain's capacity for change*. Teachers College Press.

- Paivio, A. (1991). Dual coding theory: Retrospect and current status. *Canadian Journal of Psychology*, 45(3), 255–287. <https://psycnet.apa.org/record/1992-07881-001>
- Sweller, J., Ayres, P., & Kalyuga, S. (2011). *Cognitive load theory*. Springer. <https://psycnet.apa.org/doi/10.1016/B978-0-12-387691-1.00002-8>
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society*. Harvard University Press. https://rediee.cl/wp-content/uploads/Mind-in-Society-Development-of-Higher-Psycholo_compressed.pdf

Diseño arquitectónico de internet de las cosas e inteligencia artificial para monitoreo de acuíferos

YULIETH CARRIAZO-REGINO¹

RUBÉN BAENA-NAVARRO²

TOBIAS PARODI-CAMAÑO³

MARÍA JOSÉ SALAS-RAMÍREZ⁴

JUAN CAMILO CEÑA-MANJARREZ⁵

^{1,2,3,4,5}Universidad de Córdoba, Colombia

Autor correspondencia: tobiasparodic@correo.unicordoba.edu.co

Resumen

La supervisión de acuíferos ofrece un caso STEM para aprendizaje activo al integrar instrumentación, datos y modelación. Este trabajo desarrolla un diseño proyectivo, sin despliegue físico, de una arquitectura de internet de las cosas e inteligencia artificial para monitoreo de aguas subterráneas en contextos rurales, como base para laboratorios de simulación y proyectos colaborativos en educación superior. El objetivo es estructurar un sistema distribuido con sensores multiparámetro, conectividad de largo alcance, redundancia local y analítica predictiva. El método se apoya en revisión sistemática (2019–2025), criterios de selección tecnológica y modelado conceptual con UML. La evidencia comparada reporta precisiones de 0.81–0.95 en modelos ML/DL y mejoras operativas por computación en borde y esquemas federados. El aporte es una arquitectura reproducible para implementación futura y evaluación basada en evidencias.

Palabras clave: Educación superior; Aprendizaje activo; Recursos hídricos; Monitoreo ambiental; Inteligencia artificial.

Introducción

El seguimiento de aguas subterráneas suele quedar rezagado frente a los cambios reales que experimentan los acuíferos, sobre todo cuando el territorio combina variaciones estacionales marcadas con usos agrícolas intensivos. En la práctica, una parte importante del diagnóstico todavía depende de campañas puntuales y procesamiento discontinuo, lo que deja periodos completos sin información operativa. Esa discontinuidad pesa más en zonas rurales: la instrumentación disponible es limitada, los registros se dispersan entre actores y las capacidades institucionales terminan concentrándose en responder a urgencias antes que en sostener mediciones con continuidad y resolución suficiente. Con este panorama, no es extraño que ciertos eventos pasen desapercibidos —por ejemplo, cambios rápidos asociados a extracción, alteraciones vinculadas a intrusión salina o desplazamientos en variables hidroquímicas relacionados con el uso del suelo— hasta que su impacto ya es evidente.

En este marco, la convergencia entre Internet de las Cosas (IoT) y analítica basada en inteligencia artificial ha abierto rutas más robustas para observar sistemas hídricos con mayor granularidad temporal, automatizar alertas y anticipar tendencias con soporte cuantitativo. Los sensores multiparámetro, cuando se integran a redes de bajo consumo, permiten capturar señales de pH, conductividad, turbidez y presión piezométrica con continuidad; a su vez, los modelos de aprendizaje automático aportan capacidad para describir patrones no lineales y proyectar escenarios operativos relevantes para la gestión (Baena-Navarro *et al.*, 2024b; Hoyos, 2018; Kharat & Devi, 2021; Mandal *et al.*, 2025). El punto no está solo en medir más, sino en disponer de series temporales suficientemente densas como para sostener decisiones razonables.

Ahora bien, el despliegue tecnológico sostenido en ruralidad no depende únicamente del rendimiento algorítmico. Los diseños excesivamente centralizados suelen ser frágiles frente a conectividad intermitente, dependencia de servicios externos y pérdida de información en desconexiones prolongadas. De ahí que arquitecturas con computación en borde (edge computing) se recomienden cada vez más: reducen latencias, filtran ruido y permiten sostener continuidad operativa en terreno, especialmente cuando algunas decisiones deben ocurrir cerca de la fuente de datos (Baena-Navarro *et al.*, 2024a; Lal *et al.*, 2024; Naloufi *et al.*, 2024). En paralelo, la colaboración interinstitucional para mejorar modelos predictivos no siempre puede apoyarse en la centralización del dato: restricciones de privacidad y gobernanza han impulsado el aprendizaje federado como paradigma para entrenar sin movilizar información cruda, preservando trazabilidad y control (Rejula *et al.*, 2025).

Este mismo desafío técnico puede leerse, además, como una oportunidad pedagógica para aprendizaje activo. El monitoreo de acuíferos permite articular instrumentación, comunicaciones, ciencia de datos, modelado, sostenibilidad y evaluación por evidencias dentro de una misma secuencia STEM (Macea-Anaya *et al.*, 2024; Pinedo-López *et al.*, 2024). En lugar de presentar la arquitectura como un fin en sí mismo, se plantea como entorno de práctica para aprendizaje basado en problemas (ABP), aula invertida orientada al análisis de datos y simulación reproducible, junto con actividades de validación técnica que obliguen a justificar decisiones con criterios transparentes. En coherencia con ese enfoque, este trabajo propone un diseño proyectivo —sin prototipado físico— de una arquitectura IoT+IA para monitoreo de acuíferos rurales, estructurada por módulos, métricas y supuestos operativos evaluables.

Metodología

El estudio se enmarca en una investigación proyectiva, orientada a especificar un diseño arquitectónico que pueda replicarse y evaluarse por coherencia técnica, sin exigir un despliegue inmediato en campo. El interés no fue validar un prototipo físico, sino formular una solución razonable bajo condiciones típicas de operación rural —conectividad intermitente, autonomía energética limitada y restricciones logísticas—, dejando explícitos los criterios con los que el diseño podría ser verificado en una etapa experimental posterior.

Como base, se realizó una revisión sistemática acotada (2019–2025) enfocada en cinco frentes: arquitecturas IoT aplicadas al monitoreo hídrico y ambiental; desempeño y estabilidad de sensores multiparámetro en operaciones prolongadas; aplicaciones de aprendizaje automático y profundo para predicción hidroquímica e hidrológica; estrategias de computación en borde (edge computing) orientadas a continuidad operativa y reducción de latencia; y enfoques de trazabilidad y colaboración distribuida, incluyendo aprendizaje federado y mecanismos apoyados en blockchain. Esta lectura comparada permitió identificar decisiones que aparecen de manera recurrente en soluciones con mayor robustez operativa, así como factores de falla que tienden a quedar fuera cuando el sistema se evalúa únicamente en condiciones controladas (Essamlali *et al.*, 2024; Subashini & Sellamuthu, 2025).

A partir de esa síntesis, se definieron criterios de selección tecnológica en tres dimensiones complementarias. La primera corresponde a la instrumentación ambiental, priorizando sensores de pH, conductividad, turbidez y presión piezométrica por su utilidad para describir simultáneamente la calidad del agua y el comportamiento dinámico del acuífero. La segunda se relaciona con comunicaciones y energía, donde se favorecieron alternativas de largo alcance y bajo consumo —por ejemplo, LoRaWAN— junto con protocolos de mensajería ligera como MQTT, por su flexibilidad para integrarse a arquitecturas modulares y por su viabilidad en escenarios con restricciones de conectividad. La tercera dimensión corresponde a gobernanza y resiliencia del dato, incorporando redundancia local, almacenamiento híbrido y mecanismos básicos de auditoría para preservar integridad, continuidad y trazabilidad.

Con esos criterios establecidos, se elaboró el diseño mediante modelado conceptual, empleando diagramas UML y flujos de datos para separar explícitamente los módulos del sistema: capa de sensado, capa de comunicación, capa de borde, capa de nube híbrida y capa de analítica. Esta separación no se asumió como un detalle formal, sino como condición para evitar ambigüedades comunes en propuestas IoT monolíticas, donde los límites entre captura, transmisión y procesamiento quedan difusos y dificultan la evaluación por consistencia. Además, el modelado facilita que el diseño pueda reutilizarse en contextos académicos como objeto de simulación, crítica técnica y comparación entre alternativas.

Finalmente, se seleccionó un conjunto de métricas mínimas de evaluación para una futura validación experimental: precisión predictiva de acuerdo con tareas de modelado, latencia extremo a extremo, estabilidad del sistema bajo conectividad intermitente, costo computacional según estrategia de despliegue y trazabilidad del dato desde adquisición hasta visualización. Como referencia de exigencia técnica, se consideraron rangos de desempeño reportados en la literatura para series ambientales, donde distintos enfoques ML/DL alcanzan valores aproximados entre 0.81 y 0.95, dependiendo del algoritmo y de la naturaleza de la señal monitoreada, así como reducciones operativas asociadas a arquitecturas distribuidas.

Antes de presentar la arquitectura, la Figura 1 resume el ciclo metodológico como guía replicable dentro de un curso STEM basado en proyectos, en el que el estudiante puede contrastar supuestos mediante simulación, bitácoras técnicas o datos abiertos.

Figura 1. Flujo metodológico del diseño proyectivo



Resultados

Arquitectura IoT-IA propuesta para monitoreo de acuíferos

El resultado central es un diseño modular de arquitectura IoT-IA para monitoreo de acuíferos en contextos rurales, concebido para operar bajo conectividad variable y con capacidad de analítica predictiva. Para facilitar lectura técnica, la Figura 2 presenta el esquema general por capas, destacando dos decisiones estructurales: (i) procesamiento inicial y control de calidad en el borde (edge), y (ii) almacenamiento híbrido con redundancia local para preservar continuidad y trazabilidad en escenarios intermitentes. La Figura 2 sintetiza la arquitectura completa, desde sensores hasta analítica y gobernanza.

Figura 2. *Arquitectura modular IoT-IA para supervisión inteligente de acuíferos (rural)*
Capa de sensado (pozo/acueducto rural)



Tabla de evidencia: tendencias recientes aplicables al monitoreo de acuíferos

En coherencia con el diseño, la Tabla 1 organiza resultados recientes que informan decisiones del modelo: uso de IoT+ML para series ambientales, incorporación de blockchain para trazabilidad y evaluación de arquitecturas como base de gestión sostenible. Esta tabla funciona como “bitácora de evidencia” para justificar que la propuesta no se apoya en supuestos aislados, sino en convergencias documentadas. La Tabla 1 resume aplicaciones recientes en IoT e IA relevantes para acuíferos.

Tabla 1. *Aplicaciones recientes de IoT e IA en monitoreo ambiental y agrícola (2019–2025)*

Estudio	Tecnología aplicada	Variable monitoreada	Aporte principal
Mithal & Thankachan (2025)	Blockchain + IoT	Conservación de agua	Integración segura de datos ambientales
Botero-Valencia et al. (2025)	IoT + ML	Agricultura sostenible	Modelos predictivos basados en series temporales
Kharat & Devi (2021)	IA (SVR, DL)	Reservas subterráneas	Pronóstico con baja incertidumbre
Siddique & Singh (2025)	IoT + IA	Agua superficial/subterránea	Monitoreo dinámico de recursos

Modelo predictivo y métricas mínimas para validación futura

El diseño propuesto asume que, en una implementación futura, el sistema debe soportar tanto análisis descriptivo como predicción. En la literatura comparada, se reportan rangos de desempeño por familia algorítmica, útiles como referencia de exigencia mínima: SVR (0.81–0.87), Random Forest (0.83–0.90), redes neuronales profundas (0.89–0.94) y LSTM hasta 0.95 en series hidrogeológicas. Estos rangos no se interpretan como garantía universal, sino como evidencia de que los enfoques ML/DL han alcanzado capacidad explicativa suficiente para justificar su inclusión cuando existe control de calidad en el dato.

Para formalizar una variable agregada de estado (útil en docencia y monitoreo), se propone calcular un índice compuesto de calidad de agua (WQI) como función ponderada de parámetros normalizados, para facilitar interpretación rápida por estudiantes y tomadores de decisión. La Ecuación (1) define un índice compuesto operativo.

Ecuación (1). Índice compuesto de calidad de agua (WQI)

$$WQI = \sum_{i=1}^m w_i \cdot q_i \quad (1)$$

donde q_i es el subíndice normalizado del parámetro i (pH, CE, turbidez, etc.) y w_i su peso técnico definido por criterio de uso.

Para detectar desviaciones abruptas (anomalías) sin requerir siempre etiqueta supervisada, se sugiere un puntaje de anomalía basado en residuales entre medición y predicción local en el borde (ver Ecuación (2)):

Ecuación (2). Puntaje de anomalía por residuales (edge)

$$A_t = |y_t - \hat{y}_t| \quad (2)$$

con umbrales adaptativos definidos por percentiles y contexto del acuífero.

Adicionalmente, si se implementa colaboración interinstitucional sin movilizar datos, un esquema de agregación federada puede operar como mecanismo de personalización distribuida. Para ello, se plantea el uso de FedAvg en su forma estándar como se muestra en la Ecuación (3):

Ecuación (3). Agregación federada (FedAvg)

$$\theta^{(t+1)} = \sum_{k=1}^K \frac{n_k}{\sum_{j=1}^K n_j} \theta_k^{(t+1)} \quad (3)$$

Esta formulación permite alinear el diseño con reportes de reducción de costos computacionales entre 18% y 22% sin comprometer precisión en esquemas federados.

Rendimiento esperado: latencia y continuidad operativa

Un criterio crucial en ruralidad es la continuidad de operación. En ese punto, la computación en borde no se incluye como componente accesorio, sino como estrategia para sostener decisiones locales (p. ej., alerta temprana) aun cuando la nube no esté disponible. La evidencia comparada indica que arquitecturas distribuidas basadas en edge pueden reducir la latencia en más de 25%, lo cual es coherente con escenarios donde el dato debe ser depurado y preprocesado antes de transmitirse.

Para operacionalizar la latencia, se propone estimar el presupuesto extremo-a-extremo como suma de componentes (ver Ecuación (4)):

Ecuación (4). Latencia extremo-a-extremo

$$L_{tot} = L_{sens} + L_{tx} + L_{edge} + L_{cloud} \quad (4)$$

En implementación futura, la meta no es “cero latencia”, sino un rango estable que permita decisión y trazabilidad con tolerancia a interrupciones, priorizando que el sistema degrade con gracia cuando cambian las condiciones de conectividad.

Alineación con aprendizaje activo: secuencia STEM basada en evidencias

Se propone convertir la arquitectura en un guion de aula basado en problemas reales, donde el estudiante no solo “entienda” el sistema, sino que lo evalúe, lo critique y lo rediseñe con criterios técnicos explícitos. En ese propósito, la Tabla 2 conecta la propuesta con metodologías activas (ABP, aula invertida y evaluación formativa), especificando evidencia observable por producto. La Tabla 2 operacionaliza el uso didáctico del diseño.

Tabla 2. Integración didáctica del diseño IoT-IA en aprendizaje activo (STEM)

Estrategia activa	Actividad del estudiante	Evidencia generada	Evaluación formativa
Aula invertida	Analiza la arquitectura (Fig. 2) y justifica módulos	Mapa de módulos + riesgos	Rúbrica de consistencia técnica
ABP	Define problema local (acuífero, PDA, pozo) y restricciones	Documento de requerimientos	Lista de verificación + coevaluación
Simulación	Emula series de pH/CE/turbidez y prueba detección	Bitácora de pruebas + gráficas	Retroalimentación iterativa
Debate guiado	Discute gobernanza, privacidad y trazabilidad	Argumento con soporte	Evaluación por criterios

Como cierre del apartado de resultados, la Figura 3 resume la lógica de operación del sistema para discusión en aula: cuándo decide el borde, cuándo decide la nube y qué se preserva como evidencia.

Figura 3. Ciclo operativo para monitoreo rural con resiliencia y trazabilidad



Conclusiones

El diseño arquitectónico propuesto constituye una alternativa modular y reproducible para monitoreo de acuíferos en contextos rurales, con énfasis en continuidad operativa, escalabilidad y preparación para analítica predictiva. La integración de sensores multiparámetro, conectividad de largo alcance y procesamiento en borde permite abordar un problema realista: la necesidad de obtener información hidroquímica y piezométrica con resolución suficiente, incluso en condiciones de conectividad variable.

Desde el punto de vista técnico, el modelo separa funciones críticas —captura, transmisión, depuración local, almacenamiento híbrido y análisis— evitando dependencias monolíticas que suelen limitar despliegues prolongados. La incorporación de mecanismos de trazabilidad refuerza la confiabilidad del sistema como evidencia instrumental, especialmente cuando los datos deben sostener decisiones y no solo visualización.

En clave pedagógica, la propuesta se alinea con aprendizaje activo porque transforma un reto de sostenibilidad en una experiencia STEM evaluable por productos: los estudiantes pueden justificar decisiones de diseño, simular escenarios, comparar métricas y proponer rediseños. En ese tránsito, la arquitectura deja de ser un esquema técnico estático y se convierte en un laboratorio conceptual para aprender a argumentar con datos, restricciones y criterios.

Referencias

- Alotaibi, E., & Nassif, N. (2024). Artificial intelligence in environmental monitoring: In-depth analysis. *Health Information Science and Systems*. <https://doi.org/10.1007/s44163-024-00198-1>
- Baena Navarro, R. E. (2019). *Optimización de un dron para dosimetría ambiental* (Doctoral dissertation, Universidad Internacional Iberoamericana México). <http://repositorio.unini.edu.mx/id/eprint/452/>
- Baena-Navarro, R., Alcalá-Varilla, L., Torres-Hoyos, F., Carriazo-Regino, Y., & ParodiCamaño, T. (2024a). Gamma and ultraviolet radiation radiation analysis: an internet of things-based dosimetric study. *Bulletin of Electrical Engineering and Informatics*. <https://doi.org/10.11591/eei.v13i5.7344>
- Baena-Navarro, R., Macea-Anaya, M., Primera-Correa, O., & Pérez-Díaz, J. (2024b). Intervención digital para el envejecimiento activo: Diseño de una aplicación web para adultos mayores. *Ciencia e Ingeniería*, 11(1). <https://revistas.uniguajira.edu.co/rev/index.php/cei/article/view/e12548244/1839>
- Baena-Navarro, R., Carriazo-Regino, Y., & Macea-Anaya, M. (2025). *Dosimetría ambiental mediante IoT: innovaciones y aplicaciones avanzadas*. Repositorio Universidad de Córdoba. <https://repositorio.unicordoba.edu.co/entities/publication/2969cc27-7e56-4481-845d-db2325dd3268>
- Botero-Valencia, J., García-Pineda, V., & Valencia-Arias, A. (2025). Machine learning in sustainable agriculture: Systematic review and research perspectives. *Agriculture*, 15(4), 377. <https://doi.org/10.3390/agriculture15040377>
- Essamlali, I., Nhaila, H., & El Khaili, M. (2024). Advances in machine learning and IoT for water quality monitoring: A comprehensive review. *Heliyon*, 10(2). [https://www.cell.com/heliyon/fulltext/S2405-8440\(24\)03951-3](https://www.cell.com/heliyon/fulltext/S2405-8440(24)03951-3)
- Hoyos, F. T., Navarro, R. B., Villadiego, J. V., & Guerrero-Martelo, M. (2018). Geometrical study of astrocytomas through fractals and scaling analysis. *Applied Radiation and Isotopes*, 141, 250-256. <https://doi.org/10.1016/j.apradiso.2018.05.020>

- Kharat, R., & Devi, T. (2021). Artificial Intelligence in Environmental Management. In *Environmental Management* (pp. 37–65). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781003175865-3>
- Lal, K., Menon, S., Noble, F., Arif, K. M. (2024). Low-cost IoT based system for lake water quality monitoring. *PLOS ONE*, 19(3), e0299089. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0299089>
- Macea-Anaya, M., Chimbo-Jumbo, J., & Baena-Navarro, R. (2024). Evaluation of a stem-based didactic model for the development of scientific competences in high school students: a quasi-experimental study. In *Seminars in Medical Writing and Education* (Vol. 3, No. 85, p. 85). <https://doi.org/10.56294/mw202485>
- Mandal, S., Yadav, A., Panwar, R., & Kumar, S. M. (2025). Smart water management for SDG 6: A review of AI and IoT-enabled solutions. *Water Policy*. <https://doi.org/10.1007/s41101-025-00407-7>
- Naloufi, M., Abreu, T., Souihi, S., Therial, C., Rodrigues, N. A. d. P., Le Goff, A. G., ... Delarbre, M. (2024). Long-term stability of low-cost IoT system for monitoring water quality in urban rivers. *Water*, 16(12), 1708. <https://doi.org/10.3390/w16121708>
- Pinedo-López, J., Lora-Ochoa, C., Anaya-Narváez, A., Baena-Navarro, R., & Torres-Hoyos, F. (2024). Development plans in Colombia: Social and economic progress from 1961 to 2022. *Journal of Infrastructure, Policy and Development*, 8(8), 4554. <https://doi.org/10.24294/jipd.v8i8.4554>
- Rejula, M. A., et al. (2025). Decentralized water quality classification using federated learning. *Water Quality Research Journal*. <https://doi.org/10.2166/wqrj.2024.045>
- Siddique, A. J., & Singh, R. (2025). AI-enhanced agriculture. In *Sustainable Agriculture and Food Systems* (pp. 173–195). CRC Press. <https://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=2CylEQAAQBAJ>
- Subashini, C., & Sellamuthu, S. (2025). Recent trends in the quality module of sustainable water management models: A systematic review. *IEEE Access*. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2025.3560783>

Synapzys: Diseño arquitectónico y modelo de transformación digital para la sostenibilidad de MiPymes en economías emergentes

ANDRÉS FELIPE ORTIZ RODRÍGUEZ¹
NÉSTOR JUNIOR HERNÁNDEZ LÓPEZ²
TOBIÁS ALFONSO PARODI-CAMAÑO³

^{1,2,3}Universidad de Córdoba, Colombia.

Autor de correspondencia: aortizrodriguez97@correo.unicordoba.edu.co

Resumen

A nivel mundial, la transformación digital de las Mipymes se ha consolidado como prioridad estratégica: la OCDE y el Banco Mundial advierten que las empresas que no adoptan tecnologías digitales enfrentan una desventaja competitiva estructural. En América Latina, esta brecha limita la productividad y la inclusión económica, y el departamento de Córdoba, Colombia, no es la excepción: el 70% de sus Mipymes carece de presencia digital funcional (CEPAL, 2025). Este estudio proyectivo propone Synapzys, una arquitectura tecnológica que integra Agentes Conversacionales basados en Modelos de Lenguaje de gran escala (LLMs), automatización de procesos mediante Inteligencia Artificial y desarrollo web de alto rendimiento. La metodología se fundamenta en el estándar CRISP-DM (Shearer, 2000), adaptado para entornos de recursos limitados. Los resultados proyectados indican que la democratización de estas herramientas permite superar barreras de costos operativos, garantizando atención continua y decisiones basadas en datos, vitales para la competitividad de las Mipymes post-2025.

Palabras clave: Pequeñas y medianas empresas; Transformación digital; Inteligencia artificial; Automatización; Competitividad empresarial.

Introducción

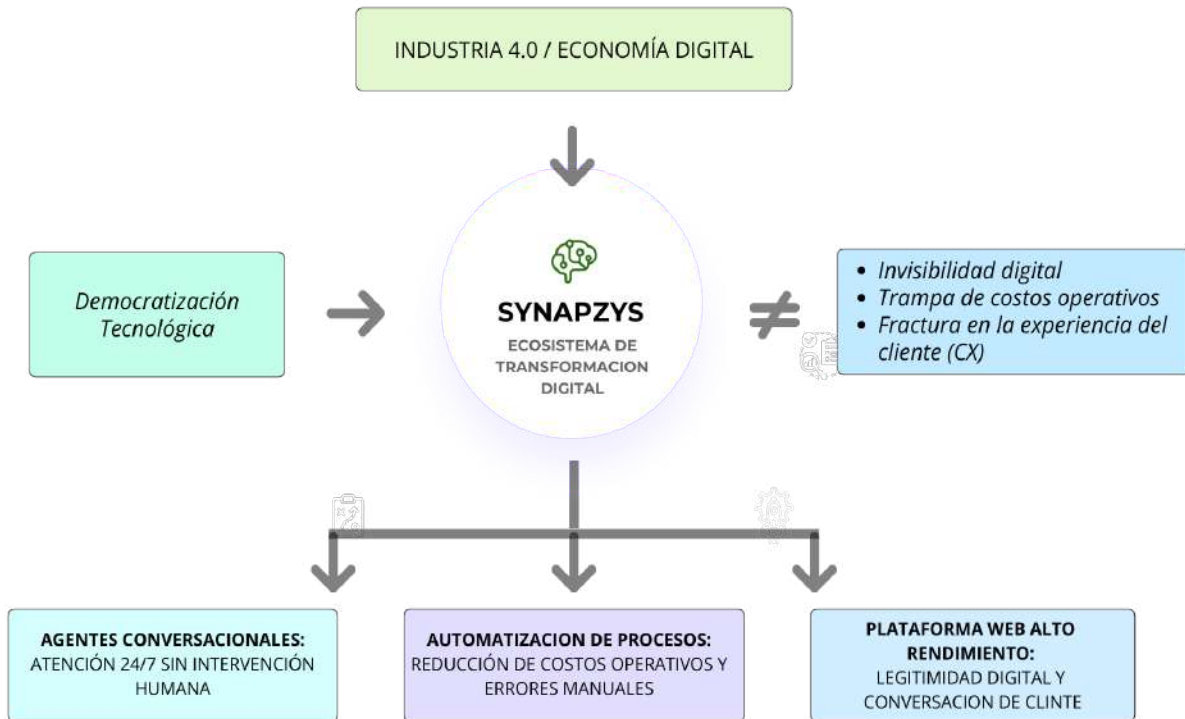
Las Mipymes constituyen el 99% del tejido empresarial de la región Caribe colombiana y generan la mayoría del empleo departamental, sin embargo, su tasa de mortalidad es alarmante: la mayoría no supera los cinco años de vida (CEPAL, 2025). En Córdoba, esta mortalidad no responde a deficiencias en la calidad de productos o servicios, sino a la invisibilidad digital y la incapacidad para escalar operaciones que dependen enteramente de procesos manuales (Joia *et al.*, 2024).

El comportamiento del consumidor ha mutado radicalmente hacia la "Economía de la Inmediatez" (Zendesk, 2024): el cliente exige ser atendido en el instante exacto en que surge su intención de compra, independientemente de la hora o el canal. El 86% de los consumidores prioriza la inmediatez y la personalización, y el 77% de las Mipymes colombianas ya manifiesta interés en adoptar Inteligencia Artificial, reconociendo que sus métodos actuales son insuficientes (News Center Microsoft Latinoamérica, 2024).

En este contexto surge Synapzys: un emprendimiento tecnológico universitario colombiano orientado a la "Inteligencia y Automatización Empresarial", diseñado como plataforma modular que actúa como puente entre las necesidades tradicionales de las Mipymes y las capacidades de la Industria 4.0. Sus tres componentes fundamentales son: (1) agentes conversacionales inteligentes basados en LLMs, (2) sistemas

de automatización de procesos que integran ERPs y CRMs, y (3) desarrollo de plataformas web de alto rendimiento. Synapzys no es un producto de software aislado, sino un ecosistema de transformación que acompaña a las empresas desde el diagnóstico hasta la mejora continua.

Figura 1. Mentefacto conceptual del ecosistema Synapzys: componentes, alcance y exclusiones



El diagnóstico del ecosistema empresarial cordobés revela tres fallas estructurales críticas: la invisibilidad digital (cerca del 70% carece de presencia web funcional), la fractura en la experiencia del cliente (tiempos de respuesta de horas por gestión manual en WhatsApp), y la trampa de costos operativos donde para vender más se requiere contratar más personal, reduciendo los márgenes necesarios para crecer (CEPAL, 2025; Erskine & Andrade-Rojas, 2024). Si las Mipymes no adoptan estas herramientas ahora, su exclusión del mercado será irreversible en la próxima década (Aicad Business School, 2025).

Metodología

Synapzys adopta el estándar CRISP-DM (Cross-Industry Standard Process for Data Mining) (Shearer, 2000), adaptado para implementaciones ágiles en entornos de recursos limitados. La Figura 2 resume el ciclo de seis fases que garantizan las soluciones tecnológicas las cuales responden necesidades de negocio reales y están alineadas con los objetivos estratégicos de cada empresa.

Figura 2. Flujo metodológico del diseño proyectivo



Fase 1: Comprensión del negocio

Se realiza un diagnóstico inicial para definir KPIs específicos (reducir tiempos de respuesta, automatizar agendamiento, optimizar inventario) y evaluar los recursos actuales, restricciones presupuestarias y flujos de comunicación existentes de la empresa, asegurando viabilidad y alineación con la realidad operativa del negocio (Shearer, 2000).

Fase 2: Comprensión de los datos

Se identifican y recopilan historiales de chat, correos electrónicos, catálogos de productos y bases de datos de clientes existentes. Mediante análisis exploratorio se detectan los patrones más frecuentes en consultas de clientes y los problemas de calidad en la información disponible (Shearer, 2000).

Fase 3: Preparación de los datos

Esta es la fase más intensiva, consumiendo aproximadamente el 60% del tiempo del proyecto (Shearer, 2000). Se realizan tres procesos fundamentales: limpieza (eliminación de ruido e información inconsistente), anonimización (protección de datos sensibles bajo normativas de privacidad vigentes) y estructuración (transformación de documentos heterogéneos en bases de conocimiento vectoriales que los modelos de IA puedan consultar eficientemente) (Gao *et al.*, 2024).

Fase 4: Modelado

Se seleccionan técnicas avanzadas y se crean los modelos de Inteligencia Artificial. Incluye la configuración del "Prompt del Sistema" que define la personalidad, tono y límites éticos del agente conversacional, y la implementación de flujos híbridos donde la IA gestiona las interacciones generales mientras reglas específicas controlan procesos críticos como pagos (Gao *et al.*, 2024).

Fase 5: Evaluación

Se somete al agente a escenarios complejos y ataques adversarios para asegurar que no alucine información, y se valida en condiciones reales con el cliente final. Se miden la precisión, coherencia y satisfacción proyectada, ajustando el sistema según retroalimentación directa del usuario final (Shearer, 2000).

Fase 6: Despliegue

Se conecta el sistema de IA con los canales reales: API de WhatsApp Business, widget en sitio web, Messenger y CRM empresarial. Se implementan dashboards de monitoreo en tiempo real y un ciclo de retroalimentación Human-in-the-loop que permite la mejora continua del modelo (Shearer, 2000).

Resultados

La propuesta final es un ecosistema modular de transformación digital compuesto por tres pilares integrados, diseñados para actuar como socio estratégico de las Mipymes cordobesas:

Módulo de atención cognitiva

Sistema de agentes inteligentes desplegable en múltiples canales con disponibilidad 24/7 real, capacidad multilingüe automática y escalado infinito de conversaciones simultáneas sin degradación de calidad (Zendesk, 2024). Su característica diferenciadora es la capacidad de "Handoff" o traspaso inteligente: cuando el agente detecta frustración o una consulta fuera de su alcance, transfiere la conversación a un agente humano enviando un resumen estructurado del problema. La arquitectura RAG (Retrieval-Augmented Generation) permite recordar el historial del cliente y consultar la base de conocimientos empresarial en tiempo real, ofreciendo respuestas contextuales precisas (Gao *et al.*, 2024).

Motor de operaciones automatizadas

Algoritmos que trabajan en segundo plano para optimizar el negocio, reduciendo la carga administrativa y minimizando errores (Gao *et al.*, 2024). Sus funciones principales incluyen: gestión automática de inventario basada en patrones de demanda, calificación automática de leads para que el equipo de ventas humano solo contacte clientes con alta intención de compra, y generación de reportes de inteligencia de mercado basados en las consultas de los clientes.

Plataforma de presencia digital

Desarrollo de sitios web de alto rendimiento basados en arquitecturas Progressive Web App (PWA) que actúan como el hub central de la marca. A diferencia de las plantillas genéricas, se desarrollan arquitecturas optimizadas para SEO técnico, velocidad de carga (Core Web Vitals) y conversión, funcionales incluso con baja conectividad en zonas rurales del departamento (Estudios del Sector, 2024). Cada plataforma está diseñada con principios de neuroventas para guiar al visitante hacia la acción de compra (Zendesk, 2024). Los resultados proyectados de la implementación conjunta de estos tres módulos demuestran la viabilidad técnica y económica del modelo: el diseño basado en arquitecturas serverless en la nube permite que una pequeña empresa acceda al mismo motor de IA que una multinacional bajo un modelo de pago por uso, democratizando el acceso a tecnología de clase mundial (Aicad Business School, 2025). Desde el punto de vista operativo, el modelo permite a un negocio atender a múltiples clientes simultáneos sin incremento lineal de costos fijos, desacoplando el crecimiento empresarial del aumento de la planta de personal.

Conclusiones

La investigación y desarrollo del modelo Synapzys permite arribar a conclusiones determinantes sobre el futuro de las Mipymes en la región. En primer lugar, la Inteligencia Artificial actúa como ecualizador social: permite que una microempresa familiar ofrezca un servicio al cliente de calidad comparable al de grandes corporaciones, rompiendo las barreras de entrada que antes imponía el capital humano masivo (Aicad Business School, 2025).

En segundo lugar, el principal beneficio no es el ahorro de costos laborales sino la liberación del talento humano. Al delegar tareas repetitivas a la IA, el personal puede enfocarse en actividades creativas, estratégicas y relacionales que generan valor diferenciado, incrementando exponencialmente la productividad por colaborador (Erskine & Andrade-Rojas, 2024). La productividad neta aumenta drásticamente al minimizar errores humanos en procesos mecánicos.

En tercer lugar, las empresas digitalizadas bajo este modelo demuestran mayor resiliencia ante la incertidumbre: actualizar un modelo de IA o un sitio web toma minutos, mientras que reentrenar personal toma semanas. Synapzys dota a las Mipymes de una "plasticidad operativa" esencial para sobrevivir en entornos volátiles (Joia *et al.*, 2024).

Finalmente, el diseño modular y basado en la nube prueba que esta solución es técnicamente viable y económicamente accesible sin inversión millonaria en infraestructura propia. La metodología CRISP-DM permite implementaciones progresivas y de bajo riesgo (Shearer, 2000), mientras que la reducción de costos operativos posibilita el acceso a tecnología de punta bajo modelos de costos viables para el contexto colombiano (CEPAL, 2025). Synapzys no es una opción futurista: es la infraestructura presente necesaria para que las Mipymes de Córdoba compitan con igualdad de condiciones en la economía digital.

Referencias

- Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (2025, 9 de octubre). Panorama de las políticas de desarrollo productivo en América Latina y el Caribe 2025: ¿cómo salir de la trampa de baja capacidad para crecer? Resumen ejecutivo. <https://www.cepal.org/es/publicaciones/82533-panorama-politicas-desarrollo-productivo-america-latina-caribe-2025-como-salir>
- News Center Microsoft Latinoamérica. (2024, 6 de marzo). 77% de las Pymes colombianas ya implementan o quieren usar IA, según encuesta de Microsoft. <https://news.microsoft.com/es-xl/77-de-las-pymes-colombianas-ya-implementan-o-quieren-usar-ia-segun-encuesta-de-microsoft/>
- Botpress. (2026, 10 de enero). Estadísticas clave de chatbots para 2026: percepciones, crecimiento del mercado y tendencias. <https://botpress.com/es/blog/key-chatbot-statistics>
- Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. (2025). Estudios del Sector 2024. <https://colombiatic.mintic.gov.co/679/w3-multipropertyvalues-36370-915903.html>
- Shearer, C. (2000). The CRISP-DM model: The new blueprint for data mining. *Journal of Data Warehousing*, 5(4), 13–22. <https://www.scirp.org/reference/ReferencesPapers?ReferenceID=1592780>
- Aicad Business School. (2025, 3 de julio). La adopción de la IA en LATAM ya supera el 40%. <https://www.aicad.es/la-adopcion-de-la-ia-en-latam-ya-supera-el-40>
- Zendesk. (2024, 17 de enero). CX Trends 2024: Libera el poder de la CX inteligente. <https://www.zendesk.es/blog/cx-trends-2024/>
- Erskine, M., & Andrade-Rojas, M. G. (2024). The effects of bribery on the digitization of small and medium enterprises (SMEs) in Latin America. *Information Systems Journal*, 34(4), 1004–1036. <https://doi.org/10.1111/isj.12523>
- Gao, Y., Xiong, Y., Gao, X., Jia, K., Pan, J., Bi, Y., Dai, Y., Sun, J., Wang, M., & Wang, H. (2024). Retrieval-Augmented Generation for Large Language Models: A survey. *arXiv preprint arXiv:2312.10997*. <https://arxiv.org/abs/2312.10997>
- Joia, L. A., Klein, A. Z., & Braido, G. M. (2024). Digital transformation in Latin America: Challenges and opportunities. *Information Systems Journal*, 34(4), 937–969. <https://doi.org/10.1111/isj.12528>

Diseño arquitectónico de internet de las cosas para monitoreo edáfico en plátano

RUBÉN BAENA-NAVARRO¹
MARIO MACEA-ANAYA²
TOBÍAS PARODI-CAMAÑO³
JOSÉ ANDRÉS FERNÁNDEZ-VALENCIA⁴
JOSÉ FELIPE LLORENTE-LÓPEZ⁵

^{1,2,3,4,5}Universidad de Córdoba, Colombia

Autor de correspondencia: tobiasparodic@correo.unicordoba.edu.co

Resumen

La digitalización agrícola habilita escenarios STEM donde la resolución de problemas reales estructura el aprendizaje activo. Se presenta un estudio proyectivo que formula, sin prototipado físico, una arquitectura de internet de las cosas para monitoreo edáfico en plátano, concebida como soporte de laboratorios de simulación y aprendizaje basado en proyectos en educación superior. El objetivo es definir un diseño modular con sensores de humedad, pH y temperatura, nodos de bajo consumo y una plataforma de visualización y analítica. El método integra revisión sistemática (2019–2025), criterios de selección de componentes y modelado conceptual de flujos de datos. En la literatura, modelos híbridos CNN–LSTM reportan desempeños >95% en predicción multivariable; en coherencia con ello, se proyectan latencias ≤ 5 s y escalabilidad de decenas de sensores por nodo. El aporte es un diseño reproducible para implementación futura y para secuencias STEM con evaluación formativa basada en evidencias.

Palabras clave: Educación superior; Aprendizaje activo; Tecnología educativa; Agricultura; Ciencias del suelo.

Introducción

La agricultura de precisión ya no se entiende solo como instrumentación del campo; su valor crece cuando los datos se integran en ciclos de decisión y aprendizaje, articulando medición, interpretación y acción. En educación superior, ese mismo ciclo se vuelve un dispositivo pedagógico: el estudiante deja de “recibir” conocimiento y pasa a construirlo mediante actividades que exigen formular hipótesis, justificar decisiones de diseño y contrastar alternativas con evidencia. Esta idea es consistente con definiciones contemporáneas de aprendizaje activo centradas en estrategias que movilizan pensamiento de orden superior y construcción de conocimiento a partir de la actividad (Doolittle *et al.*, 2023).

En contextos STEM, el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) adquiere particular fuerza cuando el problema es real, tiene restricciones y produce un artefacto evaluable. La literatura reciente muestra efectos positivos del ABP en variables de desempeño y desarrollo de habilidades de orden superior, especialmente cuando se diseñan tareas auténticas y criterios de evaluación explícitos (Zhang *et al.*, 2023). En ingeniería y tecnologías, además, la transición desde experimentación física hacia simulaciones y laboratorios digitales se ha consolidado como tendencia, tanto por escalabilidad como por trazabilidad de evidencias y seguridad operacional (Negahban, 2024).

En paralelo, el monitoreo edáfico (humedad, temperatura, pH, entre otros) se reconoce como una base instrumental para comprender dinámica suelo–planta y orientar prácticas como riego o enmiendas. Revisiones recientes describen un ecosistema de sensores de suelo y planta con creciente conectividad, enfatizando desafíos de calibración, deriva, robustez en campo y diseño energético (Faqr *et al.*, 2024; Mansoor *et al.*, 2025). Para cerrar ese ciclo con analítica, es frecuente el uso de arquitecturas IoT modulares (borde–nube) capaces de integrar heterogeneidad de sensores, protocolos y plataformas (Domínguez-Bolaño *et al.*, 2022).

Con este trasfondo, el presente trabajo formula un diseño arquitectónico proyectivo —sin prototipado físico— para monitoreo edáfico en plátano, explicitando componentes, flujos de datos, supuestos de desempeño y una propuesta de uso didáctico en laboratorios de simulación y ABP. La arquitectura se plantea como “objeto puente”: suficiente para ser implementable en el futuro y, a la vez, rigurosa para sostener actividades de aprendizaje activo donde cada decisión técnica pueda defenderse con criterios verificables.

Metodología

Se desarrolló un estudio proyectivo orientado a la formulación de una solución arquitectónica reproducible. La estrategia metodológica integra: (i) revisión sistemática acotada (2019–2025) sobre sensores edáficos, redes de baja potencia, arquitecturas IoT y analítica predictiva; (ii) definición de criterios técnicos para selección de componentes; y (iii) modelado conceptual del flujo de datos y desempeño esperado. La secuencia se resume en la Figura 1, que explicita fases y productos de diseño.

Figura 1. Flujo metodológico del estudio proyectivo



Primero, se ejecutó una búsqueda en bases y editoriales de alta trazabilidad (p. ej., ScienceDirect, MDPI, Frontiers, Copernicus) con ecuaciones de búsqueda relacionadas con soil sensors, IoT architecture, LoRaWAN agriculture, edge computing, soil moisture prediction y CNN-LSTM. La selección priorizó revisiones y estudios con reporte de métricas y condiciones de implementación. La revisión se usó no para “copiar” configuraciones, sino para derivar requisitos (p. ej., variables críticas, restricciones energéticas, opciones de LPWAN, patrones arquitectónicos). En este punto fueron especialmente relevantes síntesis sobre sensores de suelo/planta y sus limitaciones en campo (Baena Navarro, 2019; Faqir *et al.*, 2024; Mansoor *et al.*, 2025), y revisiones de arquitecturas/plataformas IoT para integración de heterogeneidad (Domínguez-Bolaño *et al.*, 2022).

Segundo, se establecieron criterios de selección de componentes con enfoque de ingeniería: precisión/adecuación de rango, estabilidad (deriva), facilidad de calibración, consumo, disponibilidad, costo y compatibilidad con el modelo de red. Para conectividad, se consideró el uso de LPWAN cuando el contexto de finca impone distancias y consumo restringido; LoRaWAN es pertinente en agricultura por su alcance y bajo consumo, con evidencia aplicada en escenarios agrícolas instrumentados (Singh *et al.*, 2020). Para el nodo, se asumió una arquitectura de borde con microcontrolador y capacidad de adquisición multiparámetro, más pasarela (gateway) para consolidación y enlace a nube.

Tercero, se modeló el flujo de datos desde sensores hasta plataforma, y se definieron expresiones de desempeño. Con el fin de invocar formalmente las proyecciones del resumen (latencia ≤ 5 s), se descompuso la latencia extremo a extremo como suma de componentes (transmisión, cola/procesamiento y visualización). Además, se formalizó la escalabilidad como función del tamaño de carga útil, tasa efectiva de enlace y ciclo de muestreo, y se propuso una métrica de disponibilidad de telemetría basada en paquetes recibidos vs. esperados.

Finalmente, se integró el diseño arquitectónico con un guion pedagógico orientado a aprendizaje activo: definición de retos ABP, productos verificables, y evaluación formativa mediante rúbrica, presentada en la Tabla 3 e intencionalmente alineada con prácticas de ABP reportadas en educación superior (Zhang *et al.*, 2023; Pinedo-López *et al.*, 2024) y con el énfasis de aprendizaje activo como construcción de conocimiento a partir de actividad y evidencia (Doolittle *et al.*, 2023).

Resultados

1) Arquitectura IoT propuesta y racional de diseño

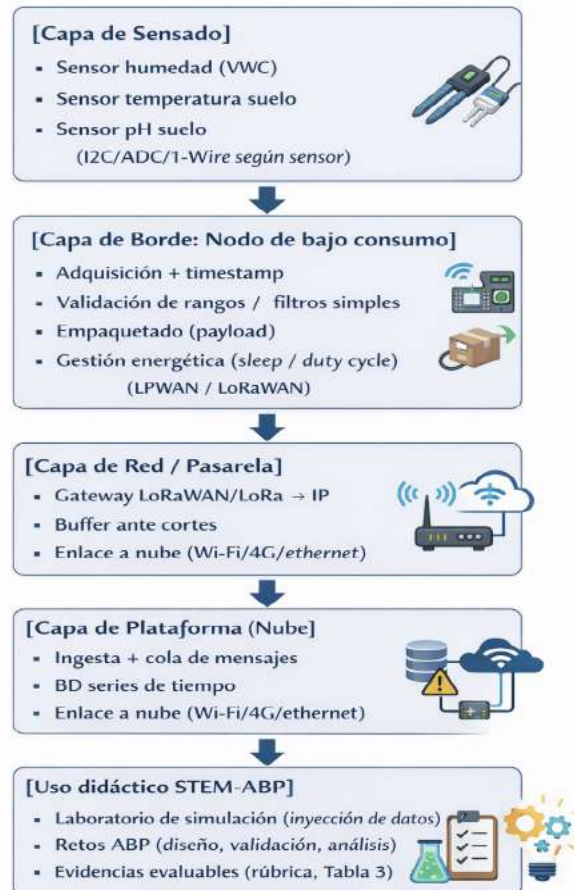
La arquitectura se estructura en cuatro capas: sensado, borde (nodo), pasarela/red, y plataforma (nube). Esta separación persigue modularidad y reemplazo controlado de componentes, alineándose con patrones de arquitectura IoT que buscan integrar heterogeneidad tecnológica sin sacrificar trazabilidad ni mantenimiento (Domínguez-Bolaño *et al.*, 2022). *En sensado se priorizan variables edáficas con utilidad agronómica transversal y disponibilidad tecnológica madura: humedad, temperatura y pH; revisiones recientes las identifican como variables típicas en programas de monitoreo agrícola por su relación con dinámica suelo-planta y toma de decisiones (Hoyos, 2018; Faqir et al., 2024; Mansoor et al., 2025).*

En el borde, el nodo agrupa: (i) adquisición multicanal, (ii) preprocesamiento ligero (filtrado, validación de rangos, marcas de tiempo), (iii) empaquetado eficiente, y (iv) gestión energética (ciclos de sueño y muestreo). La decisión de mover validaciones básicas al borde responde a dos razones: robustez ante enlaces intermitentes y reducción de tráfico cuando se detectan lecturas inválidas o repetidas. En conectividad, se contempla una red local (p. ej., LoRa/LoRaWAN) hacia una pasarela; LoRaWAN ha sido

discutida como alternativa de bajo consumo y costos de gestión en despliegues agrícolas instrumentados, con evidencia aplicada a entornos productivos controlados (Singh *et al.*, 2020). La pasarela consolida y reenvía a nube mediante IP (Wi-Fi/4G/ethernet según disponibilidad). En plataforma, se integran: (i) base de datos de series de tiempo, (ii) API para consulta, (iii) tablero de visualización, y (iv) módulo analítico (reglas y modelos predictivos).

Esta vista se presenta en la Figura 2, que además explicita el punto donde se inserta la analítica para aprendizaje activo: el laboratorio puede operar con datos simulados (inyección) o reales (futuro), conservando la misma interfaz de datos y trazabilidad.

Figura 2. Arquitectura modular IoT para monitoreo edáfico en plátano



2) Criterios de selección de componentes (sensor–nodo–red–plataforma)

Para evitar decisiones implícitas, el diseño se apoya en criterios comparables. La Tabla 1 consolida los criterios mínimos y su justificación técnica. En particular, para sensores edáficos se reconoce que la robustez en campo no depende solo de especificación nominal: la deriva y la necesidad de calibración contextual suelen ser determinantes, aspecto recurrente en revisiones sobre sensores agrícolas (Faqr *et al.*, 2024; Mansoor *et al.*, 2025). A nivel de red, el criterio dominante es energía–alcance–carga útil; LPWAN se vuelve razonable cuando se prioriza autonomía energética y cobertura, aceptando menor tasa efectiva (Singh *et al.*, 2020).

Tabla 1. Criterios técnicos de selección para arquitectura IoT edáfica

Componente	Criterio	Umbral/decisión	Justificación técnica
Sensor humedad	Rango y estabilidad	Adecuado a VWC del suelo; baja deriva	Variable crítica para riego; deriva afecta interpretabilidad (Faqir <i>et al.</i> , 2024)
Sensor pH	Calibración	Procedimiento reproducible + compensación	pH exige control de calibración; sensibilidad a condiciones del suelo (Mansoor <i>et al.</i> , 2025)
Sensor temperatura	Resolución y respuesta	Medición estable + respuesta rápida	Variable de soporte para interpretar humedad y dinámica suelo-planta (Faqir <i>et al.</i> , 2024)
Nodo	Consumo	Duty cycle y modo sueño	Autonomía como condición de despliegue en finca
Nodo	Integración	Entradas analógicas/digitales	Permite combinación multiparámetro
Red	Alcance/energía	Preferencia LPWAN cuando aplica	Compromiso tasa/consumo aceptable en agricultura (Singh <i>et al.</i> , 2020)
Plataforma	Interoperabilidad	API + BD de series de tiempo	Integración heterogénea recomendada en plataformas IoT (Domínguez-Bolaño <i>et al.</i> , 2022)
Analítica	Trazabilidad	Registro de datos y modelo	Soporta evaluación basada en evidencias en ABP

3) Modelado de desempeño: latencia, escalabilidad y disponibilidad

Para que la afirmación “latencias ≤ 5 s” del resumen sea evaluable, se descompone la latencia extremo a extremo en tres términos (ver Ecuación (1)): transmisión, procesamiento/cola y renderizado/consulta. Esta descomposición permite discutir qué parte del sistema domina en cada escenario (p. ej., enlace, congestión, o carga del tablero).

Ecuación (1). Latencia extremo a extremo

$$L_{e2e} = L_{tx} + L_{proc} + L_{viz} \quad (1)$$

donde L_{tx} es el retardo de transmisión (nodo \rightarrow pasarela \rightarrow nube), L_{proc} incluye colas y persistencia, y L_{viz} representa consulta y renderizado en el tablero.

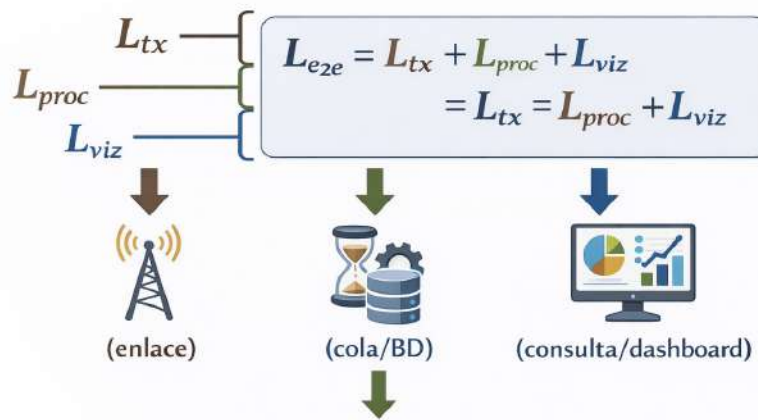
La escalabilidad se define aquí como la cantidad máxima de sensores (o canales) atendibles por nodo dada una tasa efectiva de enlace y un esquema de muestreo. En términos operacionales, si el payload crece o el muestreo se acelera, se consume rápidamente el presupuesto de enlace (ver Ecuación (2) y Figura 3).

Ecuación (2). Límite operativo de telemetría por nodo

$$N_{max} \approx \frac{R_{eff} \cdot T_s}{S_{msg}} \quad (2)$$

donde R_{eff} es la tasa efectiva disponible (bps) para telemetría del nodo, T_s el periodo de muestreo (s) y S_{msg} el tamaño medio del mensaje (bits). Esta aproximación no pretende reemplazar un dimensionamiento de red completo; sirve para transparentar el compromiso entre carga útil, frecuencia y número de canales.

Figura 3. Descomposición conceptual de latencia extremo a extremo



Finalmente, para seguimiento de calidad de datos —clave en evaluación formativa— se propone medir disponibilidad de telemetría como proporción de paquetes recibidos frente a esperados en una ventana temporal (ver Ecuación (3)).

Ecuación (3). Disponibilidad de telemetría

$$A = \frac{P_{rx}}{P_{exp}} \quad (3)$$

donde P_{rx} es el número de paquetes recibidos y P_{exp} el número esperado según frecuencia de muestreo y ventana de observación.

Con estas expresiones, se definen métricas proyectadas que no se presentan como resultados empíricos, sino como metas de diseño consistentes con prácticas IoT de baja latencia para monitoreo (Domínguez-Bolaño *et al.*, 2022) y con la orientación a analítica donde modelos híbridos (incluyendo combinaciones CNN–LSTM) se reportan con desempeños altos en tareas relacionadas con humedad/suelo según estudios recientes y revisiones comparativas (Wang *et al.*, 2024; Chen *et al.*, 2025). En la Tabla 2 se sintetizan las métricas proyectadas y su interpretación.

Tabla 2. Métricas proyectadas de desempeño (metas de diseño, no mediciones)

Métrica	Meta proyectada	Interpretación para monitoreo y laboratorio
Latencia (L_{eze}) (Ec. 1)	≤ 5 s	“Tiempo casi real” para tablero y ejercicios de toma de decisiones
Disponibilidad (A) (Ec. 3)	≥ 0.95	Calidad mínima para análisis temporal y evaluación por evidencias
Escalabilidad (Ec. 2)	Decenas de sensores por nodo (según payload y (T_s))	Factible para prácticas ABP con múltiples puntos de muestreo
Integridad de datos	Trazabilidad completa	Series de tiempo auditables para replicabilidad

4) Analítica y coherencia con literatura de predicción

El diseño no impone un único modelo predictivo; propone un punto de inserción (plataforma) y condiciones mínimas de trazabilidad para entrenar/validar modelos cuando exista despliegue. En la literatura reciente se han sistematizado arquitecturas DL para predicción de humedad del suelo, comparando híbridos y costos computacionales; estudios comparativos reportan desempeño elevado para

familias CNN–LSTM en ciertos escenarios y resaltan la dependencia del rendimiento respecto de profundidad, textura del suelo y disponibilidad de covariables (Wang *et al.*, 2024).

Adicionalmente, en aplicaciones agrícolas y ambientales se han reportado desempeños altos para enfoques que combinan variables meteorológicas con humedad/agua en el suelo, señalando que modelos híbridos pueden alcanzar valores de ajuste elevados bajo configuraciones apropiadas (Baena-Navarro *et al.*, 2024a; Chen *et al.*, 2025).

En clave pedagógica, esto se traduce en un conjunto de retos ABP: por ejemplo, comparar dos estrategias (reglas vs. modelo) y justificar la elección a partir de métricas, o discutir por qué un modelo se degrada en temporada lluviosa (distribuciones extremas) y qué ajustes metodológicos serían pertinentes. La arquitectura, al separar adquisición, almacenamiento y analítica, facilita que el estudiante experimente con variaciones sin “romper” el sistema.

5) Integración con aprendizaje activo: guion ABP y evaluación formativa

El aporte específico es la articulación explícita entre arquitectura IoT y aprendizaje activo. El diseño se plantea como soporte para un laboratorio de simulación donde el estudiante: (i) define requerimientos y restricciones, (ii) modela la arquitectura (Figura 2), (iii) dimensiona desempeño con Ecs. (1)–(3), (iv) diseña un tablero de métricas (Tabla 2) y (v) produce evidencias evaluables. Esta secuencia es coherente con perspectivas recientes de aprendizaje activo centradas en actividad y pensamiento de orden superior (Doolittle *et al.*, 2023; Baena-Navarro *et al.*, 2024b) y con reportes de ABP como promotor de logro y habilidades superiores cuando se integran productos auténticos y criterios claros (Zhang *et al.*, 2023; Macea-Anaya *et al.*, 2024). La Tabla 3 presenta una rúbrica breve (formativa) para evaluar el ABP asociado al diseño.

Tabla 3. Rúbrica formativa para secuencia ABP basada en la arquitectura IoT propuesta

Criterio (evidencia)	Nivel básico	Nivel competente	Nivel sobresaliente
Razonamiento arquitectónico (Figura 2)	Componentes sin justificación	Justifica capas y flujos	Justifica + analiza trade-offs y riesgos
Selección técnica (Tabla 1)	Lista componentes	Aplica criterios mínimos	Aplica criterios + propone mitigación de deriva/calibración
Modelado de desempeño (Ecs. 1–3)	Presenta ecuaciones	Interpreta términos	Ajusta supuestos y discute límites
Métricas y tablero (Tabla 2)	Métricas aisladas	Métricas alineadas a objetivos	Métricas + umbrales + escenarios de falla
Reflexión crítica (bitácora)	Descriptiva	Analítica	Analítica + propuesta de mejora y validación

Conclusiones

El trabajo formuló una arquitectura IoT modular para monitoreo edáfico en plátano, diseñada deliberadamente para cumplir una doble función: ser implementable en un despliegue futuro y ser pedagógicamente operable como soporte de aprendizaje activo en escenarios STEM. La separación en capas (sensado–borde–pasarela–plataforma) reduce acoplamientos y permite que decisiones técnicas (selección de sensores, red, almacenamiento y analítica) se conviertan en objetos de discusión y defensa argumentativa en ABP, en lugar de permanecer implícitas.

Al modelar formalmente latencia, escalabilidad y disponibilidad, el diseño introduce un lenguaje común entre ingeniería y didáctica: los estudiantes pueden justificar metas de desempeño, identificar qué componente domina el comportamiento del sistema y proponer ajustes coherentes sin depender de ensayo y error físico. Las tablas y figuras no solo describen la solución, sino que estructuran evidencias evaluables, favoreciendo evaluación formativa basada en productos verificables y trazables.

Como resultado, la arquitectura propuesta funciona como un “laboratorio portable”: puede operar inicialmente con datos simulados para entrenamiento en análisis y toma de decisiones, y transitar luego a datos reales sin cambiar la lógica del sistema. El principal valor agregado no reside en prometer resultados de campo que aún no existen, sino en establecer un diseño técnicamente defendible y didácticamente explícito, listo para ser validado cuando se disponga de prototipado y despliegue.

Referencias

- Baena Navarro, R. E. (2019). *Optimización de un dron para dosimetría ambiental* [Doctoral dissertation, Universidad Internacional Iberoamericana. México]. <http://repositorio.unini.edu.mx/id/eprint/452/>
- Baena-Navarro, R., Alcalá-Varilla, L., Torres-Hoyos, F., Carriazo-Regino, Y., & ParodiCamaño, T. (2024a). *Gamma and ultraviolet radiation radiation analysis: an internet of things-based dosimetric study*. *Bulletin of Electrical Engineering and Informatics*. <https://doi.org/10.11591/eei.v13i5.7344>
- Baena-Navarro, R., Macea-Anaya, M., Primera-Correa, O., & Pérez-Díaz, J. (2024b). Intervención digital para el envejecimiento activo: Diseño de una aplicación web para adultos mayores. *Ciencia e Ingeniería*, 11(1). <https://revistas.uniguajira.edu.co/rev/index.php/cei/article/view/e12548244/1839>
- Chen, P.-Y., Chen, C.-C., Kang, C., Liu, J.-W., & Li, Y.-H. (2025). Soil water content prediction across seasons using random forest based on precipitation-related data. *Computers and Electronics in Agriculture*, 230, 109802. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2024.109802>
- Domínguez-Bolaño, T., Campos, O., Barral, V., Escudero, C. J., & García-Naya, J. A. (2022). An overview of IoT architectures, technologies, and existing open-source projects. *Internet of Things*, 20, 100626. <https://doi.org/10.1016/j.iot.2022.100626>
- Doolittle, P., Wojdak, K., & Walters, A. (2023). Defining active learning: A restricted systematic review. *Teaching & Learning Inquiry*, 11. <https://doi.org/10.20343/teachlearningqu.11.25>
- Faqir, Y., Buzdar, A. Q., Erasmus, E., Schutte-Smith, M., & Visser, A. (2024). A review on the application of advanced soil and plant sensors in the agriculture sector. *Computers and Electronics in Agriculture*, 226, 109385. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2024.109385>
- Hoyos, F. T., Navarro, R. B., Villadiego, J. V., & Guerrero-Martelo, M. (2018). Geometrical study of astrocytomas through fractals and scaling analysis. *Applied Radiation and Isotopes*, 141, 250-256.
- Macea-Anaya, M., Chimbo-Jumbo, J., & Baena-Navarro, R. (2024). Evaluation of a stem-based didactic model for the development of scientific competences in high school students: a quasi-experimental study. *In Seminars in Medical Writing and Education*, 2(85). <https://doi.org/10.56294/mw202485>
- Mansoor, S., Iqbal, M., Popescu, S., Kim, S. H., Chung, G., & Baek, K.-H. (2025). Integration of smart sensors and IoT in precision agriculture: Trends, challenges and future perspectives. *Frontiers in Plant Science*. <https://doi.org/10.3389/fpls.2025.1587869>
- Negahban, A. (2024). Simulation in engineering education: The transition from physical experimentation to digital simulations and immersive simulated realities. *Simulation*, 100(...), ...-.... <https://doi.org/10.1177/00375497241229757>
- Pinedo-López, J., Lora-Ochoa, C., Anaya-Narváez, A., Baena-Navarro, R., & Torres-Hoyos, F. (2024). Development plans in Colombia: Social and economic progress from 1961 to 2022. *Journal of Infrastructure, Policy and Development*, 8(8), 4554. <https://doi.org/10.24294/jipd.v8i8.4554>

- Singh, R. K., Aernouts, M., De Meyer, M., Weyn, M., & Berkvens, R. (2020). Leveraging LoRaWAN technology for precision agriculture in greenhouses. *Sensors*, *20*(7), 1827. <https://doi.org/10.3390/s20071827>
- Wang, Y., Shi, L., Hu, Y., Hu, X., Song, W., & Wang, L. (2024). A comprehensive study of deep learning for soil moisture prediction. *Hydrology and Earth System Sciences*, *28*, 917–... <https://doi.org/10.5194/hess-28-917-2024>
- Zhang, L., et al. (2023). A study of the impact of project-based learning on student learning outcomes. *Frontiers in Psychology*, *14*, 1202728. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1202728>

Economía de la educación en América Latina: Un análisis conceptual para comprender sus desafíos estructurales

FERNANDO VERA¹

¹Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea, España

Autor de correspondencia: fernandovera@rediee.cl

Resumen

Este artículo presenta un análisis conceptual de la economía de la educación en América Latina, examinando cómo los sistemas educativos interactúan con variables económicas, sociales e institucionales que condicionan su capacidad para generar equidad, productividad y desarrollo humano. Se revisan enfoques teóricos clave, incluyendo el capital humano, las fallas de mercado y el retorno social de la inversión educativa, con especial énfasis en las tensiones históricas de la región: desigualdad persistente, segmentación de la calidad, brechas territoriales y desajustes entre formación y empleo. A partir de un análisis conceptual, se identifican patrones estructurales que limitan la eficiencia y la relevancia educativa, así como oportunidades emergentes asociadas a la digitalización, la innovación y la transformación productiva. Se concluye destacando la necesidad de políticas integrales que vinculen educación, productividad e inclusión social.

Palabras clave: Economía de la educación; Capital humano; Equidad, Productividad, América Latina.

Introducción

La economía de la educación ha consolidado un cuerpo teórico sólido para comprender cómo las decisiones educativas repercuten en el desarrollo económico y social. En América Latina (LATAM), donde convergen históricas desigualdades, estructuras productivas heterogéneas y transiciones tecnológicas aceleradas, este campo ofrece un marco crítico para analizar la función estratégica de los sistemas educativos. Desde la obra pionera de Becker (1964), que concibe la educación como inversión en capital humano, hasta las actuales discusiones sobre habilidades digitales, aprendizaje continuo e innovación, la región enfrenta un debate fundamental: ¿cómo transformar la educación en un motor sostenible de productividad, movilidad social y cohesión territorial? A continuación, se abordan los principales constructos teóricos relevantes para LATAM mediante subtítulos no numerados en cursiva, tal como solicitaste.

La educación como inversión en capital humano

El enfoque del capital humano ha sido ampliamente aplicado en economías emergentes, enfatizando que mayores niveles educativos incrementan los ingresos individuales y la productividad agregada (Kokkinopoulou *et al.*, 2025; Oltulular, 2025). Sin embargo, en LATAM estos retornos están condicionados por factores estructurales: mercados laborales informales, baja complejidad productiva, débil articulación universidad-empresa y escasa capacidad de absorción tecnológica (Bitar, 2019). Esto implica que la educación genera beneficios, pero su impacto depende de la calidad, pertinencia y del entorno productivo donde se despliega.

Externalidades, fallas de mercado y la intervención del Estado

La educación produce externalidades positivas —mayor participación cívica, reducción de criminalidad, salud pública, innovación— que justifican la intervención estatal. No obstante, la región presenta un déficit crónico en inversión pública: mientras países OCDE superan el 5,5% del PIB (OECD, 2020), muchas naciones latinoamericanas operan bajo este umbral, afectando cobertura, infraestructura y carrera docente. Las fallas de mercado también se reflejan en la segmentación: sistemas privados altamente heterogéneos y sistemas públicos con recursos insuficientes.

Equidad, movilidad social y segmentación educativa

La desigualdad socioeconómica genera fuertes brechas en acceso, calidad y trayectorias educativas. Investigaciones recientes confirman que la movilidad social intergeneracional en LATAM es una de las más bajas del mundo (OECD, 2025). La distribución desigual de oportunidades educativas reproduce estas inequidades: estudiantes de contextos rurales, indígenas y de bajos ingresos enfrentan desventajas acumulativas. La economía de la educación ofrece herramientas para modelar cómo estas brechas afectan el rendimiento económico agregado y perpetúan ciclos de pobreza.

Eficiencia, pertinencia y transición al trabajo

La región enfrenta desajustes significativos entre la formación profesional y las demandas productivas. La sobreoferta de ciertas profesiones, junto con salarios bajos incluso para trabajadores altamente calificados, evidencia fallas estructurales. Casos como la contratación de doctores (PhD) en empleos subvalorados —fenómeno similar al internal brain drain— muestran cómo se desperdicia talento especializado, afectando la innovación y la productividad nacional (Guo, 2025). Estas tensiones hacen urgente fortalecer mecanismos de planificación, aseguramiento de la calidad y articulación educativa-productiva.

Educación, digitalización y nuevas economías del conocimiento

Los avances en inteligencia artificial, ciencia de datos y automatización redefinen las habilidades necesarias para participar en la economía global. En LATAM, la brecha digital y la insuficiente infraestructura limitan la adopción equitativa de tecnologías educativas, pero también abren oportunidades para innovar modelos de formación, aprendizaje activo, micro-credenciales y reconversión laboral.

Aprendizaje activo y economía de la educación

El aprendizaje activo contribuye directamente a la economía de la educación al fortalecer la formación de capital humano, ya que promueve habilidades cognitivas y socioemocionales altamente demandadas en mercados laborales complejos. A través de metodologías como aprendizaje basado en proyectos, estudios de caso, simulaciones o trabajo colaborativo, el estudiantado desarrolla pensamiento crítico, resolución de problemas, adaptabilidad y capacidad de innovación, competencias que incrementan la productividad individual y colectiva. Desde esta perspectiva, el aprendizaje activo no solo mejora los resultados educativos, sino que incrementa los retornos económicos de la educación al generar profesionales capaces de integrarse y aportar valor en sectores productivos dinámicos, lo que se traduce en mayor competitividad y crecimiento económico.

Al mismo tiempo, el aprendizaje activo funciona como un mecanismo para reducir desigualdades educativas, un elemento central en el análisis económico del sector y reducir brechas en los aprendizajes (Fauiz et al., 2024). En este sentido, las metodologías centradas en la participación del estudiantado suelen

disminuir la brecha entre quienes poseen mayor capital cultural y quienes provienen de contextos vulnerables, ya que favorecen la comprensión profunda y el desarrollo de habilidades transferibles más allá de la memorización. Esto tiene efectos significativos en la equidad: estudiantes formados mediante aprendizaje activo tienden a insertarse mejor en el mercado laboral, acceder a empleos más estables y contribuir a una mayor movilidad social. Así, las políticas educativas que impulsan el aprendizaje activo no solo mejoran la calidad de la enseñanza, sino que representan una inversión costo-efectiva para fortalecer el desarrollo humano y económico en la región.

Metodología

Este estudio desarrolla un análisis conceptual, entendido como una revisión sistemática de categorías, enfoques y marcos teóricos destinados a interpretar fenómenos complejos. El análisis conceptual no se centra en datos empíricos directos, sino en:

- Identificación de conceptos clave en economía de la educación relevantes para América Latina (capital humano, externalidades, equidad, productividad, pertinencia).
- Relación entre fenómenos educativos y económicos, considerando particularidades históricas de la región.
- Construcción argumentativa, donde se articulan tensiones estructurales del sector educativo en LATAM con marcos teóricos de la economía de la educación.
- Síntesis interpretativa, orientada a ofrecer un marco comprensible y articulado para investigadores, docentes y tomadores de decisión.

El objetivo de esta metodología es comprender, más que medir, y ofrecer una base conceptual sólida para estudios futuros con metodologías mixtas o diseños empíricos rigurosos.

Resultados

El análisis conceptual permitió identificar cinco hallazgos principales sobre la economía de la educación en América Latina:

- *La educación continúa siendo un activo económico, pero sus retornos son heterogéneos:* Los beneficios privados y sociales de la educación persisten, pero varían según país, nivel educativo y área disciplinar. Las carreras STEM presentan retornos mayores, mientras áreas saturadas exhiben salarios decrecientes. La brecha entre educación y productividad se profundiza cuando los mercados laborales no ofrecen empleos de alta complejidad.
- *Las desigualdades educativas siguen siendo el principal obstáculo para el desarrollo:* Las brechas urbano-rurales, de ingreso y de género limitan la movilidad social. Estudiantes con menor capital cultural acceden a instituciones de menor calidad, reproduciendo círculos de baja productividad. En términos macroeconómicos, esto se traduce en crecimiento lento y persistencia de la desigualdad. La segmentación institucional afecta la eficiencia del sistema: Los sistemas educativos latinoamericanos están estructurados en circuitos paralelos: instituciones selectivas con alta calidad y sistemas masivos con recursos limitados. Esta estratificación reduce eficiencia, genera duplicidad de costos y dificulta alcanzar estándares internacionales.
- *La pertinencia educativa es insuficiente frente a las transformaciones productivas:* Los procesos de automatización, IA y digitalización exigen nuevas habilidades —análisis de datos, creatividad, resolución de problemas, pensamiento sistémico— que los sistemas educativos muchas veces no desarrollan. La desarticulación entre formación e industria produce desajustes ocupacionales y subutilización del talento.

La transición hacia economías basadas en conocimiento requiere inversión sostenida: El gasto educativo en la región es inestable y frecuentemente vulnerable a ciclos políticos. La evidencia sugiere que inversiones sostenidas en infraestructura, formación docente e innovación tienen efectos multiplicadores superiores a los actualmente alcanzados. La economía de la educación destaca que invertir en calidad y pertinencia es más costo-efectivo que expandir cobertura sin planificación.

Conclusiones

La economía de la educación ofrece una lente poderosa para comprender las tensiones estructurales que caracterizan a América Latina. El análisis conceptual realizado evidencia que, aunque la educación sigue siendo un determinante clave del desarrollo económico, sus efectos se ven moderados por desigualdades persistentes, segmentación institucional, baja pertinencia formativa y mercados laborales poco dinámicos. Para transformar esta realidad, se requiere avanzar hacia políticas educativas integradas con estrategias productivas de largo plazo, fortaleciendo la calidad, la innovación y la equidad como ejes centrales.

Asimismo, la acelerada transformación tecnológica abre una oportunidad histórica para reconfigurar modelos educativos basados en aprendizaje activo, digitalización y rutas de formación más flexibles. Se recomienda impulsar investigaciones empíricas complementarias que profundicen en retornos educativos por disciplina, impacto de la IA en empleabilidad, y evaluación de políticas públicas bajo criterios de eficiencia y justicia social.

Referencias

- Becker, G. (1964). Human Capital. University of Chicago Press. <https://www.nber.org/books-and-chapters/human-capital-theoretical-and-empirical-analysis-special-reference-education-first-edition>
- Bitar, S. (2019). El futuro del trabajo en América Latina ¿Cómo impactará la digitalización y qué hacer? El Diálogo. <https://www.thedialogue.org/wp-content/uploads/2019/10/FUTURO-DEL-TRABAJO-EN-LA-FINAL.pdf>
- Fauiz, F.M., Min, L.H., & San, P.H. (2024). Bridging educational gaps: a systematic review of transdisciplinary, literacy, numeracy and active learning methods. *Journal of Contemporary Social Science and Education Studies (JOCSES)*, 4(3 (Special Issue), 190–204. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14064668>
- Guo, J. (2025). Internal Migration, Brain Drain, and Public Education. SSRN. <https://ssrn.com/abstract=5272031>
- Kokkinopoulou, E., Vrontis, D., & Thrassou, A. (2025). The impact of education on productivity and externalities of economic development and social welfare: a systematic literature review. *Central European Management Journal*. <https://doi.org/10.1108/cemj-04-2024-0124>
- OECD (2025). Movilidad social y desigualdad en América Latina y el Caribe: Perspectivas desde la educación y las competencias. OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/3557f989-es>
- OECD. (2020). Education at a Glance: Latin America and the Caribbean. https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2020/09/education-at-a-glance-2020_19b01e87/69096873-en.pdf
- Oltulular, S. (2025). Human Capital Dynamics Are the Key to Economic Growth: Source of Value of the Future. *Economies*, 13(8), 235. <https://doi.org/10.3390/economies13080235>

Únete a REDIIIE



¡Únete a la Red Internacional de Investigadores en Educación/International Education Researchers Network (REDIIE-IERN)!

Forma parte de una comunidad global de docentes e investigadores dedicados a la excelencia académica, la innovación educativa y el desarrollo colaborativo en el ámbito de la educación superior transformadora. Antes de unirse a REDIIE, te invitamos a revisar cuidadosamente los requisitos necesarios para integrarte a esta prestigiosa red internacional.

REDIIE es una red internacional que promueve el trabajo colaborativo desde sus principios fundacionales. Por lo mismo, no es un espacio para proyectos individuales o personales, sin vinculación al trabajo colectivo de la red. Si estás de acuerdo con estos principios básicos, te esperamos para construir juntos el futuro de la educación.

Te invitamos a revisar la membresía que mejor se ajuste a tus intereses y necesidades.

