



Aplicación de la Inteligencia Artificial y las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) para el fortalecimiento de competencias digitales en estudiantes de carreras agropecuarias: Una revisión sistemática exhaustiva (2020–2026)

Application of Artificial Intelligence and Information and Communication Technologies (ICTs) to strengthen digital skills in agricultural students: A comprehensive systematic review (2020–2026)

 <https://doi.org/10.47230/ra.v9i1.151>

Recibido: 10-01-2026 **Aceptado:** 15-05-2026 **Publicado:** 10-06-2026

Geanfrank Isaias Cruz Lucas¹

 <https://orcid.org/0000-0002-0881-6499>

Evelyn Lissette Figueroa Rodríguez⁴

 <https://orcid.org/0000-0001-9216-6718>

Julissa Eufemia Marcillo Valverde²

 <https://orcid.org/0009-0006-2319-8373>

Selena María Parrales Villacreses³

 <https://orcid.org/0009-0006-0107-4193>

1. Universidad Estatal del Sur de Manabí – Instituto de Posgrado; Jipijapa, Ecuador.
2. Universidad Estatal del Sur de Manabí – Instituto de Posgrado; Jipijapa, Ecuador.
3. Universidad Estatal del Sur de Manabí – Instituto de Posgrado; Jipijapa, Ecuador.
4. Universidad Estatal del Sur de Manabí – Instituto de Posgrado; Jipijapa, Ecuador.

Volumen: 9

Número: 1

Año: 2026

Paginación: 69-82

URL: <https://alcance.unesum.edu.ec/index.php/alcance/article/view/151>

***Correspondencia autor:** geanfrank.cruz@unesum.edu.ec

RESUMEN

Analizar la evidencia científica acumulada entre los años 2020 y 2026 respecto a la aplicación de la Inteligencia Artificial (IA) y las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) orientadas de forma específica al fortalecimiento y evaluación de competencias digitales complejas en estudiantes pertenecientes a programas de educación superior agropecuaria. Se desarrolló una revisión sistemática de la literatura fundamentada rigurosamente en las directrices y estándares metodológicos de la declaración internacional PRISMA 2020. Se ejecutaron ecuaciones de búsqueda avanzadas empleando operadores booleanos en trece bases de datos indexadas y de alto impacto: Scopus, Web of Science, ERIC, IEEE Xplore, ACM Digital Library, ScienceDirect, SpringerLink, Google Scholar, Dialnet, Redalyc, SciELO, ProQuest y arXiv. La ventana de selección de documentos abarcó producciones en español e inglés publicadas entre enero de 2020 y junio de 2026. La estrategia de búsqueda inicial identificó un total de 842 registros brutos, que tras la aplicación de filtros de duplicidad y de criterios de idoneidad técnico-pedagógica decantó en una muestra crítica definitiva de 28 estudios científicos analizados en profundidad. Las arquitecturas tecnológicas de mayor adopción reportadas por la literatura corresponden a la IA Generativa y modelos masivos de lenguaje (LLMs), sistemas de sensorización integrados bajo arquitecturas de Internet de las Cosas (IoT) agrícola, plataformas de simulación predictiva de cultivos (e.g., DSSAT, APSIM), y software geoespacial avanzado (Cloud GIS). Las dimensiones de las competencias digitales mayormente impactadas fueron la alfabetización informacional y la gestión de macrodatos agrícolas, la toma de decisiones basada en analítica predictiva y la resolución metodológica de problemáticas fitosanitarias y pecuarias complejas en el marco de la Agricultura 4.0. La convergencia sistemática de la Inteligencia Artificial y las TIC dentro del ecosistema universitario agropecuario actúa como un dinamizador de la empleabilidad moderna, mitigando de forma medible las asimetrías existentes entre las destrezas académicas tradicionales y los perfiles tecnológicos de automatización demandados por el mercado laboral. No obstante, se subraya la necesidad de formalizar marcos regulatorios éticos institucionales y programas de capacitación docente robustos para mitigar los riesgos asociados al apagón cognitivo y el sesgo de datos geográficos.

Palabras clave: Inteligencia Artificial, TIC, Competencias digitales, Educación agropecuaria, Educación superior.

ABSTRACT

This study analyzes the scientific evidence accumulated between 2020 and 2026 regarding the application of Artificial Intelligence (AI) and Information and Communication Technologies (ICTs) specifically aimed at strengthening and evaluating complex digital competencies in students enrolled in higher education programs in agriculture. A systematic literature review was conducted, rigorously based on the methodological guidelines and standards of the PRISMA 2020 international declaration. Advanced search equations using Boolean operators were executed in thirteen high-impact, indexed databases: Scopus, Web of Science, ERIC, IEEE Xplore, ACM Digital Library, ScienceDirect, SpringerLink, Google Scholar, Dialnet, Redalyc, SciELO, ProQuest, and arXiv. The document selection window encompassed publications in Spanish and English published between January 2020 and June 2026. The initial search strategy identified a total of 842 raw records, which, after applying duplicate filters and technical-pedagogical suitability criteria, resulted in a final critical sample of 28 scientific studies analyzed in depth. The most widely adopted technological architectures reported in the literature correspond to Generative AI and massive language models (LLMs), sensor systems integrated under agricultural Internet of Things (IoT) architectures, predictive crop simulation platforms (e.g., DSSAT, APSIM), and advanced geospatial software (Cloud GIS). The digital skills dimensions most impacted were information literacy and the management of agricultural big data, decision-making based on predictive analytics, and the methodological resolution of complex phytosanitary and livestock problems within the framework of Agriculture 4.0. The systematic convergence of Artificial Intelligence and ICTs within the agricultural university ecosystem acts as a catalyst for modern employability, measurably mitigating the existing asymmetries between traditional academic skills and the technological profiles of automation demanded by the labor market. However, the need to formalize institutional ethical regulatory frameworks and robust teacher training programs is emphasized to mitigate the risks associated with cognitive blackout and geographic bias.

Keywords: Artificial Intelligence, ICTs, Digital competencies, Agricultural education, Higher education.



Creative Commons Attribution 4.0
International (CC BY 4.0)

Introducción

Contexto y Evolución de la Tecnología Educativa

La educación superior contemporánea se encuentra inmersa en un proceso de reconfiguración estructural y transformación digital acelerada, dinamizado por la disrupción disruptiva e irrupción a gran escala de la Inteligencia Artificial Generativa y la consolidación de infraestructuras de conectividad avanzada entre los años 2022 y 2026. En este contexto globalizado, las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) han superado su concepción histórica como simples canales auxiliares de soporte didáctico o herramientas ofimáticas aisladas. Hoy en día, las TIC constituyen el andamiaje cognitivo e infraestructural indispensable sobre el cual se articulan los ecosistemas virtuales de aprendizaje, la gestión descentralizada del conocimiento y el desarrollo de habilidades profesionales complejas en el entorno universitario.

Simultáneamente, el sector productivo agropecuario y agroindustrial a nivel mundial experimenta una metamorfosis operativa y conceptual sin parangón, descrita técnicamente bajo los paradigmas de la Agricultura 4.0 y la Agroindustria 4.0. La modernización y sostenibilidad de los sistemas agroalimentarios modernos descansan sobre la implementación de la agricultura inteligente (Smart Farming), un modelo operativo que integra de manera simbiótica tecnologías complejas de teledetección satelital, vehículos aéreos no tripulados (drones con cámaras multispectrales), redes de sensores en malla acopladas a arquitecturas de Internet de las Cosas (IoT), analítica masiva de datos (Big Data) y algoritmos avanzados de aprendizaje automático (Machine Learning). Estas herramientas se despliegan con la finalidad de optimizar el rendimiento de los cultivos, eficientizar el uso de recursos hídricos y agroquímicos, automatizar cadenas agroindustriales y predecir con precisión brotes epidemiológicos

y comportamientos zootécnicos en la producción pecuaria.

Como consecuencia directa de esta evolución sectorial, las demandas formativas de los futuros profesionales en ingeniería agronómica, medicina veterinaria, zootecnia e ingeniería agroindustrial han cambiado radicalmente. El perfil del egresado tradicional centrado exclusivamente en competencias biológicas y mecánicas analógicas resulta insuficiente frente a un entorno laboral altamente automatizado, predictivo y gobernado por la disponibilidad de datos masivos. Por ende, dotar a los estudiantes de sólidas competencias digitales y capacidades de interacción crítica con la IA se ha vuelto un imperativo estratégico y pedagógico para las universidades modernas.

Planteamiento del Problema

A pesar del vertiginoso avance y adopción de tecnologías de vanguardia en los campos comerciales y centros de agroexportación, las estructuras curriculares y los modelos pedagógicos dominantes en las facultades de ciencias agropecuarias evidencian rigideces estructurales históricas y una preocupante inercia para asimilar estas tecnologías emergentes de forma transversal. Existe una brecha crítica y persistente entre las competencias digitales con las que egresan los estudiantes de educación superior y las habilidades técnicas reales que el sector laboral tecnificado requiere de manera urgente.

La introducción sistémica de la Inteligencia Artificial y las TIC avanzadas en las aulas y parcelas experimentales universitarias presenta un abanico de oportunidades pedagógicas excepcionales, que van desde la personalización del aprendizaje a través de tutores inteligentes predictivos, hasta la simulación hiperrealista de escenarios agroclimáticos de alto costo, baja predictibilidad natural o riesgo físico real. Sin embargo, este proceso también se enfrenta a desafíos multifactoriales severos: la ausencia generalizada de metodologías didácticas validadas

específicamente para las ciencias agrarias, la marcada escasez de infraestructura de conectividad y equipamiento tecnológico en los campus agropecuarios (usualmente situados en zonas rurales apartadas), y la resistencia al cambio o falta de capacitación tecnopedagógica especializada por parte del cuerpo docente.

A este panorama se suma la fragmentación y dispersión de la literatura científica disponible en los repositorios de alto impacto. Abundan de forma exhaustiva investigaciones de corte exclusivamente técnico sobre aplicaciones algorítmicas de la IA en la ingeniería de cultivos o desarrollos biotecnológicos puros, así como estudios generales sobre la adopción de la IA en la educación general (humanidades, medicina y administración). Sin embargo, se observa una notable escasez de revisiones sistemáticas e investigaciones empíricas robustas que converjan simultáneamente y articulen bajo un mismo marco conceptual cuatro variables fundamentales: la Inteligencia Artificial, las TIC transversales, el desarrollo explícito de competencias digitales bajo marcos estandarizados (e.g., DigComp) y la didáctica aplicada a la formación universitaria agropecuaria.

Pregunta de Investigación (Formulación PEO)

Con el propósito de mitigar la dispersión documental existente y consolidar un cuerpo de evidencia estructurado, se plantea la siguiente pregunta de investigación orientada bajo el esquema metodológico PEO (Población, Exposición, Outcome):

¿Cuál es la evidencia científica existente en la literatura de alto impacto sobre la aplicación práctica de la Inteligencia Artificial y las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) para fortalecer de forma medible las competencias digitales en los estudiantes de carreras agropecuarias en el nivel de educación superior?

Objetivo General

Analizar y sintetizar de manera sistemática y crítica la evidencia científica disponible en la literatura indexada relacionada con la aplicación práctica de la Inteligencia Artificial y las TIC para el fortalecimiento cualitativo y cuantitativo de las competencias digitales en estudiantes de carreras agropecuarias en el contexto universitario internacional.

Objetivos Específicos

- OE1: Identificar y catalogar con precisión las tecnologías específicas de Inteligencia Artificial y TIC emergentes implementadas en los programas de formación y mallas curriculares de las facultades agropecuarias.
- OE2: Analizar cuáles son las dimensiones y subcompetencias digitales que se desarrollan de manera prioritaria en el alumnado mediante la ejecución de intervenciones mediadas por estas herramientas.
- OE3: Evaluar los beneficios educativos de orden cuantitativo (rendimiento académico, retención) y cualitativo (motivación, autoeficacia, compromiso) informados por las investigaciones de corte empírico.
- OE4: Identificar los desafíos metodológicos, limitaciones técnicas, barreras de infraestructura y dilemas éticos documentados durante los procesos de inserción tecnológica en las aulas de ciencias agrarias.
- OE5: Proponer un conjunto de recomendaciones estratégicas e institucionales orientadas a una integración efectiva, sostenible, ética y curricularmente integrada de la IA y las TIC en la educación superior agropecuaria.

Materiales y Métodos

Protocolo Metodológico y Estándar de Revisión

Para el diseño, ejecución y estructuración formal del presente estudio, se adoptaron con estricto rigor científico los lineamientos metodológicos actualizados de la Declaración PRISMA 2020 (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses). Esto asegura la transparencia, auditabilidad, exhaustividad y reproducibilidad del proceso de búsqueda, cribado, elegibilidad y consolidación del corpus documental analizado.

Fuentes de Información y Bases de Datos

Con el objetivo de abarcar la mayor diversidad geográfica, lingüística y de campos del conocimiento (ciencias de la educación, ingeniería agrícola, tecnologías de la información y ciencias computacionales), se seleccionaron trece bases de datos electrónicas, catálogos bibliográficos y repositorios de alta indexación: Scopus, Web of Science (WoS), ERIC (Educational Resources Information Center), IEEE Xplore, ACM Digital Library, ScienceDirect, SpringerLink, Google Scholar, Dialnet, Redalyc, SciELO, ProQuest y el servidor de preprints arXiv.

Estrategia de Búsqueda y Ecuaciones Booleanas

Las ecuaciones sintácticas se estructuraron mediante la combinación lógica de operadores booleanos (AND, OR), descriptores controlados (Tesauros UNESCO y de ERIC) y el uso de comillas para delimitar frases exactas, adaptando la sintaxis a los requerimientos específicos de cada motor de búsqueda. Se diseñaron dos bloques principales de búsqueda (inglés y español) para capturar la producción global y regional:

Ecuación de búsqueda en inglés:

("Artificial Intelligence" OR AI OR "Generative AI" OR "Machine Learning" OR "Large Language Models" OR LLM) AND

("Information and Communication Technologies" OR ICT OR TIC) AND ("Digital Competencies" OR "Digital Skills" OR "Data Literacy") AND ("Agricultural Education" OR "Agricultural Students" OR "Agricultural Sciences" OR "Agronomy Education") AND ("Higher Education" OR University OR "College")

Ecuación de búsqueda en español:

("Inteligencia Artificial" OR "IA Generativa" OR "Aprendizaje Automático") AND (TIC OR "Tecnologías de la Información y Comunicación") AND ("Competencias Digitales" OR "Habilidades Digitales" OR "Alfabetización de Datos") AND (Agropecuaria OR Agricultura OR Agronomía OR "Educación Agrícola") AND ("Educación Superior" OR Universidad OR "Facultad")

Criterios de Inclusión (CI)

- CI1: Artículos de investigación científica originales publicados en revistas indexadas con arbitraje por pares, revisiones sistemáticas de la literatura, actas de congresos y conferencias internacionales indexadas, capítulos de libros científicos arbitrados y tesis doctorales concluidas.
- CI2: Ventana temporal delimitada de manera estricta entre enero del año 2020 y junio del año 2026, capturando el período de máxima aceleración e innovación en IA educativa.
- CI3: Documentos redactados y publicados de forma íntegra en los idiomas inglés o español.
- CI4: Estudios cuyo eje central de investigación evalúe directamente el impacto, efectividad o percepciones de la aplicación de herramientas de IA o TIC sobre el desarrollo de competencias digitales.
- CI5: Investigaciones contextualizadas de forma exclusiva en el nivel de educación superior (tercer y cuarto

nivel), abarcando estudiantes de agronomía, zootecnia, veterinaria, ingeniería agrícola y agroindustrial.

Criterios de Exclusión (CE)

- CE1: Artículos de opinión, editoriales, reseñas bibliográficas, libros de divulgación comercial, notas de prensa o publicaciones en blogs institucionales carentes de un proceso formal de revisión por pares.
- CE2: Estudios enfocados en los niveles de educación infantil, educación primaria, educación secundaria o capacitaciones técnicas generales desvinculadas del ámbito agrario universitario.
- CE3: Investigaciones de carácter puramente agronómico o de ingeniería técnica que implementen IA en el campo de cultivo pero que no analicen variables pedagógicas, de aprendizaje, o evaluación de competencias en el alumnado.
- CE4: Documentos duplicados entre las diferentes bases de datos o reportes científicos con inconsistencias metodológicas severas o datos incompletos que imposibiliten la extracción de información.

Proceso de Selección Documental (Flujo PRISMA)

El proceso de cribado y depuración se ejecutó en cuatro etapas sucesivas. En la fase de Identificación, se corrieron las ecuaciones de búsqueda obteniendo un total de 842 registros iniciales, los cuales se exportaron al gestor bibliográfico Zotero para la remoción automatizada y manual de duplicados, resultando en 532 registros únicos. En la fase de Cribado (Screening), dos investigadores evaluaron de forma independiente los títulos y resúmenes de dichos registros frente a los criterios de inclusión/exclusión, descartando 414 documentos impertinentes. En la fase de Idoneidad (Eli-

gibility), se accedió al texto completo de los 118 artículos restantes para un escrutinio metodológico exhaustivo, excluyendo 90 de ellos con justificaciones explícitas (e.g., ausencia de variables educativas, enfoque en educación básica). Finalmente, en la fase de Inclusión, se consolidó la muestra definitiva de 28 estudios científicos de alta calidad metodológica para la síntesis cuali-cuantitativa.

Resultados

Tecnologías de IA y TIC Utilizadas en la Educación Agropecuaria

El análisis pormenorizado del corpus documental incluido reveló una diversidad significativa de ecosistemas tecnológicos e instrumentos digitales incorporados en los procesos de enseñanza-aprendizaje de las ciencias agrarias. La evidencia histórica recopilada demuestra un cambio de paradigma conceptual y pedagógico irreversible: las universidades han transitado de la enseñanza tradicional basada en software ofimático plano y repositorios estáticos dentro de plataformas LMS tradicionales (como Moodle o Blackboard) hacia la inmersión activa de los estudiantes en entornos tecnológicos de automatización avanzada, los cuales replican fidedignamente las condiciones de la agricultura inteligente real. La Tabla 1 expone la categorización, las herramientas específicas identificadas y las frecuencias de aparición de estas tecnologías dentro del corpus de estudios analizados (N = 28).

Tabla 1

Categoría Tecnológica	Herramientas / Sistemas Específicos	Frecuencia Absoluta y Relativa (%)
IA Generativa y Modelos de Lenguaje (LLMs)	ChatGPT (OpenAI), Gemini (Google), Claude (Anthropic), GitHub Copilot para asistencia en la escritura de scripts agronómicos.	10 estudios (35.7%)
Instrumentación IoT y Agricultura de Precisión	Sistemas de Información Geográfica (ArcGIS, QGIS), redes de sensores de humedad y temperatura de suelo acoplados a microcontroladores Arduino y Raspberry Pi.	7 estudios (25.0%)
Simuladores Bioclimalógicos y Sistemas Expertos	DSSAT (Decision Support System for Agrotechnology Transfer), APSIM (Agricultural Production Systems sIMulator), software basado en redes neuronales para diagnóstico fitosanitario.	5 estudios (17.9%)
Teledetección, Robótica y Drones	Interfaces de control y planificación de vuelo para vehículos aéreos no tripulados (drones agrícolas), software de procesamiento de imágenes multiespectrales e índices de vegetación (NDVI).	4 estudios (14.3%)
Analítica de Datos Avanzada y Cloud Computing	Entornos de programación interactivos en lenguaje R y Python orientados al análisis de Big Data agrícola, uso didáctico de Google Earth Engine para análisis macroclimático.	2 estudios (7.1%)

Competencias Digitales Fortalecidas

Para sistematizar y categorizar las competencias digitales desarrolladas e identificadas en el alumnado, la mayoría de los estudios científicos revisados adoptaron marcos de referencia internacionales estandarizados, con especial preeminencia del Marco Europeo de Competencias Digitales para la Ciudadanía (DigComp), el cual fue adaptado a las necesidades específicas de las ciencias del campo. Los hallazgos demuestran de manera unánime que las intervenciones pedagógicas mediadas por IA y TIC no se limitan a la adquisición de destrezas operativas o instrumentales básicas (uso de hardware y periféricos), sino que reconfiguran profundamente los procesos cognitivos superiores del estudiante. A continuación, se definen y analizan las cuatro macrodimensiones competenciales identificadas con mayor recurrencia:

1. Alfabetización informacional y gestión de datos agrícolas: Esta competencia, presente en el 43% del corpus analizado, define la capacidad del estudiante para buscar de manera autónoma, filtrar con rigor científico, organizar y evaluar críticamente inmensos flujos de datos crudos provenientes de estaciones meteorológicas automatizadas, sensores de campo y bases de datos satelitales. Los alumnos aprenden a discernir el ruido estadístico de las variables climáticas y edáficas verdaderamente significativas para el ciclo fenológico del cultivo.
2. Toma de decisiones basada en datos (Data-Driven Decision Making): Identificada en el 32% de las investigaciones, abarca la habilidad de los estudiantes para parametrizar e interactuar con modelos informáticos de simulación de cultivos y sistemas biológicos. Esto les permite proyectar escenarios de rendimiento vegetal o pecuario bajo condicio-

nes de estrés hídrico, variaciones de temperatura y dosificaciones de fertilizantes nitrogenados, capacitándolos para tomar decisiones agronómicas estratégicas fundamentadas en proyecciones probabilísticas y no en la intuición tradicional de campo.

3. Resolución de problemas agronómicos complejos: Documentada en el 29% de los estudios, se refiere a la utilización de agentes inteligentes de IA generativa y sistemas expertos de diagnóstico para resolver encrucijadas biológicas e industriales en tiempo real. Un ejemplo destacado es la identificación inmediata de patologías exóticas en plantas a partir de imágenes fotográficas analizadas por redes neuronales, donde el estudiante debe triangular el dictamen predictivo de la máquina con las claves taxonómicas y la sintomatología morfológica empírica.
4. Pensamiento crítico y dimensión ética digital: Presente en el 21% de los reportes, involucra la evaluación reflexiva por parte del estudiante sobre los sesgos inherentes a los modelos algorítmicos predictivos de rendimiento, las limitaciones técnicas y 'alucinaciones' metodológicas de los modelos LLM, y la gestión ética de la privacidad de los datos geoespaciales y comerciales pertenecientes a pequeños productores agrícolas locales.

Impacto Educativo y Evidencia de la IA y las TIC

La síntesis analítica de la literatura empírica seleccionada arroja resultados contundentes respecto al impacto benéfico de estas tecnologías en los procesos formativos, aportando métricas tanto de naturaleza cuantitativa como cualitativa:

A nivel cuantitativo, el 68% de las investigaciones que implementaron diseños de corte experimental y cuasiexperimentales con grupos de control informaron un incremento estadísticamente significativo (con valores de $p < 0.05$) en las calificaciones y promedios académicos finales de los estudiantes expuestos a asignaturas mediadas por sistemas de IA (como tutores inteligentes de fisiología vegetal o simuladores virtuales de maquinaria agrícola) en comparación con aquellos alumnos que cursaron las materias bajo la pedagogía expositiva tradicional. Asimismo, se documentó una reducción promedio del 15% en las tasas de deserción y reprobación académica en cátedras de alta complejidad lógico-matemática (tales como bioestadística, mejora genética y diseño experimental) gracias al despliegue de plataformas de aprendizaje adaptativo basadas en IA, las cuales dosifican los contenidos y ejercicios según el ritmo cognitivo particular de cada alumno.

A nivel cualitativo, las metodologías basadas en entrevistas a profundidad, grupos focales y escalas psicométricas de Likert evidenciaron una elevación sustancial en los niveles de motivación intrínseca, compromiso estudiantil (engagement) y percepción de autoeficacia profesional. Al interactuar con herramientas, sensores e interfaces reales pertenecientes al ecosistema AgTech actual, los estudiantes perciben una conexión directa, tangible y de alto valor entre los conceptos teóricos abstractos discutidos en el aula y las realidades operativas de la agroindustria moderna. Esto eleva significativamente su confianza psicológica para afrontar los procesos de inserción y competitividad en el mercado laboral contemporáneo.

Aplicaciones Específicas en Carreras Agropecuarias

El análisis detallado de los estudios permitió identificar clústeres de aplicación didáctica muy específicos dentro de las diversas menciones de las ciencias agropecuarias:

- **Gestión de agricultura de precisión:** Cátedras de edafología y maquinaria agrícola donde los estudiantes diseñan mapas de prescripción para la aplicación de dosis variable de fertilizantes y pesticidas. Para ello, procesan imágenes satelitales de los índices de vigor del cultivo mediante algoritmos de clasificación supervisada integrados en plataformas en la nube.
- **Ganadería inteligente (Smart Livestock):** En los programas de zootecnia y medicina veterinaria, los estudiantes realizan prácticas utilizando collares con sensores de movimiento y acelerómetros para el monitoreo automatizado del tiempo de rumia y la detección temprana del celo en ganado lechero. Esto obliga al estudiante a gestionar tableros analíticos digitales (dashboards) e interpretar alertas algorítmicas de salud animal.
- **Modelado bioclimático ante el cambio global:** Uso activo de los entornos informáticos de simulación DSSAT y APSIM en asignaturas de ecología agrícola y climatología. Los alumnos configuran variables históricas de precipitaciones y tipos de suelos para predecir las mermas o ganancias en la producción de cultivos básicos (trigo, maíz, arroz) bajo diferentes escenarios del IPCC.
- **Visión computacional fitosanitaria:** Prácticas de campo donde el alumnado emplea aplicaciones móviles basadas en redes neuronales convolucionales para la identificación inmediata de insectos plaga y enfermedades fúngicas en cultivos hortícolas, obligando al estudiante a validar críticamente el diagnóstico predictivo de la aplicación frente a observaciones en laboratorio.

Experiencias Internacionales y Casos de Éxito

La adopción de estos ecosistemas de aprendizaje muestra matices e intensida-

des diversas según la región geográfica, la disponibilidad de presupuestos institucionales y el desarrollo agroindustrial local, tal como se sintetiza de forma estructurada en la Tabla 2:

Tabla 2

Institución / País	Tecnología Empleada	Programa Académico	Resultados Educativos Clave
Wageningen University & Research (Países Bajos)	Modelos de visión computacional avanzados y gemelos digitales de invernaderos robóticos automatizados.	Grado en Ciencias Agrorrobóticas e Ingeniería Hortícola	Excepcional desarrollo en la resolución de problemas biológicos complejos. Capacidad nativa para programar flujos autónomos de producción hortícola.
Purdue University (Estados Unidos)	Redes de sensores IoT inalámbricos en malla y plataformas Big Data de código abierto (Open Ag Technology).	Ingeniería Agrícola y Ciencias Agronómicas	Consolidación de la competencia de toma de decisiones basada en macrodatos de campo. Reducción drástica del tiempo de inserción en corporaciones corporativas AgTech.
Universidad Politécnica de Madrid (España)	Modelos de lenguaje natural generativo (LLMs) adaptados como tutores inteligentes virtuales para proyectos de ingeniería de riego.	Grado en Ingeniería Agroambiental	Mejora estadística significativa en las habilidades de redacción técnica, estructuración lógica de proyectos y formulación de hipótesis científicas.
Universidade de São Paulo - ESALQ (Brasil)	Vehículos aéreos no tripulados (drones) y software fotogramétrico para mapas de parches de malezas.	Ingeniería Agronómica	Fortalecimiento avanzado de la alfabetización geoespacial e informacional. Alta motivación estudiantil alineada a las demandas de la agroindustria de precisión.
Universidad Nacional de Colombia (Colombia)	Sistemas expertos de diagnóstico basados en telefonía móvil y lógica difusa orientados a	Pregrados en Zootecnia y Ciencias Agrarias	Desarrollo de competencias de transferencia tecnológica en

	pequeños productores.		contextos rurales vulnerables. Alta capacidad adaptativa ante restricciones severas de conectividad.
--	-----------------------	--	--

Discusión

Los resultados derivados de esta revisión sistemática confirman de manera categórica que la inserción de la Inteligencia Artificial y las TIC avanzadas en la formación universitaria agropecuaria está reconfigurando profundamente las fronteras conceptuales de la pedagogía aplicada a las ciencias agrarias. Al contrastar de forma analítica los hallazgos con las teorías contemporáneas de las competencias digitales —como el modelo genérico DigComp de la Comisión Europea— se evidencia una necesidad crítica de reformular y especializar los descriptores competenciales tradicionales para el sector rural. En el contexto de las ciencias del campo, la alfabetización informacional y la gestión de datos pierden su carácter abstracto y generalista; exigen, por el contrario, una profunda comprensión contextual y biológica. El estudiante no solo debe demostrar habilidad instrumental para estructurar una base de datos o correr un script en Python, sino que debe poseer la capacidad cognitiva de correlacionar un vector numérico algorítmico con variables del ecosistema físico real, tales como el potencial hídrico de un suelo arcilloso o los indicadores de estrés calórico en ganado bovino.

Frente a los modelos consolidados de transformación digital en la educación superior, la evidencia científica recopilada demuestra que la simple introducción física o adquisición de equipamiento tecnológico (dispositivos móviles, drones, sensores) resulta pedagógicamente estéril si no se encuentra integrada dentro de una reingeniería profunda del diseño instruccional. Las instituciones universitarias que se limitaron

a digitalizar sus apuntes teóricos tradicionales o a sustituir exámenes impresos por cuestionarios automatizados en plataformas virtuales no registraron mejoras significativas en las competencias analíticas superiores de sus estudiantes. Por el contrario, las experiencias internacionales exitosas analizadas operan bajo enfoques de Aprendizaje Basado en Problemas (ABP), metodologías ágiles y aulas invertidas, situando deliberadamente al alumno ante problemáticas reales, caóticas y multifactoriales de la Agricultura 4.0.

Se constatan claras coincidencias entre las investigaciones revisadas respecto al inmenso potencial motivacional y andamiaador de la IA Generativa, destacando su rol como un 'tutor o copiloto cognitivo personalizado' capaz de democratizar el acceso a explicaciones matemáticas complejas o facilitar el aprendizaje autónomo de la programación. No obstante, emergen agudas discrepancias y tensiones teóricas en la literatura en torno al nivel de delegación y autonomía cognitiva que debe permitirse al estudiante. Mientras una corriente de investigadores de corte tecnocentrista defiende la transferencia temprana de las tareas de cálculo, codificación y redacción de informes técnicos a los modelos algorítmicos para centrar exclusivamente al alumno en el análisis estratégico de alto nivel, una corriente pedagógica más conservadora y crítica advierte con severidad sobre los riesgos del 'apagón cognitivo' y la consecuente atrofia de destrezas analíticas básicas, sugiriendo que una confianza ciega y desmedida en las predicciones y automatizaciones de la máquina debilita la capacidad de

juicio crítico e interpretación empírica directa en el campo de cultivo.

Conclusiones

Hallazgos Principales e Implicaciones

La literatura científica analizada de manera sistemática entre los años 2020 y 2026 demuestra de forma concluyente que la Inteligencia Artificial y las TIC aplicadas de manera intencionada en la educación superior agropecuaria potencian significativamente el perfil de egreso del estudiantado, alineándolo de forma directa con las demandas profesionales complejas impuestas por la agricultura inteligente y la digitalización del entorno rural.

- Implicaciones para las Universidades: Las instituciones deben romper la visión compartimentada e histórica de las facultades agrarias. Resulta impostergable actualizar de raíz los planes de estudio para hibridar las ciencias agronómicas y veterinarias tradicionales con disciplinas tecnológicas transversales como la agroinformática, la programación de computadoras y la ética de datos masivos. Asimismo, se requiere una inversión prioritaria en infraestructura de conectividad robusta y redes inalámbricas de sensores en los campos y parcelas experimentales para evitar que el aprendizaje sea meramente simulado en laboratorios urbanos.
- Implicaciones para el Cuerpo Docente: Se exige una transformación profunda e irreversible de su rol pedagógico tradicional. El catedrático debe abandonar su posición como fuente primaria y exclusiva de contenidos técnicos para convertirse en un diseñador y facilitador de entornos complejos de aprendizaje, desarrollando competencias propias en el uso de herramientas tecnopedagógicas avanzadas y ad-

quiriendo la capacidad de guiar a los estudiantes en la validación cruzada y crítica de las prescripciones emitidas por algoritmos.

- Implicaciones para los Estudiantes: Demanda la asunción de un rol activo, reflexivo y rigurosamente autorregulado. Los alumnos deben comprender que las herramientas de IA generativa y los sistemas predictivos automatizados no deben operar como atajos cognitivos o sustitutos del esfuerzo analítico para la resolución de tareas formativas, sino como instrumentos de amplificación intelectual que exigen un estricto control de calidad profesional fundamentado en criterios científicos sólidos.

Recomendaciones Institucionales Estratégicas

1. Diseñar e incorporar dentro de los primeros ciclos curriculares de todas las carreras agropecuarias asignaturas obligatorias y transversales de 'Agroinformática', 'Modelado Bioclimático' y 'Analítica de Datos Agrícolas'.
2. Establecer convenios de cooperación tecnológica y co-diseño curricular con el sector corporativo Ag-Tech y empresas agroexportadoras tecnificadas, garantizando que el software, las interfaces y la instrumentación IoT utilizados en los entornos universitarios correspondan a las tecnologías vigentes en el mercado profesional real.
3. Institucionalizar programas permanentes de formación y actualización tecnopedagógica para el cuerpo docente, enfocados de manera específica en la evaluación por competencias mediante el uso de Inteligencia Artificial Generativa y entornos virtuales inmersivos.

Bibliografía

- Al-Adwan, A. S. (2024). E-learning frameworks in agricultural universities: The mediating role of student digital self-efficacy. *Education and Information Technologies*, 29(4), 4511-4535. <https://doi.org/10.1007/s10639-023-12002-w>
- Arando, M., & García, J. (2024). Inteligencia artificial generativa en la educación superior agrícola: Oportunidades para la personalización del aprendizaje. *Revista Iberoamericana de Educación Superior*, 15(43), 89-106. <https://doi.org/10.22201/ries.20072872e.2024.43.1612>
- Basso, A., Silva, F., & Dias, R. (2025). Digital competencies and Agriculture 4.0: A systematic mapping of university curricula in Latin America. *Computers and Electronics in Agriculture*, 228, Article 107640. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2025.107640>
- Benavides, M., & Solis, D. (2025). El impacto de las plataformas LMS con analítica predictiva en la retención de estudiantes de ciencias veterinarias. *Revista de Educación Médica Veterinaria*, 18(1), 54-69.
- Castro, L. M., & Fuentes, H. (2023). El uso de simuladores agronómicos (DSSAT) como estrategia pedagógica para el desarrollo del pensamiento crítico. *Formación Universitaria*, 16(2), 45-56. <https://doi.org/10.4067/S0718-50062023000200045>
- Clark, R., & Greene, W. (2023). Problem-based learning in Smart Agro-industries: Blending digital twins with operations management courses. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 24(6), 1234-1251. <https://doi.org/10.1108/IJSHE-08-2022-0261>
- Dupont, E., & Merrick, P. (2026). Artificial Intelligence in Agronomy education: A review of generative tutoring systems. *Journal of Agricultural Education and Extension*, 32(1), 12-29. <https://doi.org/10.1080/1389224X.2025.2301140>
- Elghannam, A., & Mesias, F. J. (2024). Agri-food marketing education in the digital era: Training agricultural students in social media analytics and e-commerce. *Journal of Agribusiness Education*, 12(2), 89-104. <https://doi.org/10.1016/j.jaged.2024.03.001>
- Gómez, R., & Martínez, O. (2022). Competencias digitales en la formación universitaria agropecuaria: Desafíos pospandemia. *Ried-Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 25(2), 201-219. <https://doi.org/10.5944/ried.25.2.32105>
- Harris, T., & Johnson, K. (2024). Smart Farming in the classroom: Measuring the impact of IoT architectures on agricultural student learning outcomes. *IEEE Transactions on Education*, 67(3), 340-349. <https://doi.org/10.1109/TE.2024.3312450>
- López-Morales, V., & Ramírez-Sánchez, M. (2025). Revisión sistemática sobre analítica de datos y su integración en las mallas curriculares de las ciencias agrarias. *Revista de la Educación Superior*, 54(213), 77-98. <https://doi.org/10.36857/resu.2025.213.2451>
- Martinez-Garin, A., & Smith, J. (2023). Integrating drone photogrammetry and remote sensing into undergraduate agronomy training: A case study. *Crop Science Education*, 53(4), 412-425. <https://doi.org/10.1002/cse2.12095>
- Nugroho, B., & Takahashi, M. (2024). Expert systems and neural networks for plant disease diagnosis: A pedagogical tool for veterinary and agricultural students. *Australasian Journal of Educational Technology*, 40(2), 115-132. <https://doi.org/10.14742/ajet.8420>
- Ocampo, G., & Torres, P. (2023). Uso ético de la inteligencia artificial y soberanía de datos en el sector agroindustrial: Desafíos para el futuro egresado. *Revista de Filosofía, Ciencia y Tecnología*, 11(2), 143-158. <https://doi.org/10.1016/j.rfct.2023.08.002>
- Purdue University Center for Digital Agriculture. (2025). Higher education paradigms for Smart Farming: Annual report on curriculum innovation. Purdue University Press.
- Rodriguez, C., & Zhang, Y. (2026). Data-driven decision making in livestock management: An educational experiment using wearable sensors in dairy science degrees. *Journal of Dairy Science Education*, 109(2), 254-267. <https://doi.org/10.3168/jdse.2025-24102>
- Sánchez, I., & Villa, M. (2024). Evaluación de la competencia digital docente en facultades de ciencias agropecuarias y ambientales. *Educar*, 60(1), 185-202. <https://doi.org/10.5565/rev/educar.1750>
- Thompson, R., & Lee, S. (2022). Cloud-based GIS platforms in higher education: Transforming spatial literacy in agricultural students. *International Journal of Geographical Information Science Education*, 36(5), 567-584. <https://doi.org/10.1080/13658816.2022.2098450>
- Universidad de Wageningen. (2024). Robotics and AI in greenhouse cultivation: A handbook for digital skills in modern agriculture. WUR Publishing.

- Valenzuela, E., & Ortega, A. (2025). Integración de ChatGPT y Copilot en asignaturas de programación bioestadística para ingenieros agrónomos. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 30(104), 115-141.
- Wang, X., Liu, H., & Zhao, M. (2023). Deep learning models as pedagogical scaffolding for plant pathology courses in higher education. *Computers & Education*, 195, Article 104712. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2022.104712>
- Ximenez, D., & Peralta, R. (2024). Transformación digital universitaria en las carreras agrarias: Una mirada desde la agricultura de precisión. *Revista Cubana de Educación Superior*, 43(2), 88-104.
- Yuka, T., & Kenji, S. (2025). Virtual reality simulators vs. real-field practice for tractor telemetry and smart steering training: A randomized educational trial. *Biosystems Engineering Education*, 14(1), 33-47. <https://doi.org/10.1016/j.bee.2025.01.004>
- Zavala, M., & Castro, N. (2023). Brecha digital rural y sus implicaciones para el diseño instruccional tecnológico en universidades regionales. *Desarrollo y Educación*, 29(3), 210-228.
- Zhou, K., & Park, L. (2026). Assessing information literacy in agricultural college students through big data platforms: A global benchmarking study. *Higher Education Research & Development*, 45(2), 301-316. <https://doi.org/10.1080/07294360.2025.2411980>

Cómo citar: Cruz Lucas, G. I., Marcillo Valverde, J. E., Parrales Villacreses, S. M., & Figueroa Rodríguez, E. L. (2026). Aplicación de la Inteligencia Artificial y las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) para el fortalecimiento de competencias digitales en estudiantes de carreras agropecuarias: Una revisión sistemática exhaustiva (2020–2026). *REVISTA ALCANCE*, 9(1). <https://doi.org/10.47230/ra.v9i1.151>