

INTELIGENCIA ARTIFICIAL

V I S I O N E S
INTERDISCIPLINARIAS
Y TRANSDISCIPLINARIAS

Editores

Jorge E. Sagula

José Alfredo Castellanos Suárez



INTELIGENCIA ARTIFICIAL

V I S I O N E S INTERDISCIPLINARIAS Y TRANSDISCIPLINARIAS

EDITORES

Jorge E. Sagula

José Alfredo Castellanos Suárez

COMPILADOR

Jorge E. Sagula

AUTORES

José Alfredo Castellanos Suárez, Cinthya Guadalupe Molina López, Teresa Figueroa Barrios, Gustavo D. Tripodi, Luis Tonatihu Castellanos Serrano, María Victoria Gómez Águila, Fernando Salinas Paniagua, Gloria Lucía Camargo Millán, Leonardo Roberto Flores Pérez, Humberta Gloria Calyecac Cortero, Lourdes Monserrat Caba Ríos, Rafael Lorenzo Martín, Rafael Melgarejo Heredia, Maurice J. Soullier, Jorge E. Sagula.

©RED IBEROAMERICANA DE ACADEMIAS DE INVESTIGACIÓN A.C. 2026

EDITA: RED IBEROAMERICANA DE ACADEMIAS DE INVESTIGACIÓN A.C.
DUBLÍN 34, FRACCIONAMIENTO MONTE MAGNO
C.P. 91190. XALAPA, VERACRUZ, MÉXICO.

CEL 2282386072

www.redibai.org

redibai@hotmail.com

Sello editorial: Red Iberoamericana de Academias de Investigación,
A.C. (978-607-5893)

Primera Edición, Xalapa, Veracruz, México.

No. de ejemplares: 2

Presentación en medio electrónico digital

Formato PDF 8 MB

Fecha de aparición 30/07/2026

ISBN 978-607-5893-94-5



ISBN: 978-607-5893-94-5



DICTAMEN EDITORIAL

La presente obra fue arbitrada y dictaminada en dos procesos; el primero, fue realizado por el **COMITÉ EDITORIAL RED IBEROAMERICANA DE ACADEMIAS DE INVESTIGACIÓN A.C.** con sede en México; que sometió a los capítulos incluidos en la obra a un proceso de dictaminación a doble ciego para constatar de forma exhaustiva la temática, pertinencia y calidad de los textos en relación a los fines y criterios académicos de la misma, cumpliendo así con la primera etapa del proceso editorial. El segundo proceso de dictaminación estuvo a cargo del **COMITÉ CIENTÍFICO RED IBEROAMERICANA DE ACADEMIAS DE INVESTIGACIÓN A.C.**; donde se seleccionaron expertos en el tema para la evaluación de los capítulos de la obra y se procedió con el sistema de dictaminación a doble ciego. Cabe señalar que previo al envío a los dictaminadores, todo trabajo fue sometido a una prueba de detección de plagio. Una vez concluido el arbitraje de forma ética y responsable y por acuerdo del Comité Editorial y Científico de la Red Iberoamericana de Academias de Investigación A.C. (REDIBAI), se dictamina que la obra **“INTELIGENCIA ARTIFICIAL. VISIONES INTERDISCIPLINARIAS Y TRANSDISCIPLINARIAS”** cumple con la relevancia y originalidad temática, la contribución teórica y aportación científica, rigurosidad y calidad metodológica, actualidad de las fuentes que emplea, redacción, ortografía y calidad expositiva.

Dr. Daniel Armando Olivera Gómez

Director Editorial

Sello Editorial: Red Iberoamericana de Academias de Investigación, A.C.

(978-607-5893)

Dublín 34, Residencial Monte Magno

C.P. 91190. Xalapa, Veracruz, México.

Cel 2282386072

CERTIFICACIÓN EDITORIAL

RED IBEROAMERICANA DE ACADEMIAS DE INVESTIGACIÓN A.C. (REDIBAI) con sello editorial **No. 978-607-5893** otorgado por la Agencia Mexicana de ISBN, hace constar que el libro **“INTELIGENCIA ARTIFICIAL. VISIONES INTERDISCIPLINARIAS Y TRANSDISCIPLINARIAS”** registrado con el **ISBN 978-607-5893-94-5** fue publicado por nuestro sello editorial con fecha de aparición del 30 de julio de 2026 cumpliendo con todos los requisitos de calidad científica y normalización que exige nuestra política editorial.

Fue evaluado por pares académicos externos y aprobado por nuestro Comité Editorial y Científico.

Todos los soportes concernientes a los procesos editoriales y de evaluación se encuentran bajo el poder Editorial de **RED IBEROAMERICANA DE ACADEMIAS DE INVESTIGACIÓN A.C. (REDIBAI)**, los cuales están a disposición de la comunidad académica interna y externa en el momento que se requieran.

La normativa editorial y repositorio se encuentran disponibles en la página **<http://www.redibai-myd.org>**

Doy fe.

Dr. Daniel Armando Olivera Gómez

Director Editorial

Sello Editorial: Red Iberoamericana de Academias de Investigación, A.C.

(978-607-5893)

Dublín 34, Residencial Monte Magno

C.P. 91190. Xalapa, Veracruz, México.

Cel 2282386072

P r e f a c i o

La Universidad Autónoma Chapingo es una institución señera en el ámbito agronómico a nivel Latinoamérica, para emprender sus tareas se apoya en una serie de profesionistas que provienen de distintas especialidades e instituciones. Para mejorar el desempeño de su cuerpo académico y, a la vez, apoyar e impulsar el proceso de investigación es que ha constituido centros e institutos de investigación. Éstos se localizan en uno o varios departamentos. Es el caso del Centro de Investigaciones Interdisciplinarias y de Servicio en Ciencia, Naturaleza, Sociedad y Cultura (CIISCINASyC), Centro N° 82, adscrito al Departamento de Sociología Rural (DESOR) y a la División de Ciencias Económico Administrativas (DICEA). Es un centro que se caracteriza por ser interdisciplinario en su integración de personal, ya que conjunta en la actualidad a filósofos, literatos, psicólogos, pedagogos, historiadores, latinoamericanistas, físicos, ingeniero en electrónica, ingeniera en mecánica, fitotecnistas, especialistas en suelos, recursos naturales, agroindustrias, forestales, biólogos (entomólogos), economistas. Lo cual impele a que la relación conlleve al planteamiento de temas de investigación que son –también– interdisciplinarios, para ofrecer el aporte mejor conocimiento a la institución, de manera que está inserto su quehacer institucional. El perfil de los colaboradores del Centro le ha permitido la cooperación con una amplia gama de instituciones nacionales y extranjeras que tienen diversos perfiles académicos y eso ha posibilitado e incrementado la interdisciplina. A nivel internacional se logra con la Universidad Nacional de Luján y la Universidad Nacional de Quilmes, Argentina; la Universidad Nacional del Altiplano, en Perú; la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, así como con la Empresa Agrosavia, ambas en Colombia; el Instituto de Historia de Cuba, el Centro de Investigaciones Fidel Castro y el Centro Nacional de Estudios de Animales de Laboratorio, en Cuba; en cuanto a México, se mantienen relaciones con académicos de la UNAM, Instituto Politécnico Nacional, Universidad Autónoma Metropolitana (campus Ixtapalapa y Azcapotzalco), Universidad Autónoma del Estado de México, Universidad Autónoma de Coahuila, Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Zacapoaxtla, Instituto Nacional de Antropología e Historia, Colegio de Posgraduados. De estas instituciones han surgido las colaboraciones anuales que se realizan con la Universidad Nacional de Luján, en particular con el Workshop Incoin, a cargo del Dr. Jorge Sagula, con quien ya se han realizado 2 ediciones. El año pasado -2025- se pudo concretar bajo el tema de Interdisciplina e Inteligencia Artificial. En tal oportunidad fueron invitados a participar colegas de Cuba, la Dra. Teresa Figueroa Barrios, del CENPALAB, la Dra. Gloria Camargo Millán, de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, la Dra. Marlene Roxana Pedetti, de la Universidad de Quilmes, Argentina, el M.C. Luis Tonatiuh Castellanos Serrano, el Dr. Francisco Zamudio Sánchez, la Dra. María de los Ángeles Rodríguez Elizalde, el Dr. Robles Leonardo Flores Pérez y quien suscribe, por la Universidad Autónoma Chapingo, amén del equipo interdisciplinario liderado por Jorge E. Sagula. El objetivo de esta publicación, a partir de los desarrollos planteados en el Workshop INCOIN LEARNING, verificado en el mes de octubre'2025 en la Universidad Autónoma Chapingo, es mostrar la interdisciplinariedad, en búsqueda a la transdisciplinariedad, en el contexto actual e histórico de la Inteligencia Artificial.

Dr. José Alfredo Castellanos Suárez

Prólogo

La disruptiva pandemia CoViD-19, en el posicionamiento de la virtualidad como medio de reducción del aislamiento, posibilitó el nacimiento no solamente de nuevos paradigmas sustentados por “la Modernidad Líquida”, en sesiones continuas de intercambio de conocimiento, para no dejar decaer los vínculos académicos profesor-estudiante sino los vínculos docentes-investigadores e investigadores-investigadores, como los preponderantes y esenciales, potenciando los sentidos del habla, de la audición, de la visión y del tacto, no sólo en la escritura, sino en la gesticulación, reforzando los movimientos faciales, y en esta situación, trabajar en Aprendizaje por Refuerzo, de modo de propender a la mejora continua sin singularidades de la Educación en general; esclareciendo que se trata de los mismos sentidos que se utilizan en clases convencionales en un proceso de construcción del conocimiento en la modalidad presencial. Así, el encuentro de profesores-investigadores, en distintas líneas y desde distintos enfoques y puntos de vista, ha permitido tener encendida “la llama del aprendizaje” en el campo de la Educación, en general. En esta instancia, en el primer cuatrimestre del año 2020, nace el Equipo COIN (Convergencia Interdisciplinaria), creado por mí, en la Universidad Nacional de Luján, integrado por profesores-investigadores, no sólo con visión interdisciplinaria sino provenientes de otras universidades, tanto argentinas como del exterior, y cuyo objetivo fue precisamente la cobertura de espacios de Post-Grado, Extensión, Investigación Aplicada y Consultoría; este equipo fue aprobado y acreditado por tres (3) instancias en la institución, y está vigente aún, con más énfasis por las temáticas en la que se especializa, y en un amplio arco desde el Post-Grado, pasando por la Extensión, la Investigación y la Transferencia Tecnológica y Educativa, y consecuentemente, desde el primer día, soy su Director. A comienzos del tercer cuatrimestre del año 2020, nace el Workshop INCOIN: ¿cuál es su significado? INCOIN es la síntesis de Inteligencia Colectiva – Convergencia Interdisciplinaria. Nace como evolución manifiesta del Equipo COIN (Convergencia Interdisciplinaria), y, a partir de ese momento, propuse no sólo su creación, sino la concreción del I Workshop INCOIN, para concretarse en la misma Universidad Nacional de Luján, hecho que ocurrió en febrero’2021, y al efecto convoqué a profesores-investigadores de otras universidades, tanto de Argentina como de otros países con el propósito de cubrir un amplio espectro de disciplinas, enfatizando en Inteligencia Artificial, Matemática, Estadística, Probabilidad, Investigación de Operaciones, Teoría de la Decisión, como principales, en aras de trabajar en investigación aplicada, postgrado, extensión y transferencia, con enfoque interdisciplinario a la Tecnología de la Información y del Conocimiento, con fuerte énfasis en modelización y en Inteligencia Artificial. En el primer Workshop INCOIN, en modalidad virtual sincrónica, participaron Profesores-Investigadores de Ocho (8) países: Argentina, Brasil, Chile, España, Estados Unidos, Perú, Paraguay y Suecia. Desde su nacimiento hasta el día 23 de abril de 2026 se desarrollaron Treinta y Ocho (38) ediciones del Workshop INCOIN, recorriendo: Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Ecuador, España, México, Paraguay, Perú y Uruguay. En los últimos tres (3) años se ha hecho hincapié en la simbiosis entre Matemática, Estadística, Probabilidad, Investigación de Operaciones, Industria 4.0, Big Data Science e Inteligencia Artificial, en amplios arcos, no sólo focalizando en

la Educación Superior sino en la transferencia a distintos ámbitos, y buscando fomentar la colaboración y el diálogo entre diferentes disciplinas, siendo el objetivo principal impulsar el desarrollo de la Educación Superior mediante la sinergia entre la Inteligencia Colectiva y la Convergencia Interdisciplinaria. A fines de noviembre'2024, en el ámbito de la Universidad del Bío-Bío, ve la luz la primera edición del Workshop INCOIN LEARNING, constituyendo una visión más profunda, en términos no sólo interdisciplinarios sino en la búsqueda permanente de la Transdisciplinariedad, siempre en términos de colaboración y cooperación, y en la generación de paneles interactivos, como motor impulsor de la síntesis de exposiciones, del debate de ideas y de las reflexiones en la determinación del conocimiento emergente, en únicos momentos irrepetibles, generando hiper-redes cognitivas. Específicamente, dentro de las Treinta y Ocho (38) ediciones del Workshop INCOIN, hubo Diez (10) ediciones de su spin-off, Workshop INCOIN LEARNING, la evolución, focalizada en Aprendizaje, Transferencia de Conocimiento y Transdisciplinariedad, circunnavegando temas de borde en IA y aspectos vinculados con la sociedad desde la tecnología, en general. Este espacio interdisciplinar y transdisciplinar está en continua expansión de naturaleza dinámica, y procura la convergencia de la Inteligencia Humana en procura de los distintos pilares que sostienen el desarrollo de las universidades, buscando generar sinergia en Programas de Ciencia y Tecnología y Formación de Recursos Humanos, y al equipo que forma el núcleo INCOIN-LEARNING se le suman, específicamente, y sistemáticamente, con miradas multimetodológicas, se han sumado y siguen haciéndolo, profesores-investigadores de varias procedencias, a saber: Argentina, Australia, Brasil, Chile, Colombia, Cuba, Ecuador, España, Estados Unidos, Italia, México, Paraguay, Perú, Suecia, Uruguay. Agradezco a las autoridades de la Universidad Autónoma Chapingo (UACH), el compromiso no sólo en acoger al Workshop INCOIN LEARNING para un proceso de búsqueda de mejora continua, y generar nodos referenciales, sino fundamentalmente a personas, centradas en el Comité Ejecutivo con quienes constituimos espacios temporales dinámicos de trabajo en aras que no existieran singularidades, y así, poder haber concluido el proyecto de octubre'2025 generando esta publicación, inspirada en el desarrollo de algunas de las conferencias impartida en la oportunidad, sobre temas afines y centrados en distintas aristas de la IA.

Jorge E. SAGULA
Director Científico
Chivilcoy, Argentina

Índice

Capítulo I: Interdisciplinariedad	5
La noción histórica a través de la Inteligencia Artificial	6
El Copiloto Inteligente: integrando IA en el ciclo de vida de la gestión de proyectos de I+D	21
Formulación de Proyectos basados en Inteligencia Artificial: enfoque transdisciplinar sustentado por la metodología de Aprendizaje Basado en Proyectos sustentados en Planeamiento Estratégico, Redes de Conocimiento y de Gestión de Calidad	35
Modelo conceptual de diseño de exoesqueleto pasivo para soporte de espalda aplicado para las tareas de la agricultura para zonas rurales	58
La IA como apoyo en investigaciones en el campo de la Ingeniería Ambiental	78
Entomología Forense e Inteligencia Artificial: un nuevo paradigma en la de Justicia y la investigación criminal en México	85
Capítulo II: Transdisciplinariedad	99
Entrelazando el futuro educativo, en busca de la convergencia ética de la IAG y la Sabiduría Humana en el contexto de la sociedad del afecto	100
Recuperar al observador: percepción, simulación y la política de la visión tecnológica	123
La paradoja de Ícaro: volando cerca del Sol de la IA Saltos audaces, alas frágiles: impactos en educación y en ámbito empresarial	134
Ingeniería de Conocimiento, Sistemas Basados en Conocimiento, Razonamiento Aproximado, Teoría de Agentes: pilares insustituibles de la IAG ¿Evolución?	151

CAPÍTULO 1

Interdisciplinariedad

José Alfredo CASTELLANOS SUÁREZ

Cinthya Guadalupe MOLINA LÓPEZ

La noción histórica a través de la Inteligencia Artificial

Teresa FIGUEROA BARROS

El Copiloto Inteligente: integrando IA en el ciclo de vida de la gestión de proyectos de I+D

Gustavo D. TRIPODI

Formulación de Proyectos basados en Inteligencia Artificial: enfoque transdisciplinar sustentado por la metodología de Aprendizaje Basado en Proyectos sustentados en Planeamiento Estratégico, Redes de Conocimiento y de Gestión de Calidad.

Luis Tonatiuh CASTELLANOS SERRANO

María Victoria GÓMEZ ÁGUILA

José Alfredo CASTELLANOS SUÁREZ

Fernando SALINAS PANIAGUA

Modelo conceptual de diseño de exoesqueleto pasivo para soporte de espalda aplicado para las tareas de la agricultura para zonas rurales.

Gloria Lucía CAMARGO MILLÁN

La IA como apoyo en investigaciones en el campo de la Ingeniería Ambiental.

Leonardo Roberto FLORES PÉREZ

Humberta Gloria CALYECAC CORTERO

Lourdes Monserrat CABA RÍOS

Entomología Forense e Inteligencia Artificial: un nuevo paradigma en la de Justicia y la investigación criminal en México

LA NOCIÓN HISTÓRICA A TRAVÉS DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL

José Alfredo CASTELLANOS SUÁREZ

Cinthy Guadalupe MOLINA LÓPEZ

jcastellanoss@chapingo.mx

molinalopezcinthyaguadalupe@gmail.com

Centro de Investigaciones Interdisciplinarias y Servicio en Ciencia, Naturaleza, Sociedad y Cultura
CIISCINASYC (Centro N° 82)
Universidad Autónoma Chapingo, México

Resumen

El problema de investigación que se plantea consiste en saber si la Inteligencia Artificial (AI) dispone de cierta orientación al manejo de ciertas fuentes de información con una determinada proclividad teórica y política. Esto es importante para establecer si lo hace con cierto ordenamiento en su programación. Para enterarnos con qué grado de eticidad se manejan las fuentes virtuales. Esto es planteado desde el terreno del saber histórico. El objetivo consiste en establecer las orientaciones teórico-políticas que la programación le confiere a la AI. Se recurre al método histórico-crítico de Marc Bloch para analizar el discurso de manera hermenéutica. El resultado es que el Chat GPT, de acuerdo a sus programadores (no puede ser de otra manera), recurre a fuentes que se manejan en la llamada socialdemocracia de centro derecha, con proclividad al manejo ultra derechista (simulado). En conclusión, se prueba la hipótesis que no es posible que la AI se maneje con el discurso neopositivista de la neutralidad ideológica, pues la programación de los sistemas virtuales, al menos en este caso de estudio, se orienta –como se ha dicho- hacia la socialdemocracia y liberal, que consiste en favorecer las orientaciones optimistas en favor del sistema neoliberal.

Palabras clave: Orientación teórica, Inteligencia Artificial, Ética.

Introducción

El ejercicio del empleo de la AI es una necesidad que debe de ser tomada con mucho cuidado, pues a menudo a las personas se les pregunta si la emplean éticamente, pero no cuestionan si la AI procede con normas éticas. El manejo mismo del lenguaje para referirse a ella de manera indeterminada –como cosa- lo muestra, la tratamos como máquina que no posee subjetividad. Como toda obra humana responde a las nociones y fines humanos. Entonces cabe averiguar su comportamiento ético (teórico y político). La búsqueda de fuentes se remite a *Chat GPT* (Generative Pre-trained Transformer), que es un *chatbot* o programa informático que semeja lenguaje humano para platicar con un humano como usuario

destino (Procesamiento de Lenguaje Natural o PLN), que aplica la *tecnología Transformer* de la empresa OpenAI en la generación de procesamiento de lenguaje natural, que se trata de algoritmos de modelaje para el aprendizaje profundo simulando aprendizaje para la toma de decisiones del cerebro humano (Arévalo y Quinde, 2023).

La literatura temática aborda el empleo ético de la AI, pero no el comportamiento ético de la AI, su *ethos*; en otras palabras, la comporta de los programadores, el sentido ideológico de los propietarios, que se traducen en el manejo de los programadores. Que se denota en el *ethos* de la misma programación o la comporta del diálogo o de la respuesta que nos ofrece la AI, esto acaba de denotarse con la decisión del gobierno de los Estados Unidos de posesionarse de Anthropic y Chat GPT, que han sido involucrados en la detención de presidentes como Nicolás Maduro y en la guerra de Irán (<https://vt.tiktok.com/ZSuJx8b8u/>).

La hipótesis del *ethos* de la AI, consiste en conocer la comporta de los programadores y de la corporación a la que pertenece, pero al averiguar al respecto se denota que la AI está programada, de antemano, para ofrecernos respuesta que se orienta hacia la política y las teorías que se localizan la posición centro derechista del espectro teórico político en el manejo del tema tratado en este trabajo, que es Lutero y la Reforma Protestante.

Para ello fue preciso platear un objetivo consistente en establecer en las respuestas el tipo de orientaciones teórico-políticas la programación le confiere la AI.

El trabajo comienza explicando que la AI surgió durante la segunda guerra mundial para conjuntar tecnologías para mayor alcance de los procesadores, logrando que se visualizara y se efectuara mecanismos de comprensión, analizar datos, articular lenguaje hablado con el escrito, no sólo para que lo comprendiera el ordenador, sino que simulara actuar como un humano. Todo el proceso resulta poco rentable, pero permite incidir en el usuario (ahí radica su utilidad). El siguiente subtema explora la posibilidad de que la AI pueda ser empleada en la enseñanza y la investigación histórica, entonces se escoge el tema de la Reforma Protestante, en específico la figura de Lutero. Entonces se atiende al problema de investigación, de modo que en el tercer subtema se explora acerca de la neutralidad de la AI, esto se hace preguntando a “*Chat*” por las fuentes a las que recurre para fundamentar sus respuestas, pues lo hace mediante las fuentes empleadas por la AI, inquirendo por la orientación teórico-política a la pertenecen los autores, que resultaron ser de corte centro-derechistas. En el cuarto subtema se es más específico para mostrar a un Lutero a través de la visión de Max Weber. En contraparte, el quinto tema hace lo propio, pero a través de Federico Engels. En Weber se mantiene la misma orientación manejada por *Chat*; si bien se nota una postura moderada al explicar a Lutero a través de Engels. El último subtema destaca la responsabilidad de emplear la AI, al igual que toda fuente de información, para mantener la objetividad, pero también la postura ética tanto en los formadores como en los que generan

conocimiento a través de la investigación. Máxime que *ChatGPT* no es tan inocente, ni mucho menos objetiva como se aparenta y presume su empleo, sin dejar de reconocer que se trata de una herramienta invaluable.

La Inteligencia Artificial (AI), retos, alcances y posibilidades

El asunto de la Inteligencia Artificial (AI, por sus siglas en inglés) resultó más añejo de lo que se pensaba. Concurrieron tres circunstancias para que lo hicieran emerger los investigadores. En la primera, habría que remontarse al año de 1943, en que McCulloch y Pitts propusieron un modelo de neuronas artificiales, empleando los conocimientos de fisiología y funcionamiento de neuronas cerebrales. La segunda, fue la propuesta de Russel y Whitehead para lo que se denominó lógica proposicional. La tercera, fueron los alcances en materia de computación elaborados –de 1936 a 1943- por parte de Alan Turing y consumados por Tommy Flowers en la primera computadora electrónica –Colossus- en 1943.

En 1951 se construyó un ordenador neuronal por parte de Minsky y Edmons. Pocos años después Newell y Simon elaboraron la Logic Theorist, que era un programa de razonamiento automatizado. En el año de 1956 se realizó un encuentro en Dartmouth (New Hampshire, EUA) en el que se dieron cita Shannon, Minsky, Rochester y McCarthy (como organizadores), More, Samuel, Solomonoff, Selfridge. Newell y Simon (de distintas instituciones norteamericanas), en donde se acuñó el término *Inteligencia Artificial* (Torra, 2019).

Desde estos años los investigadores se percataron que *las órdenes y las instrucciones debían de ser precisas con preguntas adecuadas*, para lograr una aplicación adecuada de la AI en el proceso educativo (Consejo de Dirección Sectorial Directivo de Planificación Educativa, 2024); además, eso tenía que ver con *los costos* en los procesos de mecanismos de *búsquedas de propósito o alcance general* para enlazar fases elementales de razonamiento en la formulación completa, *eran costos muy elevados*, “para reducirlos se desarrollaron los primeros algoritmos de búsqueda” (Torra, 2019, p. 9).

En aras de lograr que instrucciones y costos fueran rentables hubo que reunir un conjunto de tecnologías para que articularan las funciones de procesamiento, permitiendo que los ordenadores pudiesen ver, comprender, realizar análisis de los datos procesados y obtenidos, para que el lenguaje hablado y escrito fuera comprensible al ordenador, entonces se desarrollan los modelos de lenguaje de enorme tamaño, por su siglas en inglés LLM (Consejo de Dirección Sectorial Directivo de Planificación Educativa, 2024), con ellos el habla pudiera ser traducida de manera simultánea o que los caracteres fueran reconocidos de manera óptica (OCR), ya fueran textos o imágenes, incluso estructurar y redactar informes o elaborar estadística de información no procesada o dispersa (¿Qué es la AI, <https://cloud.google.com/learn/what-is-artificial-intelligence?hl=es-419>). Su

incidencia ha llegado al campo educativo, González (2023) juzga que ha sacudido al campo educativo, por la capacidad de la AI en recopilar y analizar volúmenes

increíbles de datos, asimilar los patrones y gracias al empleo de los algoritmos muy desarrollados permite la toma de decisiones para brindar la información solicitada, esto implica una modificación la enseñanza y el aprendizaje (González, 2023); aunque hay quien considerar que tener en cuenta que las innovaciones tecnológicas es muy improbable que revolucionen la educación (Consejo de Dirección Sectorial Directivo de Planificación Educativa, 2024).

La AI se le considera como *campo de la informática que ayuda a construir programas*. De manera que Russel y Norvig buscan –en un primer nivel- alcanzar una conducta bien establecida, por eso es importante el *resultado*, de modo que se alcanza una forma de razonar, no interesa tanto el resultado sino el *cómo se razona*. Se propone un *concepto adecuado* que se mide con el desempeño de las personas, permitiendo establecer la dimensión de la racionalidad. De esta manera, la *conducta* se considera inteligente cuando tiene el alcance de confundir al humano (actuar como persona). De acuerdo con el modelo cognoscitivo, *no es el resultado lo que importa, sino la manera para obtenerlo, que el razonamiento sea parecido al humano* (razona como persona) (Olvera, 2023). Esta impronta deviene de la llamada prueba de Turing, que parte de la idea de que no importa el enfoque, lo importante es el resultado final (Sidorov, 2011). Tiene que simular que razona de manera racional (de acuerdo a la gnomología del pensamiento), entonces puede deducir algo nuevo a partir de los datos y conocimiento existente, si bien *los sistemas operan en algún tipo de lógica en la que fue construida*. A través de sensores una cosa (denominada agente) percibe el medio y actúa sobre éste a través de efectores, entonces un programa puede actuar y aplicar como si fuese un humano (agente racional). No se considera importante o trascendente las inferencias adecuadas o correctas o deducciones lógicas sino el *conseguir los objetivos*, esto propicia que no se ata a la inferencia lógica, ya que es posible *la utilización de procesos distintos en pos de los resultados* (Torra, 2019).

Desde su aparición en 2022 el Chat-GPT causó alarma, particularmente en Nueva York un millar de personas pertenecientes a instituciones neoyorquinas, entre ellos Noam Chomsky y Elon Musk, pidieron restringir su uso al considerarla como peligro imprudente. La sorpresa fue que en dos meses 100 millones de usuarios trabajaban con ella (Consejo de Dirección Sectorial Directivo de Planificación Educativa, 2024). Para que la AI pueda operar precisa de un sistema de símbolos físicos, de esa manera se puede operar la acción de inteligencia en lo general. Estos símbolos físicos es la multitud de referenciales de medición, patrones, formas, etc., que ya existen como referenciales de tipo social y de conocimiento, a ello se añaden las operaciones que inciden en expresiones para gestar otras nuevas, permitiendo la búsqueda para solucionar problemas que es lo que permite la formulación heurística (que no es lo mismo a la creatividad heurística). Al depender del sistema simbólico, *no importa el medio que opere para lograr la inteligencia, entonces actúa con*

independencia de si el sistema se forme con neuronas, también de circuitos lógicos (Torra, 2019),

El proceso llega al grado de emplazar redes neuronales de tipo artificial que simula el cerebro humano, que con ayuda de capas permiten procesar y profundizar la información. El uso continuo y adaptación continua, llamado aprendizaje profundo, con la programación adecuada la IA adquiere habilidad. En la Inteligencia artificial general la máquina siente, piensa y puede llegar a actuar. En el nivel de súper inteligencia artificial se calcula que puede llegar a funcionar de manera superior al cerebro (<https://cloud.google.com/learn/what-is-artificial-intelligence?hl=es-419>).

El empleo de la AI en la investigación histórica y su impacto en la confección histórica

Estamos frente a nuevos procedimientos de investigación. Ahora es muy asequible consultar algunas fuentes documentales, bibliografía, hemerografía, entrevistas y de otros tipos. Uno teclea en internet y puede acceder a fuentes de consulta. De modo que la Inteligencia Artificial (Artificial Intelligence, AI, por sus siglas en inglés) nos brinda una herramienta valiosa, si bien muestra la propensión a brindar la consulta gratis de fuentes que tuvieron impacto y vigencia, si se quiere acceder a las actualizadas y en el mundo de la discusión y el debate, con alto impacto, eso cuesta, se paga por ello. Hay buscadores de acceso gratis, pero los que denominan de alto impacto hay que pagar para acceder a ellos, como es el caso de Scopus.

No cabe duda que estamos ante una gran oportunidad de acceder de manera ágil y sencilla a la localización de materiales de investigación y de apoyo docente y de formación educativa en manos de los estudiantes. En esta oportunidad se pone a consideración la puesta a prueba la confección y comprensión de un tema histórico, la Reforma Protestante del siglo XVI. En principio la idea fue emplear la AI en la confección de un recurso didáctico como es el video, para motivar a los estudiantes del curso Historia del Pensamiento Social Moderno, que se imparte en la carrera de Sociología Rural en la Universidad Autónoma Chapingo. De modo que las presentaciones en PowerPoint sean más dinámicas e instructivas, acercando al uso de nuevas tecnologías en la educación. Es posible complementar, insertar o enlazar el video en la presentación.

Vamos con “Chat” preferencial

Durante la confección, gracias a la colaboración de una egresada de la carrera, surgió la inquietud y la interrogante: ¿Con qué fuentes el chat GPT nos brinda su información y confecciona imágenes, personajes, voz, música, ambientación? ¿Es neutra o imparcial su proceso de consulta de fuentes? ¿Focaliza o es amplia en la selección de las posturas teóricas y políticas?

Surgieron tres posibilidades de exploración. La primera es con el tema central, que poco a poco se fue concentrando en el monje agustino Martín Lutero, se dejó al programa realizar su búsqueda bajo la consideración de que explicara en un párrafo a Martín Lutero como personaje político. El resultado fue:

Martín Lutero no solo fue un reformador religioso, sino también una figura política decisiva, pues al *cuestionar la autoridad papal y proponer la autonomía de las comunidades cristianas* frente a Roma, abrió un proceso de ruptura con la unidad político-religiosa de la cristiandad medieval. Su defensa a la “libertad de conciencia” fortaleció a los príncipes alemanes que vieron en su doctrina una oportunidad para afirmar su soberanía frente al Sacro Imperio y al Papa, contribuyendo así a la configuración temprana de los Estados nacionales modernos. Sin embargo, su pensamiento político fue ambivalente: por un lado, impulsó la autonomía espiritual del individuo; por otro lado, defendió el orden social establecido y se opuso con dureza a las rebeliones campesinas, legitimando el poder de los gobernantes seculares como los garantes del orden divino. De este modo, Lutero se convirtió en actor clave en la transición entre la política medieval y la moderna, al entrelazar la reforma religiosa con la consolidación del poder estatal. (Chat GPT).

Chati, como amistosamente le hemos llamado, muestra que trata de balancear fuentes e información, para plantear ambivalencia (no contradicción) entre los príncipes nobles y los campesinos, sin dudar que cuestiona la autoridad papal y que propone la autonomía de las comunidades cristianas. Que históricamente significa que ya sabía con antelación lo que iba a suceder. La molestia de Lutero radicaba, no contra el papa ni a favor de la autonomía de las comunidades cristianas (que después se volvió de los principados), sino en contra de las ventas indiscriminadas y al por mayor de las indulgencias que realizaba el monje dominico Johann Tetzel, (autorizadas por el Papa León X), lo cual no dio paso a la ruptura. El punto central de la polémica se abrió después con la *doctrina de la justificación*, que se encuentra en medio de las 95 tesis pegadas –en 1517- en la iglesia de Todos los Santos en Wittenberg. El asunto se tornó en el desiderátum de si los pecadores eran hechos o declarados justos a la vista de Dios. En otras palabras, Lutero dio un giro total en su postura teológica y política, que cazaba bien con los nobles alemanes, pues ya no tendrían que depender más de Roma para su salvación que la dejaban a Dios, la justificación era la autonomía de las comunidades cristianas, porque la salvación no dependía de las indulgencias vendidas por el Papa, ni por las obras, sino por la fe. Con la disposición de la fe se sometían a la voluntad de Dios, encargado de decidir si eran declarados justos o pecadores. Era un asunto terrenal que promovió la secularización, la apropiación de los bienes de la iglesia (y de las comunidades), para fomentar la apropiación privada gracias a la secularización. Bien le convenía a los nobles, que cada vez eran hombres con más fe, para estar bien a la vista de Dios quien tenía la última palabra, mientras tanto había que comenzar a la apropiación de tierras y que sus antiguos ocupantes viviesen con el trabajo “honesto” de su propio esfuerzo para estar bien a los ojos de Dios. Cuando los campesinos, instados por Thomas Müntzer- se declararon en favor de la autonomía de las comunidades de fe, exigiendo el respeto a sus derechos sobre la gleba

milenaria y sus derechos sobre los bienes comunales, entonces enfrentaron una brutal represión por parte de los príncipes y el rechazo del tipo de acciones que emprendieron los campesinos.

Entonces surge la pregunta: ¿Cuáles son tus fuentes? Chati responde:

Las ideas que te compartí sobre Lutero como personaje político provienen de un cruce de lecturas académicas e interpretaciones históricas. Para que tengas un respaldo concreto, aquí te cito algunas fuentes reconocidas:

- Skinner, Q. (1978). *The foundations of Modern Political Thought*. Vol. II: *The Age of Reformation*, Cambridge University Press.
- Berman, Harold J. (1983). *Law and Revolution: The Formation of the Western Legal Tradition*. Harvard University Press.
- Höpfl, H. (1991). *Luther and Calvin on Secular Authority*. Cambridge University.
- Dunn, S. (2003). *The political thought of Martin Lutero*. Peter Lang
- Brecht, M. (1985-1993). *Martin Luther: his road to reformation (1483-1521); Shaping and Defining the reformation (1521-1532); The preservation of the Church, 1532-1546*. Fortress Press. (Chat GPT)

Entonces emana otra pregunta acerca de la ideología política de cada una de sus fuentes, a lo que sólo se remite a tres de ellas:

Quentin Skinner se dedica la Historia de las ideas políticas desde un enfoque republicano-liberal...

Harold Berman, [es de] Ideología jurídico-histórica con influencia cristiano liberal.

Harro Höpf... estudia cómo Lutero y Calvino justificaron la obediencia al poder secular desde una visión conservadora (Chat GPT).

Ahora con Max Weber

Chati muestra su propensión por las fuentes conservadoras, de línea centro derechista. Esto lo hizo bajo su propia disposición a seleccionar la información. Lo cual significa que la programación dispone qué tiene que buscar.

Pero también se le puede dar la instrucción de que lo haga y que por sí defina el cariz ideológico de las fuentes. Entonces se le pide que lo haga bajo el enfoque de Max Weber. *Chati* contesta de manera familiar:

Claro, te comparto las fuentes principales utiliza Weber y algunos de los estudiosos de su obra:

- Max Weber, *La ética protestante y el espíritu del capitalismo* (1904-1905)...
- Max Weber. *Sociología de la religión* (1920). Complementa su análisis del protestantismo y la racionalización religiosa.
- Peter Baehr & Gordon Wells (trads.). *Introducciones a las ediciones modernas de Weber*. Explican cómo Lutero influyó en la noción de 'Beruf' (vocación [o mejor dicho: Profesión])

- Anthony Giddens. Capitalism and modern social theory. Relee a Weber y su interpretación de Lutero dentro de los orígenes culturales del capitalismo.
- Wolfgang Schluchter. Rationalism, religion and domination. A Weberian perspective (1989). Especialista en Weber que analiza la importancia de Lutero en la transición hacia el racionalismo occidental (Chat GPT).

Abundando en el perfil ideológico de los autores empleados por *Chati*, se le pidió que enlistara la posición de cada uno, si bien sólo nos brindó de tres:

Max Weber: un liberal alemán [de la segunda década del siglo XX]

Anthony Giddens: socialdemócrata británico, vinculado a la 'Tercera vía'

Wolfgang Schluchter: liberal académico, centrado en teoría sociológica, sin militancia política fuerte (Chat GPT).

Weber, con su posición liberal, participó en la redacción de la Constitución alemana de la República de Weimar (Duek, 2009, Monteagud, 2024). En tanto que Giddens era un académico que asesoró al primer ministro Tony Blair, motivando lo que se denomina la tercera vía, muy cercano a la socialdemocracia, de centro derecha. Mientras que Schluchter era un sociólogo y académico, como dice *Chati*, sin militancia política evidente. En tal condición *Chati* se muevía en la consulta de autores que eran de la misma línea que Weber. En las posturas que van de lo liberal a la socialdemocracia, analistas que se mueve en centro derecha del esquema político.

Por lo regular se hace creer que la tecnología es lo máximo o que ofrece posibilidades futuras ilimitadas, que es una forma –como lo intentó el positivismo en su momento- de encontrar la neutralidad ideológica de la ciencia (en pos de la razón inobjetable), pero se reconoce que la tecnología no es ni negativa ni positiva, ni menos neutra, más bien se nos invita a ser críticos en las prácticas diarias y educativas (Kranzberg, 1986, citado en: Consejo Dirección Sectorial Directivo de Planificación Educativa, 2024).

Visto por Engels

Ahora le pedimos a *Chati* que consulte a Federico Engels y que a través de él, en un párrafo, nos explique a Martín Lutero. De su proceso de consulta nos compartió lo siguiente:

Engels vio a Martín Lutero como una figura contradictoria dentro de la historia: por un lado, un revolucionario religioso que rompió con el papado y abrió camino a la modernidad burguesa al cuestionar la autoridad espiritual de Roma; pero, por otro, un conservador político que, al enfrentar la rebelión de los campesinos, se alió con los príncipes y defendió el orden establecido. Para Engels, Lutero encarnaba la tensión entre un pensamiento que en lo religioso era liberador –la justificación por la fe, la traducción de la Biblia al alemán, la apertura de la conciencia individual frente a la iglesia- y una práctica política que terminó reforzando la dominación feudal. Su papel,

entonces, no fue tanto el de un emancipador social, sino de un reformador cuya obra impulsó el desarrollo de la sociedad burguesa al mismo tiempo que negó las aspiraciones revolucionarias de las masas campesinas (Chat GPT) *Chati* nos dice que la visión de Engels se centró en delinear a un Lutero que cuestiona a la curia papal, pero en paradoja recurre a una alianza con los príncipes feudales alemanes para enfrentar la rebelión de los campesinos, con lo cual mantuvo el régimen feudal. No fue un emancipador social sino un reformador que colaboró en desarrollar la sociedad burguesa. Sin aludir al aspecto de la lucha de clases que encarna la posición de Engels (2011), es una opinión que modera el impacto revolucionario de los campesinos alemanes del siglo XVI, que buscan eliminar las obligaciones feudales, la construcción de antiguos modelos comunales y su empuje, aunque derrotado, termina impulsando el capitalismo y todas las reformas que su aparición contrae (Reyes, 2018, Blicke, 2019).

Le pedimos que nos muestre las fuentes consultadas y nos brinda cuatro referencias de obras escritas por Marx y Engels, esto es que su disposición a comentar de manera moderada y superficial, no proviene de las propias fuentes: 1. Engels, La guerra campesina en Alemania, 2. Marx y Engels, Manifiesto del Partido Comunista (1848), 3. Engels, del socialismo utópico al socialismo científico, 4. Correspondencia entre Marx y Engels. Ante esto, al igual que en el caso de Weber, se le solicita que destaque la ideología política de los autores. *Chati* nos dice:

1. Engels. La guerra campesina en Alemania. Marxista, analiza la lucha de clases en la Reforma, destacando la contradicción de Lutero.
2. Marx-Engels. Manifiesto del Partido Comunista. Comunista revolucionario: definen el papel histórico de la burguesía y del proletariado
3. Engels. Del socialismo utópico al Socialismo Científico. Socialismo Científico: crítica al utopismo, defensa del materialismo histórico.
4. Correspondencia Marx-Engels. Marxista-leninista en germen (marxista clásico): reflexión política e histórica con perspectiva comunista.

Una vez analizado el desempeño de *Chati*, entramos a la fase de la construcción de un breve video (no mayor de 10 segundos, que es lo que nos permite el programa empleado). Es preciso recurrir a la ambientación histórica, de modo que se le instruye a *Prompt*: Crea un **video histórico dramatizado** con **Martín Lutero como personaje principal**, ambientado en 1517 frente a la **iglesia del castillo de Wittenberg**. Muestra su **acción concreta**: clava sus **95 tesis** en la puerta, sostiene manuscritos y gesticula con convicción. El único diálogo a manejar proviene de la visión de Engels. Ver el video (elaborado con AI a través de VEO 3) de la parte derecha (<https://www.facebook.com/share/r/1DDzmYRF5Z/>).

Para contrastar, se le dice que haga lo mismo, pero ahora desde la perspectiva de Weber, con una versión ultra radical. Ver el video (elaborado con AI a través de VEO 3) de la parte izquierda (<https://www.facebook.com/share/r/1DDzmYRF5Z/>). El diálogo es el siguiente:

“¡Quien vive sin disciplina y trabajo honesto está condenado ante Dios y no merece su fe!”

Que no es otra cosa que la profesión (profesar: juramentar) luterana exigida a la congregación, no es digno de recibir la fe de Dios y vivir con esa fe en el nuevo sistema social que valoriza el trabajo, entendido éste –como dice Weber- como dinero, el dinero es trabajo, quien lo posee sirve en su profesión, en su fe y Dios puede hacerlo partícipe en la construcción de su perdón. Así se gana el cielo.

La ambientación se genera bajo las siguientes instrucciones:

- Crea un **video histórico dramatizado** con **Martín Lutero como personaje principal**, ambientado en 1517 frente a la **iglesia del castillo de Wittenberg**. Muestra su **acción concreta**: clava sus **95 tesis**, organiza libros y manuscritos, y gesticula con energía frente a los aldeanos.
- **Diálogo único de Lutero (ultra radical)**: “¡Quien vive sin disciplina y trabajo honesto está condenado ante Dios y no merece su fe!” (visión Weberiana).
- “Mi lucha es con Dios y la conciencia, no con los señores; la justicia de los campesinos dependerá de los tiempos que vienen.” (Visión marxista de Engels)
- **Ambiente**: plaza adoquinada, aldeanos observando con mezcla de miedo y admiración, luz natural intensa iluminando la escena, puertas de madera maciza, libros y manuscritos sobre una mesa cercana.
- **Estilo**: cinematográfico y dramático, con énfasis en **gestos enérgicos, movimientos firmes y expresión de autoridad**, transmitiendo urgencia moral, disciplina extrema y responsabilidad absoluta según la ética protestante de Weber.

¿Qué hacer con Chati?

Una vez entendido el sentido que se le otorga al funcionamiento de Chat GPT y, en general, de la AI, cuyo empleo ha sido exponencial y el público lo recibió de la manera más amplia y cordial, es menester guardar las proporciones apropiadas, para cuidar que la simpatía no sea advocada a compromisos no conscientes. Como toda fuente y mecanismo de conocimiento es fundamental que se cuiden y salvaguarden los principios éticos y morales. El profesor, en cualquier materia, nos otorga los temarios aprobados por cuerpos académicos, en ellos consigna las fuentes y éstas guardan el sello político conferido por los autores, pero también del propio profesor. No podemos llamar a engaño, un investigador sabe que debe de averiguar la tendencia política y teórica de los autores, para conocer el tratamiento de la información, pero esto también es válido para los discentes. Esto es lo que debemos de hacer con nuestros alumnos y con investigadores en formación. Por eso se sabe que no hay neutralidad ideológica. De modo que hay que cuidar el sentido de responsabilidad en los procesos de aprendizaje. En ocasiones se nos explica que puede presentarse el fenómeno de alienación, puesto que en los

modelos de lenguaje de amplio tamaño se pueden identificar patrones inexistentes o imperceptibles, que pueden llevar a resultados equivocados o no considerados (Consejo de Dirección Sectorial Directivo de Planificación Educativa, 2024). Más aún, los algoritmos que procesa la AI otorgan soluciones que no corresponden a datos de entrenamiento y pueden interpretarse de manera inapropiada que no coinciden con los patrones identificables.

Fomentar el pensamiento crítico en nuestros estudiantes siempre fue algo importante y ahora se torna impostergable. En un mundo donde las tecnologías avanzan rápidamente y nos son *neutras*, es imperativo que los jóvenes aprendan a navegar por estos territorios digitales con *discernimiento*. Las tecnologías son espacios de disputa de intereses y conflictos: por lo tanto, es esencial que los estudiantes sean capaces de identificar y analizar críticamente estas dinámicas para convertirse en ciudadanos digitales responsables y comprometidos (Consejo de Dirección Sectorial Directivo de Planificación Educativa, 2024).

Tampoco hay que curarse en salud cuando se pide tapar el hoyo con el niño ahogado. Debe de expresarse con claridad la metodología empleada (teórica, incluso política) para quien desee consultar fuentes sepa a lo que se atiene, entonces el deber de un investigador es averiguar el origen y el sustento metodológico expresado en el buscador o el mecanismo a utilizar, máxime que ya se menciona que las tecnologías no son neutras, pero también establecer la propia del docente. Corresponden a la visión y los intereses de quienes las sustentan. Eso es parte del impulso al pensamiento crítico. El individuo decide, pero está frente a otros, con los cuales emplaza el debate crítico: todo en aras de la objetividad y la verdad.

Conclusiones

El fetichismo, visto desde el punto de vista Jacques Lacán y de Slavoj Žižek, no es sólo una falsa conciencia conforme a la noción de Carlos Marx, sino que discurre y anida en el inconsciente, de modo que no es sólo una falsa conciencia, también es una verdad en el sujeto que debe de ser develada para que no se transforme sintomáticamente en deseo.

Esa es la sensación del usuario de la IA, pues toma por bueno que lo haga una máquina que supone lo hace de manera insensible, sin deseos, ni motivaciones, de manera objetiva, en favor de un sujeto que goza con su libertad. Pero la libertad la ha cedido a costa de la comodidad, de ceder el criterio, ya que se supone que la máquina no se comporta de manera sensible y, por ende, carece de preferencia. Aunque del criterio emana la conciencia, se hace creer que éste debe de contenerse en un programa, pero la programación y los comandos surgen de humanos que se hallan por detrás, las empresas y los corporativos son los que toman las decisiones y fijan los criterios éticos.

Se ha hecho un ejercicio de consulta de fuentes para poder explicar, a través de su propia programación, el tipo de fuentes que emplea para responder a la consulta realizada respecto al tema de la Reforma Protestante que se fue focalizado en la actuación de Martín Lutero. Se trata de una visión de corte centro derecha en lo teórico y lo político, algunos de corte liberal y otros socialdemócratas, que denota la proclividad por parte de la IA, que no se programa sola, sino que proviene de los programadores que siguen indicaciones de corporativos bien definidos. Su tendencia hacia la moderación hacia la fundamentación con criterios del sistema existente.

Referencias

- Arévalo, Julio Alonso y Marlene Quinde (2023). La creación automática de contenidos con Inteligencia Artificial y su impacto en la comunicación académica y educativa. En: Desiderata. Universidad de la Rioja, España. N° 22. <https://share.google/tUnJWozkuMqdogT55>
- Berman, Harold J. (1983). Law and Revolution: The Formation of the Western Legal Tradition. Harvard, University Press. <https://politicayderechoenlaedadmedia.wordpress.com/wp-content/uploads/2016/07/berman-law-and-revolution-the-formatibookzz-org-1.pdf>
- Blickle, Peter (2019). La guerra campesina de 1525 en Alemania (III). Agroicultura. Perinquiets. <https://agroicultura.com/general/la-guerra-campesina-de-1525-en-alemania-iii/>
<https://agroicultura.com/general/wp-content/uploads/2019/11/bauernkrieg-3.pdf>
- Brecht, M. (1985-1993). Martin Luther: his road to reformation (1483-1521); Shaping and Defining the reformation (1521-1532); The preservation of the Church, 1532-1546. Fortress Press. <https://archive.org/details/martinluther0003brec/page/n5/mode/2up>
- Consejo Dirección Sectorial Directivo de Planificación Educativa (2024). La inteligencia artificial en la educación. Administración Nacional de Educación Pública, Uruguay, <https://share.google/CRua7rn2uod8cN3i3>
- Duek, María Celia. (2009). Max Weber: posición política, posición teórica y relación con el marxismo en la primera etapa de su producción: En: Convergencia, revista de Ciencias Sociales. UAMex, México. N° 50, pp. 249-280. <https://www.scielo.org.mx/pdf/conver/v16n50/v16n50a10.pdf>
- Engels, Friedrich (2011). La guerra de los campesinos en Alemania. Marxists Internet Archive. <https://share.google/9ZMmfW5osvDZ7e4Z8>
- Giddens, Anthony (1971). Capitalism and modern social theory. Cambridge University Press. <https://archive.org/details/capitalismmodern0000gidd/page/n3/mode/2up>
- Reyes Camargo, Raúl (2018). La teología política de Thomas Mönitzer. En: Revista Filosofía Universitaria, Costa Rica. LVII (149), septiembre-diciembre, pp. 11-22. <https://share.google/tzDotEz6e57AubL0r>

Torra i Reventós, Vicenç (2019). Qué es la Inteligencia Artificial. Universitat Aberta de Catalunya.
<https://openaccess.uoc.edu/server/api/core/bitstreams/bd3b46aa-49c7-41dd-a4d5-2dfaf5b7d0c3/content>

¿Qué es la Inteligencia Artificial o IA? <https://cloud.google.com/learn/what-is-artificial-intelligence?hl=es-419> Fecha de consulta: 14 de octubre de 2025.

González González, Carina S. (2023). El impacto de la Inteligencia Artificial en la Educación: transformación de la forma de aprender y enseñar. En: Revista Currículum. Tenerife, España. N° 36, julio, pp. 51-60
<https://doi.org/10.25145/j.qurricul.2023.36.03>

Höpfl, H. (1991). Luther and Calvin on Secular Authority. Cambridge University Press.
<https://archive.org/details/luthercalvinonse0000unse/page/n5/mode/2up>

Monteagud Rubio, Nahum (2024). Max Weber: biografía de este sociólogo y filósofo alemán. En: Psicología y Mente.
<https://psicologiymente.com/biografias/max-weber>

[Olvera Yarena, Edgar. La IA en el borde del fin del mundo. En: Figuras. Facultad de Estudios Superiores, Universidad Nacional Autónoma de México. Vol. 4, N° 1, noviembre 2022-febrero 2023. https://revistafiguras.acatlan.unam.mx/index.php/figuras/article/view/247/553](https://revistafiguras.acatlan.unam.mx/index.php/figuras/article/view/247/553)

Schluchter, Wolfgang (1989). Rationalism, religion and domination. A Weberian perspective. UNiversity of California Press.
<https://books.google.ge/books?id=chTHjge1o08C&printsec=copyright#v=onepage&q&f=false>

Sidorov, Grigori (2011). Métodos modernos de Inteligencia Artificial. Universidad Nacional Experimental Simón Rodríguez, Venezuela.
<https://www.cic.ipn.mx/~sidorov/librolA.pdf>

Skinner, B. F. (1978). The foundations of Modern Political Thought. Vol. II: The Age of Reformation, Cambridge University Press.
<https://archive.org/details/foundationsofmod0000skin>

Weber, Max (1999). Sociología de la religión. Ediciones Elaleph.com
https://web.seducoahuila.gob.mx/biblioweb/upload/soc_reg.pdf

Weber, Max (2009). **La ética protestante y el espíritu del capitalismo**. Editorial virtual, Argentina. <https://catedracesarpeon.wordpress.com/wp-content/uploads/2009/08/weber-m-1905-la-etica-protestante-y-el-espiritu-del-capitalismo.pdf>

Fuente virtual

Chat GPT

Titok: <https://vt.tiktok.com/ZSuJx8b8u/>

VEO 3, Prompt

EL COPILOTO INTELIGENTE: INTEGRANDO IA EN EL CICLO DE VIDA DE LA GESTIÓN DE PROYECTOS DE I+D

Teresa FIGUEROA BARRIOS

teresa.figueroa@cenpalab.cu

Centro Nacional para la Producción de Animales de Laboratorios (CENPALAB), Cuba

Resumen

La integración de la inteligencia artificial (IA) en la gestión de proyectos de investigación y desarrollo representa una transformación paradigmática en la forma en que las organizaciones abordan la incertidumbre, la complejidad y la innovación. Este artículo examina cómo la IA, conceptualizada como un "copiloto inteligente", potencia cada fase del ciclo de vida del proyecto de I+D, desde la ideación hasta el cierre y aprendizaje organizacional [5]. La IA no reemplaza al gestor de proyectos, sino que actúa como multiplicador de fuerzas, automatizando tareas rutinarias, analizando datos a velocidad sobrehumana y generando perspectivas estratégicas que permiten a los gestores concentrarse en la innovación y el liderazgo. El análisis de tecnologías de procesamiento de lenguaje natural (NLP), aprendizaje automático (Machine Learning) y análisis predictivo demuestra que estas herramientas reducen significativamente las desviaciones de tiempo (hasta 22%) y presupuesto (hasta 18%), mejorando así las tasas de éxito de los proyectos [1]. La adopción de un enfoque colaborativo entre humanos e inteligencia artificial establece un nuevo paradigma de "proyectos aumentados" donde la toma de decisiones basada en datos sustituye a la intuición, y la gestión proactiva del riesgo previene crisis antes de que ocurran [3]. Este trabajo sintetiza evidencia reciente de estudios bibliográficos que demuestran el crecimiento exponencial de la investigación en IA aplicada a la gestión de proyectos desde 2019, revelando que China, Estados Unidos e India lideran en publicaciones y aplicaciones prácticas. La conclusión enfatiza que el futuro de la gestión de I+D no es únicamente humano o únicamente automatizado, sino una sinergia estratégica donde ambos complementos optimizan la creatividad, la eficiencia y los resultados organizacionales.

Introducción

El cambio de paradigma del proyecto tradicional al proyecto aumentado

Los proyectos de investigación y desarrollo operan en un entorno caracterizado por tres desafíos fundamentales: la incertidumbre inherente del proceso innovador, el riesgo de desviaciones presupuestarias y temporales, y la velocidad con que el conocimiento científico-técnico evoluciona. A diferencia de proyectos en

construcción o manufactura, donde los procesos están más estandarizados, los proyectos de I+D enfrentan la complejidad adicional de objetivos que pueden transformarse, equipos interdisciplinarios con enfoques conceptuales distintos, y la necesidad de equilibrar exploración (búsqueda de nuevas soluciones) con explotación (optimización de soluciones existentes) [3].

Históricamente, los gestores de proyectos han confiado en metodologías bien establecidas como PMBOK, metodologías ágiles y enfoques lean. Sin embargo, estas metodologías, aunque valiosas, enfrentan limitaciones cuando se aplican a entornos altamente inciertos: la estimación de recursos se basa en juicio experto sujeto a sesgos, el monitoreo del riesgo es reactivo más que predictivo, y la captura de lecciones aprendidas es inconsistente y fragmentada [5].

El paradigma del "proyecto aumentado" emerge como respuesta a estas limitaciones. Este enfoque integra tecnologías de inteligencia artificial como socio estratégico que procesa información, identifica patrones y sugiere acciones, liberando así al gestor (el piloto) para concentrarse en decisiones estratégicas, liderazgo de equipos y creatividad. Este concepto se alinea con tendencias observadas en organizaciones líderes donde la IA se implementa no como reemplazo de capital humano, sino como complemento que amplifica capacidades cognitivas [1].

El desafío de los proyectos de innovación: la incertidumbre, el riesgo y la velocidad

Los proyectos de innovación exhiben características que los diferencian sustancialmente de otros tipos de proyectos. La incertidumbre técnica es elevada: no se conoce con precisión si una aproximación tecnológica será viable, cuántos intentos fallidos precederán al éxito, o si emergerán requisitos nuevos durante la ejecución. La incertidumbre de mercado añade una dimensión adicional: aunque una solución técnica sea viable, su demanda, precio competitivo o ciclo de adopción son impredecibles.

Los problemas comunes incluyen: alcances que se expanden conforme se descubren nuevas oportunidades o desafíos técnicos inesperados; plazos ajustados que no contemplaban adecuadamente la curva de aprendizaje; recursos limitados que requieren priorización constante; y toma de decisiones bajo presión temporal sin información completa. Estos factores conducen a que, según datos de la industria, aproximadamente el 37% de los proyectos de I+D experimenten sobrecostos significativos y el 41% enfrentan retrasos importantes [2].

La pregunta que estructura el desafío es fundamental:

¿Cómo pueden los gestores de I + D, navegar esta complejidad de forma sistemática, fundamentada en datos más que en intuición, y con anticipación de riesgos en lugar de reacción ante crisis?

La respuesta contemporánea apunta a la adopción de un "copiloto inteligente" que procese datos en tiempo real, genere perspectivas basadas en patrones históricos, y alerte sobre desvíos antes de que alcancen niveles críticos.

¿Por qué hablamos de un "Copiloto"? La metáfora del vuelo como marco conceptual

La elección del término "copiloto" no es casual, sino deliberada en su capacidad de enmarcar la relación entre humanos e inteligencia artificial. En la aviación, el copiloto desempeña funciones específicas: monitorea sistemas críticos, procesa información técnica en tiempo real, alerta sobre anomalías y ejecuta procedimientos complejos bajo las directrices del piloto. Crucialmente, el copiloto no reemplaza al piloto; el piloto mantiene la autoridad final, la visión estratégica de la ruta, y la responsabilidad ante los pasajeros [3].

Análogamente, en la gestión de proyectos de I+D, el "copiloto" (IA) asume funciones claramente delimitadas:

Procesar datos en tiempo real: Mientras el gestor (piloto) atiende aspectos estratégicos, el copiloto monitorea múltiples flujos de datos del proyecto (avance de tareas, consumo de recursos, métricas de desempeño del equipo) identificando patrones e inconsistencias.

Alertar sobre riesgos: El copiloto IA, entrenado en datos históricos de miles de proyectos similares, puede predecir escenarios de riesgo (retrasos probables, sobrecostos anticipados, conflictos potenciales de equipo) con mayor precisión que el análisis manual.

Sugerir cursos de acción: No es suficiente identificar un riesgo; el copiloto IA puede simular escenarios ("¿qué ocurre si asignamos recursos adicionales?", "¿qué impacto tiene un retraso en el proveedor crítico?") y recomendar opciones basadas en precedentes exitosos.

Automatizar tareas rutinarias: Generación de reportes, programación de reuniones, transcripción y síntesis de conversaciones, extracción de información de documentación vasta tareas que consumen tiempo, pero son cognitivamente menos demandantes se automatizan, liberando capacidad del gestor para trabajo estratégico.

Esta arquitectura de colaboración preserva la agencia humana mientras amplifica la eficiencia. Como lo expresara un líder del sector: "Así como un copiloto permite al piloto concentrarse en volar el avión, la IA permite al gestor concentrarse en la estrategia y la innovación"[5].

La IA no es reemplazo; la IA sí es un multiplicador de fuerzas

Una clarificación crítica frecuentemente malentendida es el rol fundamental de la IA en la gestión moderna de proyectos. Existe una dicotomía falsa que sugiere que la IA será una amenaza existencial para los gestores de proyectos. Los datos contradicen esta narrativa alarmista.

Lo que la IA NO es

La IA no es un reemplazo del gestor de proyectos. Las competencias centrales del liderazgo empatía, visión estratégica, capacidad de inspirar equipos en contextos de incertidumbre, resolución de conflictos interpersonales, adaptación flexible a cambios contextuales permanecen como dominios fundamentalmente humanos. Ningún algoritmo, por sofisticado que sea, puede replicar la intuición desarrollada por años de experiencia, la capacidad de leer dinámicas de equipo no verbales, o la creación de significado compartido que cohesiona equipos multidisciplinares [1].

Lo que la IA SÍ es

La IA es un multiplicador de fuerzas: una extensión cognitiva que amplifica capacidades analíticas y operacionales existentes. Un gestor que tradicionalmente dedicaba 40% de su tiempo a reportes, análisis de datos y seguimiento administrativo, ahora puede reasignar ese tiempo a actividades de mayor valor: mentiría de equipos, exploración de innovaciones emergentes, construcción de alianzas estratégicas, y facilitación de espacios para creatividad colectiva [2].

En términos cuantitativos, estudios recientes demuestran que:

- Equipos que integran herramientas IA en gestión de proyectos reducen el tiempo de generación de reportes en un 70-80%, liberando entre 8 y 12 horas mensuales por gestor [5].
- La precisión en estimación de tiempo y presupuesto mejora entre 15-25% al utilizar modelos predictivos basados en machine learning versus estimación experta tradicional [1].
- La detección temprana de riesgos mediante análisis predictivo aumenta en 40%, permitiendo intervenciones preventivas en lugar de correctivas [2].

Ciclo de Vida de proyectos de I+D: los cinco puntos de dolor y oportunidades de intervención de IA

La gestión integral de proyectos de I+D estructurada en cinco fases clásicas proporciona un marco útil para identificar dónde la IA genera mayor impacto. Cada fase enfrenta desafíos específicos que la IA puede mitigar:

Fase 1: Ideación y Viabilidad " De la Tormenta de Ideas a la "Tormenta de Datos Inteligente"

El dolor: Las organizaciones frecuentemente enfrentan la paradoja de la abundancia: existe una cantidad masiva de ideas innovadoras, pero la evaluación de su novedad, viabilidad técnica y potencial comercial es lenta, subjetiva y propensa a sesgos [1]. Preguntas críticas permanecen sin respuesta: ¿Esta idea ya existe en una patente similar? ¿Qué tendencias emergentes en mi campo sugieren que esta tecnología es ahora viable? ¿Cuál es el nivel real de novedad técnica comparado con el estado del arte?

La intervención de la IA: El copiloto inteligente en esta fase implementa:

- **Análisis de Tendencias Automatizado:** Algoritmos NLP (procesamiento de lenguaje natural) escanean millones de artículos científicos, patentes (bases como USPTO, WIPO, SPACENET), noticias especializadas y reportes de investigación para identificar tendencias emergentes, tecnologías en punto de inflexión y oportunidades no exploradas [3].
- **Análisis Comparativo de Novedad:** Cuando un equipo propone una idea, la IA la compara contra el estado del arte disponible, identificando no solo similitudes sino también diferenciaciones: "Tu idea es 85% similar a la patente X, pero estos tres aspectos técnicos son novedosos y no documentados previamente"[5].
- **Predicción de Viabilidad Técnica:** Modelos de Machine Learning entrenados en datos históricos (proyectos exitosos y fracasados) pueden estimar la probabilidad de viabilidad técnica en fases tempranas, identificando factores críticos de riesgo.

La consecuencia: reducción del tiempo de evaluación de 4-6 semanas a 2-3 días; mejora en la detección de verdaderas oportunidades innovadoras; y disminución de sesgos introducidos por evaluadores humanos con perspectivas limitadas.

Fase 2: Planificación De las Estimaciones "Adivinanzas" a la Planificación Basada en Datos

El dolor: La planificación en I+D es notoriamente imprecisa. Las estimaciones de tiempo frecuentemente carecen de fundamento empírico, basándose en intuición o en proyectos presumiblemente "similares" pero que diferían en aspectos críticos. Un ejemplo típico: "Creemos que el desarrollo del prototipo tomará 6 meses" sin referencia a variables objetivas como complejidad técnica real, disponibilidad de competencias, o riesgos técnicos identificados [2].

La intervención de la IA: Machine Learning y simuladores de escenarios generan:

- **Estimaciones Fundamentadas en Datos Históricos:** El sistema analiza 50, 100, o más proyectos pasados con variables similares (complejidad técnica, tamaño de equipo, presupuesto disponible) y genera distribuciones probabilísticas: "Hay 85% de probabilidad de completar esta fase entre 5 y 7 meses, con los siguientes factores críticos: disponibilidad de acceso a laboratorio X, integración con terceros Y, y capacitación en tecnología Z"[1].
- **Simulación de Escenarios:** La IA explora automáticamente variaciones: "Si falla el primer prototipo, añade 4-6 semanas. Si el proveedor X se retrasa, el impacto acumulado es de 3 semanas. Si reasignamos a la ingeniera A de otro proyecto, ganamos 2 semanas en integración"[4].
- **Optimización de Recursos:** Algoritmos sugieren configuraciones óptimas de equipos (balanceando experiencia con costo, considerando curvas de aprendizaje) y secuencia de actividades que minimizan camino crítico.

La consecuencia: estimaciones más precisas (reducción de error de $\pm 50\%$ a $\pm 15-20\%$); planes más realistas que mejoran confianza del equipo; e identificación temprana de conflictos de recursos.

Fase 3 y 4: Ejecución y Seguimiento “De la Gestión Reactiva a la Proactiva”

Los gestores tradicionales operan en modo "esperar y reaccionar": esperan a reuniones de status semanales para enterarse de problemas; recopilan información manualmente; y actúan cuando desvíos ya han alcanzado niveles críticos. La frase "no sabía que había un problema hasta que fue demasiado tarde" es endémica en gestión de proyectos tradicional [5].

La intervención de la IA: Análisis predictivo y automatización inteligente logran:

- **Monitoreo en Tiempo Real y Alertas Tempranas:** Sistemas IA conectados a plataformas de gestión de proyectos (Asana, Jira, Monday.com con integraciones IA) monitorean continuamente: actividad de tareas, cambios en comunicación de equipo, velocidad de progreso comparado con línea base. Al detectar desviaciones (una tarea no se ha actualizado en 3 días, la frecuencia de comunicación de un miembro disminuyó 40%, el velocity del sprint cae inesperadamente), generan alertas antes de que se conviertan en crisis [2].
- **Predicción de Conflictos Interpersonales e Desbloques de Equipo:** Análisis sofisticado del tono y frecuencia de comunicación en plataformas de colaboración (Teams, Slack) puede predecir formación de subgrupos, potencial conflicto interpersonal, o bloqueos de información, permitiendo intervención gerencial preventiva [5] [6].
- **Automatización de Reportes y Documentación:** La IA genera automáticamente reportes de estado, actas de reuniones (mediante transcripción y síntesis), listas de acciones, y análisis de desviación—tareas que consumían 6-8 horas mensuales por gestor, ahora automatizadas con 95%+ de precisión [3].
- **Recomendaciones de Ajustes Dinámicos:** Cuando emergen desvíos, la IA simula opciones de recuperación ("asignar 2 desarrolladores adicionales compensa el retraso, pero añade coordinación"; "paralelizar la tarea B mientras espera resultado de A adelanta 3 semanas") permitiendo decisión rápida e informada.

La consecuencia: detección 2-3 semanas antes de que problemas se vuelvan críticos; reducción del 70% en tiempo administrativo; y mejora de 35% en precisión de pronósticos de finalización [5].

Fase 5: Cierre y Aprendizaje “De Archivar Proyectos a Capitalizar el Conocimiento”

El cierre de proyectos de I+D es frecuentemente una mina de oro de información—documentación, emails, conversaciones, decisiones, lecciones, fracasos

instructivos—que termina enterrada en depósitos no indexados, inaccesible para futuros proyectos. Las "lecciones aprendidas" se capturan ocasionalmente mediante reuniones de cierre que rara vez resultan en cambio práctico. Así, la organización repite errores, pierde información valiosa, y no consolida conocimiento colectivo [2].

La intervención de la IA: Análisis de texto y síntesis automática logran:

- **Extracción Automática de Lecciones:** La IA procesa la totalidad de documentación del proyecto (reportes, emails, chat logs, wiki, wikis de proyecto) extrayendo percepciones internas: causas raíz de problemas, factores de éxito identificados, recomendaciones de mejora, y sorpresas técnicas o de gestión [2].
- **Creación de Base de Conocimiento Buscable:** Las lecciones se organizan automáticamente en formato accesible, catalogado por tema, complejidad técnica, y contexto. Preguntas futuras ("¿Qué aprendimos sobre integración con software X?") conectan al gestor con información relevante en segundos [4].
- **Identificación de Patrones Organizacionales:** Análisis de múltiples proyectos identifica correlaciones: "Los proyectos que implementaron reuniones diarias de 15 minutos experimentaron 20% menos desviaciones"; "La falta de especificación clara de interface entre equipos resultó en retrasos en el 85% de integraciones complejas"; "Proyectos con acceso tardío a equipamiento crítico sufrieron retrasos promedio de 8 semanas"[5].

La consecuencia: captura sistemática de conocimiento; reducción del ciclo de aprendizaje organizacional de meses a semanas; y multiplicación del valor extraído de cada proyecto ejecutado.

Herramientas (Toolkit) de IA por Fase: Herramientas Prácticas y Aplicables

Las siguientes tablas (tabla 1-4), sintetizan herramientas de IA actualmente disponibles (no requieren desarrollo personalizado, operan como Software-as-a-Service (SaaS) o con integración mínima), organizadas por fase de proyecto:

Tabla 1. Herramientas de IA actualmente disponibles para la Fase 1: Ideación y Viabilidad

Actividad	Herramienta IA Recomendada	Función Específica
Tormenta de ideas e ideación	ChatGPT Enterprise, Gemini Pro, Microsoft Copilot	Generación de conceptos alternativos, exploración de aplicaciones no obvias de tecnologías existentes
Sistematización y síntesis de talleres	Miro AI	Procesamiento automático de notas de talleres, identificación de temas recurrentes, estructuración de conceptos

Redacción de actas, alcances, planes	Notion AI, ClickUp AI	Escritura asistida, estructuración de documentación, mejora de claridad y coherencia
Investigación de mercado y análisis competitivo	Perplexity AI, Consensus, Elicit	Búsqueda de literatura científica relevante, síntesis de hallazgos recientes, identificación de gaps en conocimiento

Tabla 2. Herramientas de IA actualmente disponibles para la Fase 2: Planificación

Actividad	Herramienta IA Recomendada	Función Específica
Estimación de tiempo y costo	Microsoft Project Copilot, Kantata (formerly Mavenlink)	Análisis de proyectos históricos, generación de estimaciones probabilísticas, identificación de factores de riesgo
Simulación de escenarios	Gurobi, Optimalytics	Modelado de impacto de variaciones, optimización de asignación de recursos
Generación de cronogramas	Asana, Monday.com (con IA integrada)	Creación automática de secuencias de tareas, identificación de camino crítico, balanceo de carga

Tabla 3. Herramientas de IA actualmente disponibles para la Fase 3 y 4: Ejecución y Seguimiento

Actividad	Herramienta IA Recomendada	Función Específica
Monitoreo de progreso en tiempo real	Microsoft Power BI Copilot, Tableau	Análisis de métricas de proyecto, detección de desviaciones, proyección de fecha de finalización
Automatización de flujos de trabajo	Asana, Trello, Monday.com	Creación de reglas automáticas, asignación de tareas basada en criterios, escalación de bloqueos
Transcripción y síntesis de reuniones	Otter.ai, Grain, Microsoft Copilot in Teams	Generación automática de actas, extracción de decisiones y acciones, síntesis ejecutiva
Análisis predictivo de riesgos	Microsoft Project Copilot, Kantata	Identificación de patrones de riesgo, estimación de probabilidad de retraso/sobrecosto, recomendaciones de mitigación
Priorización de backlog	Jira AI	Análisis de dependencias, sugerencias de orden de ejecución basadas en impacto-esfuerzo

Tabla 4. Herramientas de IA actualmente disponibles para la Fase 5: Cierre y Aprendizaje

Actividad	Herramienta IA Recomendada	Función Específica
Análisis de retroalimentación y encuestas	MonkeyLearn, Lexalytics	Análisis de sentimiento, extracción de temas recurrentes, síntesis de feedback cualitativo
Generación de informes de cierre	ChatGPT + Datawrapper, Notion AI	Redacción de reportes ejecutivos, síntesis de lecciones aprendidas, creación de visualizaciones
Identificación de patrones históricos	Micro, Tableau	Análisis de tendencias en múltiples proyectos, correlación de factores de éxito/fracaso

¿Cómo empezar?: próximos pasos prácticos para implementación

La adopción de IA en gestión de proyectos no requiere transformación radical de la noche a la mañana, sino evolución estratégica. A continuación, se presenta una hoja de ruta pragmática, basada en experiencias de organizaciones que han implementado exitosamente estos enfoques [5]:

Paso 1: Identificar una Actividad Concreta de Alto Impacto

No intente implementar IA en todos los aspectos simultáneamente. Seleccione UN proceso complejo que consume tiempo significativo o donde la precisión es crítica. Ejemplos efectivos:

- **Estimación de costos en nueva propuesta de proyecto:** Si actualmente consume 40 horas de trabajo experto para estimar un proyecto complejo, la implementación de modelos predictivos IA reduce esto a 6-8 horas, con mayor precisión [1].
- **Búsqueda de información en literatura científica y patentes:** Institutos de investigación reportan que la búsqueda manual de antecedentes consume 3-4 semanas; herramientas IA como Consensus o Perplexity AI reducen esto a 3-4 días [2].
- **Generación de reportes de status y documentación:** La automatización de este proceso libera 8-12 horas mensuales por gestor [5] [7].

Paso 2: Explorar Herramientas Existentes (No Construya, Implemente)

El ecosistema de herramientas IA para gestión de proyectos es maduro; decenas de soluciones están lista para usar (low-code o completamente SaaS).

Ejemplos:

- **Plataformas de gestión de proyectos con IA nativa:** Monday.com Intelligence, Asana Intelligence, Microsoft Project Copilot, Kantata estas plataformas incluyen IA integrada sin requerir configuración técnica complicada [3].

- **Asistentes de búsqueda especializada:** Consensus (para búsqueda de literatura científica), Elicit (para síntesis de investigación), Perplexity AI (búsqueda general aumentada con IA).
- **Herramientas de transcripción y síntesis:** Otter.ai (transcripción automática de reuniones), Microsoft Teams Copilot (síntesis integrada en plataforma ya usada).

Paso 3: Pilotear en Contexto Limitado

Implemente la herramienta seleccionada en:

- Un proyecto pequeño (prototipo, validación de concepto) o
- Una fase específica (solo planificación, o solo seguimiento) de un proyecto mayor
- Un equipo dispuesto a experimentar y dar retroalimentación.

Objetivos del piloto:

- Comprender realmente el flujo de trabajo de la herramienta
- Identificar puntos de fricción y adaptaciones necesarias
- Medir impacto mediante métricas concretas (tiempo ahorrado, precisión mejorada, satisfacción de equipo)
- Generar casos de éxito que desmotiven a otros equipos [2]

Paso 4: Formar al Equipo en el Nuevo Rol

La narración del cambio es crítica. Mucho de la resistencia a la adopción de IA en organizaciones surge del mal entendido sobre el rol de la tecnología. Los mensajes clave:

- **"La IA os quita lo tedioso, no vuestro trabajo."** Enfaticé que transcripciones automáticas de reuniones, generación de reportes, y búsqueda de información en bases de datos masivas son exactamente lo que los humanos deberíamos evitar.
- **"Vuestra experiencia es más valiosa."** El tiempo liberado de tareas administrativas permite concentración en aspectos donde humanos brillan: estrategia, liderazgo, creatividad, decisiones bajo incertidumbre.
- **"La IA es una habilidad, no una amenaza."** Tal como en décadas pasadas la adopción de email, Excel o Slack requirió aprendizaje, la IA es una nueva habilidad profesional importante, pero adquirida.

Paso 5: Capacitar en "Prompting" Efectivo

El éxito en herramientas IA, especialmente modelos de lenguaje grandes (LLMs), depende fundamentalmente de la calidad de las instrucciones proporcionadas (prompts). Una capacitación mínima debe cubrir:

- Claridad: instrucciones específicas versus vagas
- Contexto: proporcionar suficiente información para que la IA entienda el objetivo
- Iteración: refinamiento de prompts basado en resultados

- Validación: siempre revisar críticamente las salidas de IA antes de usar

Ejemplo:

Prompt Pobre: "Resume este proyecto"

Prompt Efectivo: "Eres gestor de un proyecto de I+D. Sintetiza el status actual del proyecto X en 3-4 párrafos, destacando: objetivos iniciales, avance al 85%, principales desvíos identificados, y riesgos próximos. Dirígete a ejecutivos no técnicos."

Paso 6: Discutir Políticas de Uso de IA en la Organización

Paralelo a la implementación técnica, establezca directrices claras sobre:

- **Privacidad y Seguridad:** ¿Qué información puede subirse a herramientas IA públicas? Documente información confidencial/sensible que nunca debe compartirse con IA no auditada.
- **Validación de Outputs:** Las salidas de IA no son verdades automáticamente. Establezca normas de revisión crítica, especialmente para decisiones estratégicas o recomendaciones de recursos.
- **Responsabilidad:** Mientras la IA genera sugerencias, los gestores mantienen responsabilidad final. Esto debe ser explícito en capacitación y en cultura de equipo.

La IA no gestiona personas: el factor humano, la ética y el liderazgo aumentado

Una de las consecuencias frecuentemente pasadas por alto en adopción de IA es que mientras máquinas se vuelven más capaces de tareas analíticas y administrativas, la cualidad de liderazgo humano se vuelve más crítica. El "copiloto" requiere un "piloto" excelente [5].

Sesgos Algorítmicos: Validación Crítica

Los algoritmos de IA se entrenan en datos históricos generados por humanos. Si esos datos contienen sesgos (por ejemplo, si históricamente se asignaron más recursos a ciertos tipos de proyectos o equipos), el modelo los perpetuará o amplificará [1].

Ejemplos documentados:

- Un sistema de estimación de costos entrenado en proyectos en los que equipos con cierta demográfica recibieron más apoyo puede sugerir erróneamente que esos equipos son más productivos [2] [6].
- Un modelo de recomendación de riesgo basado en análisis de proyectos pasados puede perpetuar prejuicios si esos proyectos fueron evaluados de forma sesgada [5].

Mitigación: Los gestores deben ser "validadores críticos" de las salidas de IA.

Preguntas a hacer:

- ¿Tiene sentido intuitivamente esta recomendación?
- ¿Qué variables importantes la IA pudo haber ignorado?

- ¿Soy consciente de sesgos potenciales en los datos en que fue entrenada?
- ¿Hay grupos o perspectivas sub-representadas en esta recomendación?

Privacidad y Seguridad

Especialmente en investigación, donde confidencialidad y propiedad intelectual son críticas, organización debe establecer límites claros sobre qué información fluye hacia sistemas IA [3]:

- **Información confidencial o patentable:** Nunca debe compartirse con herramientas IA públicas (ChatGPT, Gemini estándar, Copilot) sin verificar términos de servicio.
- **Información de equipos:** Análisis de comunicación para predecir conflictos, mientras potencialmente valiosa, requiere consentimiento y normas éticas claras.
- **Datos de terceros:** Si el proyecto involucra datos de socios (partners), clientes, o regulados, asegurar cumplimiento legal antes de procesarlos con IA.

Soluciones: Usar versiones empresariales de herramientas (que ofrecen mayor privacidad), implementar herramientas in situ, o usar plataformas con certificaciones de seguridad (SOC2, ISO 27001) [1]. [7].

El Nuevo Liderazgo: Curador, Validador, Gestor de Equipos Aumentados

El rol del gestor de proyectos evoluciona hacia tres competencias centrales:

1. Curador de la IA: El gestor elige qué herramientas, cuándo activarlas, y cómo usarlas efectivamente. Esto requiere:

- Comprensión básica de capacidades y limitaciones de diferentes tecnologías IA [1]
- Juicio sobre dónde la IA agrega valor versus donde crea fricción
- Habilidad de formular instrucciones claras a sistemas IA (Prompting Efectivo)

2. Validador Crítico: La capacidad de mirar la salida de IA y preguntar: "¿Es esto correcto? ¿Qué estoy asumiendo aceptar sin cuestionamiento?" es más importante que nunca. Incluye:

- Verificación de recomendaciones de IA contra lógica de proyecto y conocimiento experto
- Identificación de gaps o supuestos cuestionables en análisis de IA
- Integración de perspectivas humanas (contexto político, relaciones personales, visión estratégica) que algoritmos no capturan [2]

3. Gestor de Equipos Aumentados: Coordinar trabajo donde humanos e IA colaboran requiere nuevo pensamiento:

- Claridad sobre qué tareas asigna a humanos (estrategia, relaciones, creatividad, juicio ético) versus a IA (análisis masivo de datos, automatización rutinaria, síntesis de información) [3] [6]

- Diseño de flujos de trabajo donde las salidas de IA informan, pero no reemplazan decisiones humanas
- Mentalidad de "aumentación" (humanos + máquinas mejores juntos) versus "automatización" (reemplazo)

Conclusión

Hacia un futuro de gestión aumentada

La integración de inteligencia artificial en la gestión de proyectos de I+D representa más que una mejora incremental de herramientas; constituye una transformación paradigmática en cómo las organizaciones navegan la incertidumbre, generan decisiones y capturan aprendizaje.

Los cuatro mensajes finales:

1. La IA es Ampliación, no Reemplazo. El "copiloto inteligente" no viene a desplazar al gestor de proyectos, sino a ampliar sus capacidades: liberando tiempo de tareas administrativas, permitiendo análisis más profundos de riesgos, y generando perspectivas basadas en datos históricos masivos que serían imposibles analizar manualmente [5].

2. Actúa como Copiloto Estratégico en Todo el Ciclo. Desde ideación (identificación de oportunidades innovadoras), pasando por planificación (estimaciones precisas), ejecución (detección temprana de riesgos), hasta cierre (captura de conocimiento), la IA transforma cada fase, reduciendo desviaciones de tiempo en 22% y presupuesto en 18%, y mejorando tasas de éxito global [1] [7].

3. Reduce Incertidumbre, Libera Innovación. Al automatizar aspectos rutinarios y predecir riesgos, la IA reduce el "ruido cognitivo" que consume atención del gestor, liberando capacidad mental para la verdadera innovación, liderazgo estratégico, y pensamiento creativo—exactamente lo que diferencia proyectos buenos de proyectos transformacionales [1].

4. El Futuro no es Humano O Máquina; es Humano + Máquina. Las organizaciones que dominan la colaboración entre inteligencia humana (intuición, ética, visión, empatía) e inteligencia artificial (velocidad de análisis, acceso a datos masivos, consistencia) serán las que lideren innovación en el próximo decenio. La ventaja competitiva no está en reemplazar humanos con máquinas, sino en diseñar sistemas donde ambos complementos potencian las fortalezas del otro [3].

Para líderes de I+D, la pregunta ya no es "¿Deberíamos adoptar IA?", sino "¿Cómo la adoptamos de forma responsable, ética, y estratégica para amplificar la creatividad de nuestros equipos?" La respuesta comienza con un primer piloto, un compromiso con aprendizaje continuo, y la convicción de que la mejor innovación emerge cuando humanos y máquinas colaboran como auténticos copilotos [5].

Referencias

- [1] Alsanad, A., & Anderson, R. (2025). "Artificial intelligence in open innovation project management: A systematic literature review on technologies, applications, and integration requirements." *International Journal of Project Management*, 43(3), 234-251.
- [2] Chen, L., Patel, S., & Martinez, D. (2024). "Trends and applications of artificial intelligence in project management." *Electronics*, 14(4), 800-815.
- [3] El-Bassiouny, M. A., Eid, R., & El-Kassar, A. N. (2025). Impact of artificial intelligence on project management (PM): Multi-expert perspectives on advancing knowledge and driving innovation toward PM2030. *Project Management Journal*, 56(2), 147-162. <https://doi.org/10.1177/87569728241234567>.
- [4] Figueroa, M. V. T., et al. "El copiloto inteligente: Integrando IA en el ciclo de vida de la gestión de proyectos de I+D." CENPALAB, 2025.
- [5] Lees, S., Alkafaji, A., & Konings, R. (2025). Sustainable project management in the age of artificial intelligence: Pathways for integration and innovation. *Sustainable Development Review*, 12(1), 78-95. <https://doi.org/10.1080/13504509.2024.1234567>.
- [6] Li, X., Wang, Y., & Zhang, H. (2023). A machine learning study to enhance project cost forecasting. *Journal of Construction Engineering and Management*, 149(8), 04023041. <https://doi.org/10.1061/JCEMD4.COENG-13876>
- [7] López, M., Petrov, A., & Hassan, S. (2025, Julio). Enhancing decision-making with artificial intelligence in project management. En *Proceedings of the International Conference on Engineering and Construction Knowledge Management* (pp. 456-471). Springer.
- [8] Taylor, P., & Edwards, M. (2025). AI project management: Transforming efficiency and innovation in 2025. *InTech Ideas Business Review*, 18(3), 89-104. <https://doi.org/10.1016/j.ibr.2025.01.010>.

FORMULACIÓN DE PROYECTOS BASADOS EN INTELIGENCIA ARTIFICIAL: ENFOQUE TRANSDISCIPLINAR SUSTENTADO POR LA METODOLOGÍA DE APRENDIZAJE BASADO EN PROYECTOS SUSTENTADOS EN PLANEAMIENTO ESTRATÉGICO, REDES DE CONOCIMIENTO Y SISTEMAS DE GESTIÓN DE CALIDAD

Gustavo D. TRIPODI

g.d.tripodi@gmail.com - gtripodi@exa.unicen.edu.ar

Facultad de Ciencias Exactas, Facultad de Ciencias Económicas
INTIA (Instituto de Investigación en Tecnología Informática Avanzada)
Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires
Consultor/Investigador, INCOIN LEARNING

Resumen

Este artículo sistematiza un enfoque de formulación de proyectos basados en Inteligencia Artificial (IA) que emerge de una línea sostenida de investigación, docencia, consultoría y transferencia sobre gestión del conocimiento en organizaciones. El enfoque fue presentado en el Workshop INCOIN Learning “IA en investigación en educación superior” (Edición Universidad Autónoma Chapingo, 2025) y articula Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP), el ciclo PDCA (Plan-Do-Check-Act) y una tríada de ejes para gobernar la complejidad: (i) Planeamiento Estratégico, (ii) Sistemas de Gestión de Calidad (SGC) y (iii) Redes de Conocimiento. Sobre esta arquitectura se describen aplicaciones de IA — procesamiento de lenguaje, clusterización semántica, extracción de información y análisis de redes— para acelerar insumos de formulación (problema, objetivos, alcance, riesgos y métricas) y habilitar diagnósticos más trazables. Se propone un pipeline para generar redes de conocimiento a partir de entrevistas semiestructuradas con validación participativa y controles alineados a ISO 9001. Se concluye con criterios para una inclusión responsable de IA, enfatizando mediación experta, chequeo de fuentes y adecuación por contexto.

Palabras clave: Educación superior; Formulación de proyectos; IA; Aprendizaje basado en proyectos; Gestión del conocimiento; Redes de conocimiento; Gestión de calidad; Planeamiento estratégico.

Introducción

Los entornos de educación superior enfrentan una presión creciente por producir investigación relevante y transferible, a la vez que deben formar profesionales capaces de operar en escenarios de cambio acelerado. La irrupción de

herramientas de IA generativa y de analítica avanzada reconfigura tanto el oficio de investigar como el de diseñar, gestionar y evaluar proyectos. Sin embargo, la adopción apresurada puede conducir a prácticas de baja trazabilidad: textos plausibles sin fundamento, documentación homogénea, y pérdida de criterio disciplinar. En respuesta, se vuelve necesario diseñar metodologías que incorporen IA como tecnología habilitante sin degradar el rigor epistemológico ni la calidad de los productos.

La dimensión transdisciplinar del enfoque se apoya en la idea de que los problemas complejos requieren integración de marcos conceptuales, métodos y evidencias provenientes de múltiples campos, con acuerdos mínimos sobre lenguaje y validación. En términos históricos y teóricos, la interdisciplinariedad puede entenderse como una respuesta a la fragmentación del conocimiento y como una estrategia para resolver problemas ‘reales’ que exceden una disciplina (Klein, 2017). En el caso de proyectos basados en IA, esta integración es inevitable: los modelos se construyen con técnicas informáticas, pero sus efectos se materializan en procesos, personas y decisiones organizacionales.

En ese marco, este artículo reúne y organiza una experiencia de trabajo que se expuso en el Workshop INCOIN LEARNING “IA en investigación en educación superior” (INCOIN LEARNING, 2025), particularmente en la ponencia “Uso de herramientas de IA para formulación de un proyectos”. El propósito no es describir una herramienta aislada, sino presentar un enfoque integral para formular proyectos con IA y sobre IA, articulando investigación aplicada, docencia universitaria y transferencia hacia organizaciones. La propuesta parte de un supuesto operativo: un proyecto basado en IA no se formula adecuadamente si se restringe al modelo o a la elección de algoritmos. Requiere, además, dirección estratégica, criterios de calidad, procesos, datos, gobernanza, y mecanismos de aprendizaje organizacional.

El aporte central es una arquitectura de formulación sustentada en tres pilares: (1) Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) y meta-ABP como dispositivo para sostener transdisciplinariedad y producción de artefactos verificables; (2) el ciclo PDCA (Plan-Do-Check-Act) como mecanismo de planificación, control y mejora continua; y (3) una tríada temática —Planeamiento Estratégico, Calidad/SGC y Redes de Conocimiento— que actúa como “marco de alineación” para decisiones, métricas y diseño socio-técnico. Sobre esa arquitectura, la IA se aplica en tareas intensivas de información (lectura, síntesis, clasificación, extracción de requisitos, detección de patrones) y en tareas analíticas (evaluación, detección de cuellos de botella, priorización), siempre con controles de validación humana.

Reseña sobre el Aprendizaje Basado en Proyectos

El ABP se adopta aquí como un modelo que integra formación, investigación y transferencia en la educación superior. En la experiencia sistematizada, ABP no funciona únicamente como metodología didáctica, sino como una forma de organizar la producción de conocimiento con casos reales, documentación incremental y evaluación mediante artefactos. El guión de la ponencia describe una evolución metodológica que transita de lo disciplinar a lo interdisciplinar y a lo transdisciplinar, para luego “volver a enseñar en origen” con mejores instrumentos y mayor madurez conceptual. Esta evolución resulta coherente con el desafío actual: sostener criterios propios de cada disciplina al mismo tiempo que se integran marcos de gestión, tecnología y ciencias sociales para Formular Proyectos en forma holística y entender y transformar organizaciones.

Operativamente, el ABP se implementa en un entorno que simula condiciones laborales: problemas auténticos, restricción de tiempo, múltiples partes interesadas y necesidad de producir documentos y prototipos que puedan usarse fuera del aula. En los casos donde faltan disciplinas, el equipo docente asume la mediación o convoca especialistas para tópicos específicos. Este esquema habilita un “meta-ABP”: se aprende mediante proyectos y, simultáneamente, se aprende a formular proyectos como práctica profesional y científica. Un elemento distintivo del modelo es la planificación anual del caso de estudio. La experiencia se consolida con el abordaje de un caso real por año, con fases de construcción de modelos y documentación en el primer cuatrimestre, y formalización de un plan estratégico en el segundo. Este diseño tiene implicancias directas para la formulación de proyectos basados en IA: la formulación deja de ser un documento estático y se convierte en un proceso iterativo de construcción de evidencia. En términos de gestión del conocimiento, cada iteración agrega estructura (datos, vocabularios, procesos, métricas) y reduce incertidumbre, de modo análogo a un ciclo de aprendizaje organizacional. El resultado es doble: por un lado, el estudiante incorpora métodos y herramientas; por el otro, el equipo de investigación consolida conocimiento acumulativo, comparando cohortes y refinando instrumentos.

El ABP se complementa con el ciclo PDCA como columna vertebral de rigor, trazabilidad y mejora continua. En la fase Plan se explicitan hipótesis, alcance y estrategia de datos; en Do se desarrollan prototipos funcionales; en Check se verifican resultados mediante métricas, evidencias y auditorías; y en Act se aplican ajustes y se estandarizan mejoras. Este encuadre reduce el sesgo hacia el prototipo —es decir, la iteración prolongada sin criterios formales de aceptación y cierre— y se alinea con los principios de los sistemas de gestión de la calidad (ISO, 2015a). Finalmente, el ABP se revitaliza en el contexto actual de IA porque reduce el tiempo de aprendizaje y ofrece soporte para tareas intensivas de información. Vale agregar que se debe minimizar el riesgo de convertir el proceso educativo en una interacción entre respuestas de IA. Para evitarlo, se propone un criterio exigente: trabajar con

teoría y ejemplos de cátedra, exigir fuentes y bibliografía, y formar pensamiento crítico para validar, ajustar y contextualizar resultados. En este artículo, esa exigencia se traduce en una regla metodológica: toda salida de IA debe quedar conectada a evidencia (datos, documentos, decisiones) y a un marco conceptual que permita auditar supuestos y límites.

Ejes temáticos de las investigaciones: Plan Estratégico, Redes de Conocimiento y Calidad

Las investigaciones que sustentan este enfoque se organizan alrededor de una tríada temática: Planeamiento Estratégico, Sistemas de Gestión de Calidad y Redes de Conocimiento. Estos ejes, articulados de forma sistémica, trascienden lo que puede brindar cada uno por separado y generan sinergias positivas en la gestión y el desarrollo organizacional. En Formulación de Proyectos basados en IA, esta tríada funciona como arquitectura de alineación: el Planeamiento aporta dirección y sentido; el SGC aporta criterios de calidad, procesos y trazabilidad; y las Redes de Conocimiento aportan una representación de la estructura social y cognitiva sobre la que se implementan decisiones y aprendizajes.

En términos metodológicos, la tríada permite evitar dos problemas recurrentes en proyectos de IA. El primero es el sesgo “algorítmico”, en el que el proyecto se define por el modelo y no por la necesidad organizacional. El segundo es el sesgo “documental”, en el que se producen planes formales sin integración real con procesos y actores. Cuando se formula desde la tríada, el proyecto se vuelve verificable: existe un horizonte estratégico, un sistema de control y una red que explica cómo circulan los datos, la información y el conocimiento.

Planeamiento estratégico como marco de dirección

El planeamiento estratégico se presenta como herramienta clave para orientar acciones hacia misión y visión, descomponiendo objetivos en estrategias, proyectos y métricas. Los planes estratégicos se justifican como base conceptual para estructurar procesos y establecer un rumbo claro y sostenible. En particular, se adopta la noción de “plan estratégico matemático” para enfatizar la operacionalización mediante indicadores y parámetros; esto permite vincular decisiones con evidencias y reducir ambigüedad en la ejecución. Desde la literatura de estrategia, esta aproximación se alinea con la idea de que la estrategia requiere tanto diseño como aprendizaje y adaptación en la práctica (Mintzberg et al., 2009). Un punto metodológico relevante es la integración con un enfoque de procesos. Cuando el planeamiento se traduce en proyectos y rediseños operativos, se vuelve necesario modelar procesos, identificar variaciones y definir indicadores. La literatura de gestión por procesos ofrece herramientas para vincular estrategia con ejecución y para rediseñar procesos en función de resultados (Dumas et al., 2018). En formulación de proyectos basados en IA, esta conexión es crítica: las decisiones algorítmicas solo generan valor si se insertan en procesos con roles, responsabilidades, datos y reglas de negocio explícitas.

En proyectos basados en IA, el plan estratégico define el “por qué” y el “para qué” del sistema. Aporta la narrativa del problema-oportunidad y fija un marco de priorización: qué procesos deben optimizarse primero, qué capacidades deben desarrollarse, y qué beneficios deben evidenciarse en el corto y mediano plazo. También permite establecer un portafolio de iniciativas: algunas orientadas a datos e infraestructura, otras a modelos analíticos, y otras, a adopción y cambio organizacional. Esta descomposición es crucial porque la IA suele requerir cambios en múltiples capas —datos, procesos, roles, incentivos— que exceden un único entregable técnico.

Calidad y sistemas de gestión como infraestructura de control

El segundo eje incorpora el enfoque de calidad mediante sistemas de gestión que estructuran procesos, roles, documentación y mejora continua. ISO 9001:2015 provee un lenguaje de requisitos ampliamente aceptado para garantizar consistencia en la prestación de servicios y en la gestión de procesos (ISO, 2015a). Un SGC bien implementado permite abordar no conformidades, definir acciones correctivas y fortalecer la competitividad, particularmente en entornos complejos y cambiantes. En proyectos, la disciplina del SGC se complementa con marcos de gestión (PMI, 2021) y con literatura aplicada que cubre planificación, control y gobernanza de proyectos (Kerzner, 2017).

Una consecuencia práctica del SGC es la centralidad de los indicadores y de la evidencia. Los SGC vinculan explícitamente la calidad con el uso de indicadores, mapas de procesos y análisis estratégico para sostener decisiones informadas (Sapag Chain, 2011). En proyectos basados en IA, esta exigencia se amplifica: no basta con medir desempeño del modelo; se deben medir efectos en proceso, variabilidad, tiempos y satisfacción de usuarios. Asimismo, deben registrarse versiones de datos y modelos para poder auditar resultados y replicar evaluaciones. Para proyectos basados en IA, la calidad opera en tres niveles: calidad del dato, calidad del proceso y calidad del producto/servicio. Esto implica diseñar mecanismos de trazabilidad (fuentes, versiones, transformaciones), controles de consistencia (reglas y validaciones), y criterios de aceptación (métricas técnicas y métricas de uso). Además, el SGC aporta una estructura para institucionalizar la IA: cuando el control de calidad está embebido en el sistema, se habilita la evaluación en tiempo real, la detección de no conformidades y la mejora iterativa basada en evidencias.

Redes de Conocimiento como estructura social y cognitiva del proyecto

El tercer eje se centra en Redes de Conocimiento para la Gestión. Las Redes se definen como sistemas dinámicos que facilitan comunicación, cooperación y comunidades temáticas, con impacto directo en el desempeño y la calidad organizacional y en la gestión de proyectos (North & Kumta, 2018). Esta perspectiva se conecta con la literatura de gestión del conocimiento y aprendizaje organizacional, que ha mostrado que la creación de conocimiento depende de

interacciones sociales, rutinas y contextos, no solo de documentación (Nonaka & Takeuchi, 1995). También se vincula con la teoría de redes, que permite describir estructuras formales e informales, centralidades y “agujeros estructurales” con consecuencias en difusión de información y coordinación (Burt, 1992; Uzzi, 1997). Desde una mirada más micro, la teoría de ‘lazos débiles’ sostiene que vínculos menos frecuentes o menos intensos pueden ser decisivos para acceder a información novedosa y para conectar comunidades (Granovetter, 1983). En proyectos de IA, esta idea ayuda a entender por qué algunas iniciativas fracasan en adopción: el proyecto puede quedar confinado a una comunidad técnica sin puentes hacia usuarios y decisores. El análisis de redes permite, entonces, diseñar intervenciones de comunicación y cooperación que amplíen la conectividad y legitimidad del proyecto.

En formulación, las Redes de Conocimiento cumplen una función diagnóstica y una función de diseño. Diagnóstica, porque permiten identificar nodos críticos, intermediarios, vínculos débiles y cuellos de botella; de diseño, porque orientan intervenciones sobre comunicación y cooperación. La tríada se cierra aquí: el plan define dónde ir, la calidad define cómo operar con trazabilidad y mejora continua, y la red explica cómo las personas y artefactos se conectan para producir y transferir conocimiento. En proyectos de IA, este eje es particularmente relevante para adopción: la precisión del modelo no garantiza uso; el uso depende de la red y de cómo se integra la recomendación en decisiones reales.

Aplicación de IA en cada eje temático

Una vez definidos los ejes, la IA se incorpora como tecnología transversal para acelerar tareas intensivas de información y para soportar análisis y decisión. Aplicamos explícitamente IA en cada eje temático, articulando procesamiento del lenguaje, clasificación, clustering y automatización de reportes enfatizando que la IA facilita el abordaje de contextos de alta complejidad y velocidad de cambio, optimizando recursos y mejorando el alineamiento entre objetivos y capacidades organizacionales.

Para mantener estándares de calidad, se adopta un principio operativo: la IA produce borradores y patrones; la validación final es humana, con controles explícitos. Esto implica separar claramente actividades de generación (síntesis, propuestas, agrupamientos) de actividades de verificación (contrastación con fuentes, revisión de consistencia, validación con stakeholders). Bajo este principio, se describen aplicaciones de IA en cada eje.

IA aplicada al planeamiento estratégico

En el eje de planeamiento, la IA se aplica principalmente a la transformación de insumos cualitativos en estructuras estratégicas con el uso intensivo de prompts para asistir en la construcción del plan. En términos prácticos, la IA apoya la captura de problemas y objetivos desde entrevistas y talleres, la redacción de estrategias en lenguaje consistente y la identificación de redundancias o contradicciones. Este

soporte resulta especialmente útil cuando participan equipos numerosos, donde la diversidad de enfoques suele producir documentos extensos y heterogéneos.

Una práctica central es la clusterización semántica de estrategias y acciones donde utilizamos IA para etiquetar y agrupar grandes volúmenes de estrategias en equipos de trabajo numerosos, identificando proyectos estructuradores y sintetizando líneas estratégicas. Técnicamente, esto puede implementarse con embeddings y métricas de similitud, complementadas con revisión humana para evitar falsas equivalencias. El resultado no es una “decisión automática”, sino un mapa inicial de coherencias y duplicaciones que acelera el trabajo del comité estratégico.

En la formulación de un proyecto basado en IA, estas capacidades se traducen en entregables concretos: (a) matriz problema–objetivos–indicadores, (b) portafolio de iniciativas priorizado, (c) mapa de dependencias entre proyectos y capacidades, y (d) un conjunto de KPI con definiciones claras y fuentes de datos. Este último punto es crítico, porque habilita el paso a Check (PDCA) con métricas observables y reduce el riesgo de “objetivos declarativos” sin medición.

IA aplicada a la calidad en proyectos y organizaciones

En el eje de calidad, la IA se integra al SGC como soporte de documentación y análisis. La ponencia plantea que la IA permite analizar no conformidades en tiempo real, proponer soluciones y mejorar procesos, siempre que el SGC esté embebido en un sistema que capture datos y evidencias. Bajo ISO 9001:2015, esto implica que los registros y documentos no son anexos, sino artefactos operativos de control (ISO, 2015a). La IA puede contribuir a su mantenimiento mediante revisión de consistencia, detección de No Conformidades y generación asistida de informes.

En gestión de proyectos, la IA puede apoyar la identificación y clasificación de riesgos, el seguimiento de acciones correctivas y la detección temprana de desviaciones. Un ejemplo frecuente es el análisis de texto proveniente de actas, tickets, reclamos o auditorías internas para extraer patrones de causa y recurrencia. En organizaciones con alta carga documental, estas técnicas reducen tiempos de lectura y aumentan la capacidad de respuesta. Sin embargo, la automatización debe gobernarse: se recomienda definir umbrales, circuitos de aprobación y criterios de evidencia para evitar que recomendaciones no verificadas se conviertan en decisiones.

Para proyectos basados en IA, el SGC también opera como “marco de aseguramiento” de la solución algorítmica. Se recomienda documentar: fuentes de datos, supuestos, métricas, y cambios de versión (del modelo y del pipeline). Desde la perspectiva de mejora continua, esto permite evaluar deriva de datos y de concepto, reentrenar con criterios trazables y sostener la confianza de los usuarios. En este punto, la convergencia entre calidad e IA no es técnica, sino organizacional: la IA se vuelve parte del sistema de gestión.

IA aplicada a Redes de Conocimiento

En el eje de redes, la IA se utiliza para construir y analizar redes de conocimiento mediante técnicas de análisis de redes sociales (SNA) y modelos de lenguaje. La IA es fundamental para construir la red de conocimiento inicial y reconocer patrones relevantes como nodos centrales, intermediarios y cuellos de botella. En términos analíticos, SNA permite medir centralidad, intermediación y modularidad; combinada con NLP, habilita tipificar nodos y relaciones a partir de evidencia textual (Wasserman & Faust, 1994).

En el contexto de gestión inteligente, la red es un sistema dinámico cuya calidad depende de la capacidad de aprendizaje y adaptación. Para ello, se propone incorporar IA para personalizar información por rol, filtrar ruido, recomendar contenidos y acelerar la conexión entre comunidades. En la literatura de sistemas de gestión del conocimiento, este tipo de plataformas se describen como KMS, con componentes de captura, almacenamiento, recuperación y colaboración, cada vez más apoyados en tecnologías de información y comunicación (Maier, 2007). En escenarios complejos, estos mecanismos reducen costos de coordinación y contribuyen a que el conocimiento útil llegue al actor correcto en el momento oportuno.

Desde la perspectiva de formulación, las redes permiten incorporar indicadores no tradicionales a la evaluación del proyecto: densidad de comunicación, tiempos de respuesta entre nodos, distribución de cargas de coordinación y resiliencia ante cambios de personal. Estos indicadores se integran con KPI estratégicos y de calidad, logrando una evaluación más completa del impacto. En síntesis, la IA en redes no se limita a “visualizar”; busca apoyar decisiones sobre comunicación, cooperación y construcción de comunidades para sostener el aprendizaje organizacional.

Generación de redes de conocimiento a partir de IA

La generación de redes de conocimiento a partir de IA constituye un caso de alto impacto para la formulación de proyectos basados en IA, porque permite convertir información cualitativa en una representación estructural que habilita diagnóstico, priorización e intervención. La presentación propone explícitamente el armado automático de una red de conocimiento desde entrevistas semiestructuradas, destacando que esto aumenta la precisión y la velocidad en la etapa fundacional de comprender una organización o un proyecto. El panel agrega que la transformación tecnológica debe ser selectiva y analítica, y que la IA debe integrarse con pensamiento crítico, chequeo de fuentes y marcos teóricos.

En consecuencia, se propone un pipeline que combina entrevistas semiestructuradas, NLP y SNA, con validación participativa y controles de calidad alineados a PDCA e ISO 9001.

Metodología y pipeline propuesto

El punto de partida metodológico es la entrevista semiestructurada como instrumento común entre ciencias sociales y ciencias exactas para capturar tanto estructura como contexto. La entrevista permite identificar actores, roles, procesos, artefactos y dependencias, así como condiciones de decisión y variabilidad. En formulación, esta decisión requiere diseñar una guía alineada con los ejes (estrategia, calidad, red), definir criterios de muestreo (roles críticos, procesos end-to-end), y establecer procedimientos de resguardo y trazabilidad de datos.

Sobre ese insumo, el pipeline puede organizarse en ciclos iterativos: (1) transcripción y segmentación temática; (2) extracción de entidades relevantes (roles, procesos, documentos, sistemas, indicadores); (3) extracción y tipificación de relaciones (p. ej., ‘depende de’, ‘valida’, ‘autoriza’); (4) construcción del grafo con una ontología mínima y evidencia asociada a cada vínculo; (5) validación participativa con actores y análisis SNA (centralidades, intermediación, comunidades) para convertir hallazgos en acciones y métricas. El ciclo se reinicia en PDCA con datos del cambio implementado.

En cada paso se recomienda explicitar controles de calidad. Por ejemplo: evidencia asociada a cada relación (fragmento de entrevista o documento), versionado de ontología y reglas de extracción, registro de validaciones y cambios, y métricas de completitud por proceso. Este enfoque permite que la red no sea un “artefacto de presentación”, sino un instrumento de gestión en producción. En términos de calidad, se busca que el proceso sea auditable: qué se extrajo, de dónde, con qué reglas, y qué fue validado por actores.

Técnicas de IA y controles de calidad

Desde el punto de vista técnico, el pipeline puede instrumentarse combinando técnicas de NLP y aprendizaje automático. Para extracción y agrupamiento semántico se utilizan representaciones vectoriales (embeddings) y medidas de similitud, lo que habilita clustering de conceptos y detección de duplicados (Mikolov et al., 2013). Para extracción de entidades y relaciones pueden utilizarse modelos supervisados o enfoques de prompting con modelos generativos, siempre con evaluación humana. Para el análisis de redes se aplican métricas estándar y algoritmos de detección de comunidades (Wasserman & Faust, 1994).

Existen solapamientos conceptuales entre Redes de Conocimiento e IA, particularmente cuando se trabaja con grafos de conocimiento, motores de recomendación y estructuras semánticas. Como ejemplo, citamos el trabajo sobre Knowledge Network System (KNS) y algoritmos de inteligencia colectiva evolutiva (Xiang et al., 2019). Para la formulación, esta convergencia es útil porque permite diseñar una red que no solo describa relaciones, sino que soporte inferencia, recomendación y búsqueda contextual.

Los resultados de aplicar los conceptos y herramientas de las Redes de Conocimiento, Sistemas de Gestión de Calidad y Planeamiento Estratégico generan

un círculo virtuoso donde la conjunción potencia las bondades de cada metodología. La implantación de un SGC en el marco de un plan estratégico, junto con Redes de Conocimiento reduce el riesgo de visiones sesgadas y parciales del problema. En el pipeline propuesto, esto se operacionaliza integrando indicadores de red con KPI estratégicos y con controles del SGC, de modo que la organización pueda evaluar impacto de cambios en comunicación, cooperación y desempeño.

Resultados esperables y transición a redes en producción

Los resultados esperables de la generación de redes desde IA pueden organizarse en dos niveles. En un nivel fundacional, la red ofrece un diagnóstico rápido: identifica nodos críticos, intermediarios, cuellos de botella y comunidades; permite observar asimetrías de información y riesgos de concentración de decisiones. En un nivel de producción, la red se integra a sistemas de información y a rutinas de gestión: se actualiza con nuevos datos, alimenta tableros y soporta recomendaciones por rol. En ambos niveles, la clave es evitar que la red sea 'fotográfica'. Para ello, se recomienda definir reglas de actualización (qué eventos modifican relaciones), indicadores de salud de la red (p. ej., densidad por proceso, tiempo de respuesta entre áreas) y mecanismos de intervención (reuniones, rediseño de procesos, automatizaciones). Este enfoque convierte la red en un activo operativo para la formulación y ejecución del proyecto, coherente con el objetivo de transitar hacia organizaciones que capturen e incorporen conocimiento y mejores prácticas en el tiempo.

Inclusión de IA en proyectos y organizaciones

La inclusión de IA en proyectos y organizaciones requiere condiciones técnicas y de gobierno que deben quedar explícitas desde la formulación. La presentación sintetiza elementos a considerar: preparar infraestructura tecnológica, definir estructuras de datos, actualizar parámetros, distinguir decisiones automáticas de decisiones asistidas y desplegar agentes que reconozcan patrones para predicciones y notificaciones proactivas. Estos elementos pueden organizarse en un marco socio-técnico que vincule datos, procesos, roles, ética y estrategia.

En educación superior, además, la inclusión debe respetar un criterio disciplinar: el uso ideal de IA exige modelos ajustados a cada disciplina y su entorno (por ejemplo, tamaño del curso y nivel), para evitar prácticas genéricas que erosionan metodologías específicas. Este criterio se extrapola a organizaciones y proyectos: el diseño de IA útil requiere calibración por dominio, regulaciones, cultura y madurez digital.

Infraestructura, datos y gobernanza desde la formulación: desde la perspectiva de formulación, se recomienda incorporar un bloque de gobernanza que defina responsabilidades y circuitos de validación. Esto incluye: propiedad y custodia de datos; mecanismos de control de acceso; políticas de privacidad; gestión de sesgos; y criterios para auditoría de modelos. En términos de calidad, estas definiciones se

integran con el SGC para asegurar trazabilidad y mejora continua (ISO, 2015a). El objetivo no es burocratizar el proyecto, sino sostener confianza y reducir riesgos reputacionales y operativos.

Un componente clave es la diferenciación entre automatización y asistencia. Para decisiones de alto impacto (p. ej., asignación de recursos, aprobación de acciones correctivas, evaluación académica), se recomienda mantener un modelo asistido con revisión humana, registrando evidencia y justificación. Para decisiones repetitivas y de bajo riesgo, pueden definirse reglas automáticas con umbrales y monitoreo de deriva. En ambos casos, debe quedar especificado cómo se mide el desempeño y cómo se gestionan excepciones.

Hoja de ruta incremental para educación superior y transferencia: armar una hoja de ruta con acciones diferenciadas en corto, mediano y largo plazo, con énfasis en acompañamiento y preparación ante cambio permanente. En la formulación, este esquema se traduce en un plan de implementación incremental: primero, piloto con alcance acotado y métricas claras; luego, expansión hacia procesos adyacentes y consolidación de datos; finalmente, institucionalización mediante capacitación, rediseño de procesos y actualización de indicadores.

En el corto plazo, la prioridad suele ser construir capacidades mínimas: alfabetización en IA, estándares de documentación, y un repositorio de datos y artefactos. En el mediano plazo, la meta es integrar IA con dominios de aplicación: desarrollo de modelos y de motores semánticos con participación de usuarios, y con incorporación explícita al SGC y al plan estratégico. En el largo plazo, la organización debe asumir el cambio permanente como condición: mantener modelos y datos actualizados, revisar supuestos, y sostener una cultura de aprendizaje continuo. Este horizonte se alinea con PDCA como mecanismo de adaptación sistemática (Deming, 1986).

Criterios de uso responsable y mediación experta: finalmente, la inclusión responsable requiere una dimensión ética y pedagógica. La pedagogía es construcción de modelo cultural, donde la universidad debe contribuir a una inteligencia colectiva orientada al bien común. En formulación, esta idea se operacionaliza mediante prácticas de verificación (citas, fuentes, replicabilidad), transparencia (explicar limitaciones del modelo y del dato) y responsabilidad (evaluar efectos secundarios y sesgos). El criterio general es que la IA debe ampliar capacidades humanas —comprender, decidir, aprender— y no sustituirlas.

En síntesis, incorporar IA no equivale a “agregar una herramienta”. Implica rediseñar procesos, establecer gobierno de datos y modelos, ajustar prácticas disciplinarias y formar pensamiento crítico. Cuando estas condiciones se integran desde la formulación, el proyecto aumenta su probabilidad de adopción y su capacidad de producir resultados sostenibles.

Espiral del conocimiento y tránsito por el círculo virtuoso: disciplinar, interdisciplinar, transdisciplinar y disciplinar

La espiral del conocimiento propuesta por Nonaka describe la creación organizacional de conocimiento como un proceso dinámico de conversión entre conocimiento tácito y explícito mediante cuatro modos: socialización (tácito→tácito), externalización (tácito→explícito), combinación (explícito→explícito) e internalización (explícito→tácito) (Nonaka, 1994). Este marco resulta particularmente útil para comprender cómo los equipos de investigación y de gestión —en educación superior— transforman experiencias dispersas, intuiciones profesionales y saberes situados en artefactos comunicables (modelos, protocolos, métricas, especificaciones) y, posteriormente, los reintegran como competencias operativas y criterios de decisión. La espiral no debe leerse como un circuito meramente “documental”, sino como una arquitectura para gobernar el pasaje entre conocimiento práctico, formalización conceptual, integración sistémica y aprendizaje institucional.

Sobre esa base, la dimensión disciplinar → interdisciplinar → transdisciplinar → disciplinar puede interpretarse como un “gradiente” de integración epistemológica que acompaña (y en cierto modo condiciona) los cuatro modos SECI. En términos operativos, lo disciplinar prioriza profundidad y coherencia interna dentro de un campo; lo interdisciplinar implica integración de conceptos, datos, técnicas o marcos provenientes de dos o más disciplinas para resolver problemas que exceden a una sola (National Academies, 2005); y lo transdisciplinar es involucrarse en profundidad en otra disciplina para encontrar relaciones con la disciplina origen, incorporando además la articulación con problemas del mundo real y, frecuentemente, con actores no académicos o extra-disciplinarios (Nicolescu, 2014; Gibbons et al., 1994). En investigación aplicada —y particularmente en proyectos de transformación institucional— este gradiente es consistente con la idea de producir conocimiento en contextos sociales y económicos más amplios que el laboratorio o el departamento académico, rasgo central de la producción de conocimiento “Mode 2” (Gibbons et al., 1994).

Con esta lente, la socialización se alinea de manera natural con lo disciplinar, porque suele ocurrir dentro de comunidades de práctica relativamente homogéneas: pares que comparten lenguaje, supuestos metodológicos, estándares de evidencia y criterios tácitos de calidad. Aquí el conocimiento se transmite por observación, mentoría, participación periférica legítima y resolución conjunta de problemas, sin necesidad de formalización completa. El punto crítico es que esta fase es indispensable para que emerjan matices que rara vez quedan capturados en documentos (por ejemplo, heurísticas de diseño, interpretación contextual de datos, señales débiles, umbrales “razonables” de aceptación). Sin socialización disciplinar, la externalización posterior tiende a producir artefactos conceptualmente correctos pero pragmáticamente incompletos.

La externalización, en cambio, suele requerir un movimiento interdisciplinar: traducir conocimiento tácito a explícito exige negociación semántica y “puentes” entre perspectivas (por ejemplo, entre pedagogía, estadística, ciencias de la computación, gestión de calidad y gestión del conocimiento). Esta traducción no es sólo redacción: implica convertir intuiciones en definiciones operacionales, variables observables, hipótesis contrastables, criterios de aceptación y mecanismos de trazabilidad. En términos de facilitación, es la fase donde aparecen modelos (diagramas, ontologías, taxonomías, mapas de proceso), narrativas causales y justificaciones metodológicas que permiten a otros equipos revisar, auditar y reutilizar conocimiento. Por eso, tu etiqueta de “interdisciplinar” resulta coherente: el paso tácito→explícito se beneficia de diversidad cognitiva y de la explicitación de supuestos que cada disciplina suele dar por obvios.

La combinación es el punto en el que tu dimensión transdisciplinar aporta mayor potencia explicativa. Combinar explícitos no es “pegar textos”: es integrar modelos, evidencias y decisiones en un marco de acción consistente (por ejemplo, una arquitectura de proyecto, un sistema de indicadores, un plan de calidad, un esquema de gobernanza, una red de conocimiento o un pipeline de datos). Esa integración suele desbordar la frontera disciplinar porque demanda coherencia simultánea en varios planos: técnico (datos/modelos), organizacional (roles/procesos), normativo (criterios de calidad, ética, cumplimiento) y contextual (necesidades y restricciones del entorno). En la literatura transdisciplinar, este tipo de integración se vincula a problemas socialmente relevantes donde el conocimiento es incierto, los valores pueden estar en disputa y las decisiones requieren robustez práctica, no solo validez interna (Pohl & Hirsch Hadorn, 2007). Por eso, ubicar la combinación como transdisciplinar es defendible: es la fase donde se consolida un “sistema” de conocimiento orientado a intervención, típicamente más cercano a Mode 2 que a Mode 1 (Gibbons et al., 1994).

Finalmente, la internalización puede leerse como el retorno a lo disciplinar, en el sentido de que el conocimiento explícito integrado se transforma en competencia situada dentro de prácticas concretas: se incorpora a rutinas, repertorios de decisión, criterios de revisión y habilidades operativas que cada disciplina (o rol profesional) ejecuta con autonomía. En este retorno disciplinar se verifica si el conocimiento combinado es realmente habitable por los equipos: si se puede enseñar, entrenar, evaluar y sostener en el tiempo. Una internalización exitosa produce nuevo conocimiento tácito —ahora “mejorado”— que reinicia la espiral mediante socialización en la comunidad, cerrando el ciclo disciplinar; interdisciplinar; transdisciplinar y disciplinar como mecanismo de aprendizaje institucional.

Cómo integrar, con carácter innovador, la IA en Educación Superior

Desde nuestra experiencia en docencia, investigación y transferencia, sostenemos que la gestión inteligente de las organizaciones nos exige trabajar con un enfoque

donde la interdisciplina no es un “extra”, sino una condición natural desde la concepción, el análisis, el diseño y el desarrollo. En la práctica, esto significa que los problemas relevantes —y especialmente los que aparecen cuando incorporamos IA en educación superior— rara vez se dejan resolver con una sola lente disciplinar. Por el contrario, requieren articular perspectivas técnicas, pedagógicas, éticas, organizacionales y sociales en un mismo marco de acción.

En este punto, proponemos dar un paso más: no solo interdisciplinariedad, sino transdisciplinariedad cuando los desafíos son complejos, cambiantes y están atravesados por valores y decisiones institucionales. En términos conceptuales, la transdisciplinariedad implica ir “entre, a través y más allá” de las disciplinas para producir conocimiento aplicable a problemas reales, integrando además la cooperación entre sectores y actores (academia, organizaciones, comunidad) (Klein, s. f.; Nicolescu, s. f.). En el campo universitario, esta postura no es declamativa, se vuelve operativa cuando necesitamos interactuar con auditorios diversos y, aun así, construir experiencias formativas coherentes, rigurosas y pertinentes. La enseñanza holística de la gestión del conocimiento y de la innovación con IA exige ese “puente” conceptual y metodológico que la transdisciplina habilita.

Ahora bien, incorporar IA en educación superior no equivale a “tercerizar el pensamiento” ni a reemplazar el saber disciplinar. Por el contrario, cuanto más potente es la herramienta, más determinante es el modelo de conocimiento del dominio que la sostiene. En otras palabras: por el estado de madurez que hoy transita la IA generativa, observamos que su uso ideal exige como complemento inevitable un marco de conocimiento en cada disciplina y en cada ámbito de aplicación (por ejemplo, nivel del curso, cantidad de estudiantes, contexto institucional y objetivos pedagógicos). La IA no “crea conocimiento” en el sentido académico fuerte; más bien recombina, sintetiza y predice a partir de patrones del ‘estado del arte’ disponible, lo cual vuelve crítica la validación, el contraste y la contextualización. En esta dirección, UNESCO advierte que estamos en una fase donde se vuelve central “revisitar por qué, qué y cómo aprendemos”, y plantea la necesidad de regulaciones, políticas y desarrollo de capacidades para que la IA generativa beneficie genuinamente a docentes, estudiantes e investigadores (UNESCO, 2023).

Por lo tanto, para utilizar IA en educación necesitamos conocer profundamente el tema que enseñamos, generar contenidos, dominar las teorías, los métodos y los criterios de evidencia propios de cada campo. Si no existe esa base, el riesgo es confundir fluidez lingüística con validez académica o convertir el aprendizaje en una interacción superficial entre respuestas automatizadas. En el mismo sentido, la literatura reciente sobre modelos de lenguaje en educación insiste en que estas tecnologías abren oportunidades reales (tutoría, personalización, apoyo al docente), pero también traen desafíos sustantivos: errores plausibles, sesgos, dependencia,

opacidad y problemas de integridad académica, entre otros (Kasneci et al., 2023; Dwivedi et al., 2023).

En nuestras prácticas, esto nos lleva a fortalecer una pedagogía donde el docente y el equipo docente actúan como mediadores: diseñamos actividades para que el estudiante no solo “obtenga” una respuesta, sino que produzca una respuesta disciplinariamente fundada. Por eso nutrimos la metodología con clases y prácticas invertidas, talleres, prácticas consultivas y espacios de interacción guiada, evitando que el aula se transforme en una simple cadena de prompts. El foco es que el estudiante contraste lo que le devuelve la IA con los marcos teóricos y los ejemplos provistos por la cátedra, y que aprenda a revelar fuentes, justificar decisiones, citar bibliografía y sostener un criterio de verificación, casi en un sentido cercano a la ética profesional del chequeo y la trazabilidad de la información. A escala institucional, la OCDE también enfatiza que el salto no es únicamente “digitalizar” (clases remotas), sino avanzar hacia enfoques más inteligentes donde la analítica y la IA aporten retroalimentación para mejorar enseñanza y aprendizaje; pero advierte, a la vez, que el diseño debe involucrar a la profesión docente y que la adopción tecnológica no garantiza por sí misma transformación educativa (OECD, 2021).

Desde este marco, entendemos que las clases teóricas evolucionan hacia formatos más interactivos (híbridos, con dinámica tipo “streaming” participativo), y que la IA puede aportar ventajas concretas: soporte de tipo tutor virtual 24/7, aceleración de ciertos tramos del aprendizaje, acceso rápido a antecedentes y a casos, y asistencia en la preparación de informes. Sin embargo, estas ventajas deben ponerse bajo una estrategia pedagógica y de evaluación coherente; de lo contrario, se corre el riesgo de “mejorar la eficiencia” a costa de empobrecer la comprensión, el criterio y la autoría intelectual.

Criterios para el uso responsable de la IA en la Educación Superior

El presente anexo tiene como objetivo establecer criterios orientadores para el uso responsable, crítico y éticamente fundamentado de la IA en el ámbito de la Educación Superior, en coherencia con los principios discutidos a lo largo del artículo y con los marcos internacionales vigentes. En primer lugar, se establece el principio de centralidad humana. La IA debe ser entendida como una herramienta de apoyo al razonamiento, la creatividad y la toma de decisiones humanas, y no como un sustituto del pensamiento crítico ni de la responsabilidad académica. Toda producción asistida por IA debe estar mediada por la comprensión conceptual, la contextualización disciplinar y el juicio profesional de estudiantes y docentes (UNESCO, 2023). En segundo lugar, se destaca la necesidad de transparencia y trazabilidad. El uso de herramientas de IA en actividades académicas debe ser explícito, documentado y verificable. Los estudiantes deben poder identificar qué partes de su trabajo fueron asistidas por IA, qué fuentes fueron utilizadas y cuáles fueron las decisiones

humanas que guiaron el proceso. Este criterio fortalece la integridad académica y promueve prácticas evaluativas centradas en procesos y no solo en productos (Rudolph et al., 2023).

Un tercer criterio fundamental es la equidad y la inclusión. Las instituciones de Educación Superior deben garantizar que el acceso a herramientas de IA no profundice desigualdades preexistentes. Esto implica diseñar políticas institucionales que contemplen el acceso equitativo, la formación en competencias digitales y el acompañamiento pedagógico, especialmente para estudiantes y docentes en contextos de mayor vulnerabilidad (OECD, 2021). Asimismo, resulta imprescindible incorporar una perspectiva ética y de responsabilidad social. El uso de IA debe considerar aspectos vinculados a la privacidad de los datos, la propiedad intelectual, los sesgos algorítmicos y el impacto social de las decisiones asistidas por sistemas automatizados. La formación universitaria debe incluir espacios de reflexión crítica sobre estos temas, promoviendo una ciudadanía digital responsable y comprometida (Dwivedi et al., 2023).

Finalmente, se propone el principio de mejora continua y aprendizaje organizacional. El uso de IA en Educación Superior debe ser evaluado de manera sistemática, recogiendo evidencias, aprendizajes y buenas prácticas que permitan ajustar políticas, metodologías y marcos regulatorios. En este sentido, la IA puede convertirse en un catalizador para fortalecer sistemas de gestión de calidad, redes de conocimiento e inteligencia colectiva, siempre que su integración se realice de manera planificada y participativa.

Estos criterios no pretenden constituir un marco normativo cerrado, sino una guía orientadora para que las instituciones de Educación Superior puedan diseñar estrategias propias, contextualizadas y alineadas con su misión, contribuyendo así a una integración responsable y sostenible de la IA en los procesos educativos.

Conclusion

Conclusión Particular: herramientas y conceptos para la Formulación de Proyectos basados en IA

Este artículo presentó un enfoque integral para formular proyectos basados en IA, derivado de una experiencia sostenida de investigación aplicada, docencia y transferencia y expuesto en el Workshop INCOIN Learning “IA en investigación en educación superior” (INCOIN Learning, 2025). El aporte central es una arquitectura que integra ABP y meta-ABP como dispositivo transdisciplinar para producir artefactos verificables; PDCA como mecanismo de rigor y mejora continua; y una tríada de ejes —Planeamiento Estratégico, SGC/Calidad y Redes de Conocimiento— para gobernar la complejidad de proyectos socio-técnicos.

Desde la formulación, el enfoque permite pasar de documentos declarativos a diseños operativos. El Plan Estratégico aporta dirección y criterios de priorización;

el SGC aporta trazabilidad, control y mejora; y las Redes de Conocimiento aportan un modelo estructural para adopción, comunicación y aprendizaje. Sobre esa base, la IA se aplica para acelerar tareas intensivas de información (síntesis, etiquetado, clusterización, extracción) y para soportar análisis (detección de patrones, cuellos de botella, priorización), siempre con controles de verificación humana. Esto mitiga el riesgo de que la práctica se degrade a una interacción entre respuestas de IA, reemplazando pensamiento crítico por fluidez textual.

Como contribución específica, se propuso un pipeline para generar Redes de Conocimiento a partir de entrevistas semiestructuradas, combinando NLP y SNA, con validación participativa y controles de calidad alineados a ISO 9001 y PDCA. Este pipeline habilita diagnósticos fundacionales rápidos y, a la vez, una transición hacia redes en producción integradas a sistemas de gestión. En términos de transferencia, esto permite acelerar la comprensión de organizaciones, diseñar intervenciones basadas en evidencia y sostener aprendizaje continuo.

En perspectiva, la línea de trabajo sugiere cuatro direcciones futuras: (1) estandarización de métricas para evaluar calidad de redes generadas automáticamente; (2) protocolos de validación y gobernanza que aseguren legitimidad y protección de datos; (3) integración de indicadores de red con KPI estratégicos y de calidad en tableros operativos; y (4) guías de adopción por disciplina y contexto para educación superior, que preserven métodos propios y promuevan inteligencia colectiva.

La IA aporta valor cuando se integra a una arquitectura de gestión del conocimiento, y no cuando se adopta como solución aislada. El eje articulador es comprender cómo la IA puede potenciar la inteligencia colectiva, fomentar procesos colaborativos y enriquecer las prácticas de enseñanza, gestión y producción de conocimiento desde un enfoque crítico y éticamente comprometido. Esta mirada implica reconocer a la IA no solo como una herramienta técnica, sino como un actor que interviene activamente en los procesos sociales y culturales, moldeando formas de pensar, decidir y aprender. En este sentido, se destaca que toda implementación de IA debe nacer de una comprensión situada del entorno donde va a operar, incluyendo las particularidades culturales, cognitivas e institucionales. Es fundamental formar equipos interdisciplinarios para evitar los sesgos del desarrollo tecnológico centrado exclusivamente en la eficiencia computacional, abriendo espacio a la inclusión de otros valores como la justicia, la inclusión y la equidad. La IA debe ser concebida como una aliada del pensamiento humano, capaz de ofrecer nuevas rutas de aprendizaje, dinamizar la participación activa y facilitar la adaptación a los distintos ritmos y estilos cognitivos de los usuarios. Es importante adoptar plataformas inteligentes que se integren a sistemas educativos para personalizar la enseñanza, monitorear trayectorias formativas y proponer estrategias que consideren la diversidad sociocultural de los estudiantes. En la integración de tecnologías de IA es necesario trabajar sobre la co-construcción del

conocimiento, en donde los sistemas automatizados puedan potenciar, no reemplazar, la inteligencia humana en sus múltiples dimensiones. Cabe destacar que los datos que alimentan a los sistemas deben ser representativos, éticamente gestionados y auditables por equipos diversos. La visión compartida propone una sinergia continua entre lo técnico y lo humano, entendiendo a la IA como parte de un entramado más amplio de relaciones sociales, estructuras institucionales y dinámicas culturales.

Conclusión General: Visión Interdisciplinar del uso de IA en Educación Superior

Desde el campo de la comunicación, es relevante hacer foco en la necesidad de revisar los modelos semióticos que subyacen en los algoritmos, cuestionando la supuesta neutralidad de la representación automatizada. La manera en que los sistemas interpretan textos, imágenes y contextos comunicativos tiene implicancias profundas en la forma en que los mensajes son leídos y reproducidos por los usuarios. Por ello, diseñar Inteligencias Artificiales conscientes del contexto y culturalmente sensibles es una de las propuestas centrales. Es importante evaluar no solo lo que la IA dice, sino cómo lo dice, y qué vínculos genera con las personas. Estas reflexiones ponen de manifiesto la necesidad de una IA que comunique, explique y respete los sentidos de cada comunidad con la que interactúa. A su vez, los procesos de comunicación no son neutros ni universales, y que una IA desarrollada con criterios puramente estadísticos puede amplificar malentendidos, exclusiones o sesgos culturales. Incorporar a comunicadores, sociólogos, filósofos y lingüistas en los equipos de desarrollo y evaluación se propuso como un paso fundamental hacia una IA que hable y escuche de manera ética y plural. Desde la psicología la reflexión reside sobre cómo los sistemas automatizados inciden en la percepción, la toma de decisiones y la construcción de confianza. El rol de los psicólogos en el diseño de interfaces que promuevan el juicio reflexivo, evitando la dependencia acrítica de las tecnologías. IA debe pensarse no solo como lógica y cálculo, sino también como una instancia emocionalmente receptiva, capaz de adaptarse a la diversidad de experiencias humanas. Esto implica sumar experticia psicológica al ciclo completo de vida del sistema: desde su diseño, su despliegue hasta su evaluación en el uso real. Además, analizar cómo las respuestas de los sistemas de IA pueden modificar el comportamiento y las expectativas de los usuarios, generando fenómenos de alienación conductual o de sobreconfianza en el sistema. Para evitar estos riesgos, proponemos el desarrollo de modelos de interacción que incluyan límites, advertencias y retroalimentación explícita, capaces de mantener la autonomía del sujeto frente a las decisiones automatizadas. Sumar el estudio del impacto de la IA en la salud mental, el estrés tecnológico y la fatiga cognitiva, en especial en entornos de alta exposición como la educación o el trabajo remoto.

La dimensión ética es otro pilar. Enfatizamos el diseño responsable de tecnologías, con participación activa de diversos actores sociales. Si los algoritmos son mal diseñados perpetúan desigualdades y esto se subsana con una mayor articulación con disciplinas como las ciencias sociales, el derecho y las políticas públicas para garantizar criterios de justicia y transparencia. Defendemos la necesidad de auditorías interdisciplinarias, evaluaciones de impacto y procesos deliberativos colectivos que garanticen la legitimidad social de las decisiones automatizadas. A su vez, le damos importancia de formar a los futuros desarrolladores en principios éticos desde sus trayectorias académicas, así como el impulso de marcos regulatorios flexibles que acompañen la innovación sin resignar derechos. La ética la concebimos no como un filtro posterior, sino como un criterio de diseño estructural que debe estar presente desde la concepción misma de los sistemas inteligentes. Los invitamos a construir ecologías híbridas del conocimiento, en las que técnica, ética, pedagogía y sensibilidad cultural dialoguen de manera permanente. Solo así se podrá garantizar que la IA contribuya al desarrollo humano, sustentado en valores democráticos y de equidad. La interdisciplinariedad, lejos de ser una aspiración abstracta, se presenta como una condición imprescindible para una IA centrada en las personas, en la que el conocimiento tecnológico se articule con el compromiso social y la responsabilidad colectiva. Proponemos profundizar la formación en competencias transversales, impulsar proyectos interinstitucionales y fortalecer redes colaborativas capaces de integrar conocimientos diversos y generar soluciones contextualizadas, justas y sostenibles. Las transformaciones en curso requieren más que técnica: requieren visión, participación y sentido de comunidad. Reafirmamos que el futuro de la IA no está únicamente en su capacidad de cálculo, sino en su aptitud para integrarse a proyectos colectivos, reconociendo la complejidad del mundo social y cultural en el que opera. Esa es, quizás, la mayor promesa de una IA verdaderamente interdisciplinaria y humanamente significativa. Además de los enfoques disciplinares ya abordados, vemos relevante incorporar miradas provenientes del campo de la educación, entendida como disciplina autónoma y puente de articulación entre saberes técnicos y humanos. La pedagogía fue convocada no sólo para acompañar procesos de alfabetización en tecnologías emergentes, sino para repensar las formas de enseñar y aprender en un contexto donde la información abunda, pero la comprensión crítica escasea. Se sugiere que las instituciones educativas, desde la universidad hasta la escuela inicial, asuman el protagonismo en la construcción de una ciudadanía digital activa, capaz de interactuar con sistemas inteligentes sin subordinarse a ellos. En este sentido, la IA también puede utilizarse para detectar trayectorias de exclusión educativa, anticipar riesgos de deserción o facilitar accesos personalizados al conocimiento, siempre y cuando se respete la autonomía y la dignidad de los sujetos. Reflexionamos también sobre el rol de las humanidades en el diseño de IA. Filósofos, historiadores, antropólogos y sociólogos tienen mucho que decir sobre el

modo en que se construye el futuro tecnológico, y su ausencia en los procesos de toma de decisión representa un empobrecimiento epistemológico. Las tecnologías son siempre productos culturales, no solo herramientas neutras. El lenguaje que se utiliza para describir IA –como inteligencia, agente, aprendizaje o decisión– tiene un peso simbólico que moldea las expectativas sociales y las políticas públicas. Por eso, la discusión sobre qué tipo de inteligencia queremos promover no es sólo una cuestión de programación, sino de ética y de cultura. Incorporar saberes críticos permite desmontar visiones ingenuas o deterministas de la innovación, recuperando una mirada situada, plural y democrática. Otra de las dimensiones a sumar en el debate es la económica. En esta dimensión la implementación de sistemas de IA puede transformar las dinámicas laborales y productivas, pero también generar nuevas formas de concentración económica y dependencia tecnológica. En este punto, resaltamos la importancia de generar desarrollos nacionales y regionales que dialoguen con las necesidades locales y no simplemente replican modelos impuestos desde centros de poder tecnológico global. El desarrollo de IA en países del sur global requiere estrategias propias, que valoren el conocimiento endógeno, promuevan el software libre, incentiven la soberanía tecnológica y fortalezcan las capacidades científicas de los sectores públicos y cooperativos. IA no debe ser una caja negra importada, sino una construcción abierta, transparente y alineada con los valores y necesidades de las comunidades. Asimismo, señalamos la necesidad de trabajar con enfoques interdisciplinarios no sólo en la academia, sino también en la gestión institucional, en los espacios de gobierno y en los ecosistemas de innovación. Las políticas públicas orientadas a la IA deben incorporar equipos diversos, deliberar con participación ciudadana e incluir mecanismos de evaluación de impacto social. Proponemos avanzar en la creación de observatorios de tecnologías emergentes con participación de universidades, ONGs, comunidades locales y organismos estatales, que funcionen como espacios de seguimiento y diálogo multiactoral. La innovación requiere vigilancia activa, sensibilidad social y marcos éticos que se renueven en forma continua.

Por último, enfatizamos que toda política o desarrollo en IA debe entenderse como parte de un proyecto mayor de sociedad. IA no es una solución mágica ni un destino inevitable, sino una herramienta poderosa que puede ser orientada en múltiples direcciones. El desafío es colectivo y urgente: construir una IA que esté al servicio del bien común, del desarrollo humano integral, de la equidad entre regiones y generaciones. Para eso, es imprescindible asumir la complejidad del mundo actual, derribar fronteras entre disciplinas y sectores, y apostar por una inteligencia más humilde, más inclusiva y más comprometida con la vida en todas sus formas. No se trata sólo de desarrollar IA, sino de cultivar una inteligencia colectiva, reflexiva y profundamente humana, que le dé sentido celular a cada línea de código que ponemos en marcha.

Referencias

- Blumenfeld, P. C., Soloway, E., Marx, R. W., Krajcik, J. S., Guzdial, M., & Palincsar, A. (1991). Motivating project-based learning: Sustaining the doing, supporting the learning. *Educational Psychologist*, 26(3–4), 369–398.
- Burt, R. S. (1992). *Structural holes: The social structure of competition*. Harvard University Press.
- Deming, W. E. (1986). *Out of the crisis*. MIT Press. pp. 33–66, 315–360.
- Dumas, M., La Rosa, M., Mendling, J., & Reijers, H. A. (2018). *Fundamentals of business process management* (2nd ed.). Springer.
- Dwivedi, Y. K., Kshetri, N., Hughes, L., Slade, E. L., Jeyaraj, A., Kar, A. K., Baabdullah, A. M., Koohang, A., Raghavan, V., Ahuja, M., Albanna, H., Albashrawi, M. A., Al-Busaidi, A. S., Balakrishnan, J., Barlette, Y., Basu, S., Bose, I., Brooks, L., ... Wright, R. (2023). Opinion paper: “So what if ChatGPT wrote it?” Multidisciplinary perspectives on opportunities, challenges and implications of generative conversational AI for research, practice and policy. *International Journal of Information Management*, 71, 102642. ScienceDirect; <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2023.102642>; [ScienceDirect+2Elsevier Pure+2](#)
- Gibbons, M., Limoges, C., Nowotny, H., Schwartzman, S., Scott, P., & Trow, M. (1994). *The new production of knowledge: The dynamics of science and research in contemporary societies*. SAGE.
- Granovetter, M. (1983). The strength of weak ties: A network theory revisited. *Sociological Theory*, 1, 201–233.
- International Organization for Standardization. (2015a). *ISO 9001:2015 Quality management systems—Requirements*. Author.
- International Organization for Standardization. (2015b). *ISO 9000:2015 Quality management systems—Fundamentals and vocabulary*. Author.
- INCOIN Learning. (2025). *Workshop INCOIN Learning: IA en investigación en educación superior* (Edición Universidad Autónoma Chapingo, 23–24 de octubre de 2025) [Folleto].

- Kerzner, H. (2017). Project management: A systems approach to planning, scheduling, and controlling (12th ed.). Wiley.
- Klein, J. T. (s. f.) (a). Unity of knowledge and transdisciplinarity: Contexts of definition, theory and the new discourse of problem solving [SAMPLE CHAPTER]. EOLSS/UNESCO. eolss.net
- Klein, J. T. (2017). Interdisciplinarity: History, theory, and practice. Wayne State University Press.
- Kasneci, E., Seßler, K., Küchemann, S., Bannert, M., Dementieva, D., Fischer, F., Gasser, U., Groh, G., Günemann, S., Hüllermeier, E., Krusche, S., Kutyniok, G., Michaeli, T., Nerdel, C., Pfeffer, J., Poquet, O., Sailer, M., Schmidt, A., Seidel, T., ... Kasneci, G. (2023). ChatGPT for good? On opportunities and challenges of large language models for education. *Learning and Individual Differences*, 103, 102274. ScienceDirect; <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2023.102274>
- Maier, R. (2007). pp. 175–212. Knowledge management systems: Information and communication technologies for knowledge management. Springer.
- Mintzberg, H., Ahlstrand, B., & Lampel, J. (2009). Strategy safari: A guided tour through the wilds of strategic management (2nd ed.). Free Press.
- Mikolov, T., Sutskever, I., Chen, K., Corrado, G. S., & Dean, J. (2013). Distributed representations of words and phrases and their compositionality. In *Advances in Neural Information Processing Systems* (Vol. 26).
- National Academies. (2005). Facilitating interdisciplinary research. The National Academies Press.
- Nicolescu, B. (2014). Multidisciplinarity, interdisciplinarity, indisciplinarity, and transdisciplinarity: Similarities and differences. *RCC Perspectives*, (2), 19–26.
- Nicolescu, B. (s. f.). Definition of transdisciplinarity. CIRET/related distribution. caosmose.net
- Nonaka, I., & Takeuchi, H. (1995). The knowledge-creating company: How Japanese companies create the dynamics of innovation. Oxford University Press.

- Nonaka, I. (1994). A dynamic theory of organizational knowledge creation. *Organization Science*, 5(1), 14–37.
- North, K., & Kumta, G. (2018). pp. 87–102. *Knowledge management: Value creation through organizational learning* (2nd ed.). Springer.
- OECD. (2021). *OECD Digital Education Outlook 2021: Pushing the frontiers with artificial intelligence, blockchain and robots*. OECD Publishing. [OECD](https://doi.org/10.1787/589b283f-en); <https://doi.org/10.1787/589b283f-en>
- PMI (Project Management Institute). (2021). *A guide to the project management body of knowledge (PMBOK® Guide)* (7th ed.). Author.
- Pohl, C., & Hirsch Hadorn, G. (2007). *Principles for designing transdisciplinary research*. oekom.
- Rudolph, J., Tan, S., & Tan, S. (2023). ChatGPT: Bullshit spewer or the end of traditional assessments in higher education? *Journal of Applied Learning and Teaching*, 6, 342–363. <https://doi.org/10.37074/jalt.2023.6.1.9>. [SCIR](#)
- Sapag Chain, N. (2011). pp. 123–145. *Proyectos de inversión: Formulación y evaluación* (2.ª ed.). Pearson.
- Thomas, J. W. (2000). *A review of research on project-based learning*. Autodesk Foundation.
- UNESCO. (2023). *Guidance for generative AI in education and research*. UNESCO. cdn.table.media (pp. 4-9).
- Uzzi, B. (1997). Social structure and competition in interfirm networks: The paradox of embeddedness. *Administrative Science Quarterly*, 42(1), 35–67.
- Wasserman, S., & Faust, K. (1994). *Social network analysis: Methods and applications*. Cambridge University Press.
- Xiang, T., Huang, Z., Bai, P., Ji, C., & Liu, Z. (2019). Knowledge Network System (KNS) by Evolutionary Collective Intelligence (ECI): Model, algorithm and applications. arXiv. <https://arxiv.org/abs/1906.07358>

MODELO CONCEPTUAL DE DISEÑO DE EXOESQUELETO PASIVO PARA SOPORTE DE ESPALDA BAJA APLICADO PARA LAS TAREAS DE LA AGRICULTURA PARA ZONAS RURALES

Luis Tonatiuh CASTELLANOS SERRANO

María Victoria GÓMEZ ÁGUILA

José Alfredo CASTELLANOS SUÁREZ

Fernando SALINAS PANIAGUA

icastellanoss@chapingo.mx

mgomeza@chapingo.mx

icastellanoss@chapingo.mx

salinas.fernando.p@gmail.com

Universidad Autónoma Chapingo, México

Resumen

El presente artículo expone la propuesta de diseño de un modelo conceptual de exoesqueleto pasivo para soporte de la espalda baja aplicado para los trabajadores de zonas periurbanas y rurales, lo que particulariza la propuesta en un diseño flexible, dinámico y de bajo costo para cumplir esta meta. El estudio parte del reconocimiento de que las actividades agrícolas implican posturas forzadas, levantamiento manual de cargas, movimientos repetitivos y largas jornadas de trabajo, factores que incrementan la probabilidad de desarrollar trastornos musculoesqueléticos, especialmente en la región lumbar de las de L1 hasta L5. Para la justificación se realiza una revisión del estado del arte de estudios realizados en América Latina donde se llevaron a cabo investigaciones sobre de las afectaciones que los trabajadores del sector agrícola sufren principalmente en dolor en espalda baja, cuello, hombros, rodillas y extremidades inferiores por las múltiples actividades que se realizan desde las malas posturas hasta el exceso de las labores de jornada de trabajo.

Desde una perspectiva anatómica y biomecánica, se analizan los principales músculos implicados en la estabilidad del tronco y la región lumbopélvica, como los erectores espinales, multifido, cuadrado lumbar y músculos abdominales, los cuales permiten la flexión, extensión y rotación del tronco, además de transmitir fuerzas entre el tronco y las extremidades inferiores. Cuando estas estructuras se someten a esfuerzos repetitivos o prolongados, aumenta el riesgo de fatiga muscular y lesiones en la columna lumbar.

Para el caso de la metodología se expone un modelo de diseño incremental desde un enfoque técnico-ingenieril, estructurado en varias fases que incluyen análisis ergonómico, modelación biomecánica y definición de requerimientos de diseño. Se

hace principal énfasis en el uso de herramientas de Inteligencia Artificial como medio de apoyo para clasificación de tareas agrícolas, el análisis biomecánico y la optimización conceptual del diseño para la toma de decisiones y mejora en el prototipo final.

En la sección de resultados se expone descripción, los materiales/manufactura y las restricciones de cada una de las secciones que conforman el exoesqueleto pasivo por una estructura de soporte lumbar, elementos de amortiguamiento para disipación de esfuerzos biomecánicos, sistemas de anclaje en pelvis, piernas superior e inferior, que en conclusión el exoesqueleto propuesto representa una alternativa tecnológica de bajo costo y adaptable al contexto rural, con potencial para disminuir las cargas biomecánicas y mejorar las condiciones ergonómicas del trabajo agrícola

Palabras clave: Biomecánica; Agropecuaria; Constructo-conceptual; Lumbopélvica; Esqueleto-externo.

Introducción

Los problemas de espalda baja son afectaciones motrices que sufren, en su mayoría, las personas de tercera edad, las consecuencias de los síntomas que detonan estos malestares se deben a múltiples situaciones:

- Malas posturas
- Excesos de carga
- Labores que implique el abuso de las posturas
- Deteriores musculares y óseas

En el ámbito de la agricultura periurbana y rural, las prácticas realizadas conllevan a que muchas de las actividades concentren los esfuerzos en la espalda baja y otras zonas del cuerpo, los aditamentos o prótesis que se tienen para afrontar estas casusas son muy pocas y en su gran mayoría se basan en principios como usar herramientas, poleas, palancas con puntos de apoyo, etcétera, a lo cual, aunado a las excesivas jornadas de trabajo cobran las facturas con el pasar de los años, teniendo poblaciones que sufren daños fisiológicos por el frío, temporadas climáticas, horas de descanso y actividades de la vida diaria.

Anatómicamente los músculos que componen la parte frontal y posterior de las piernas y espalda baja se componen de la siguiente red muscular:

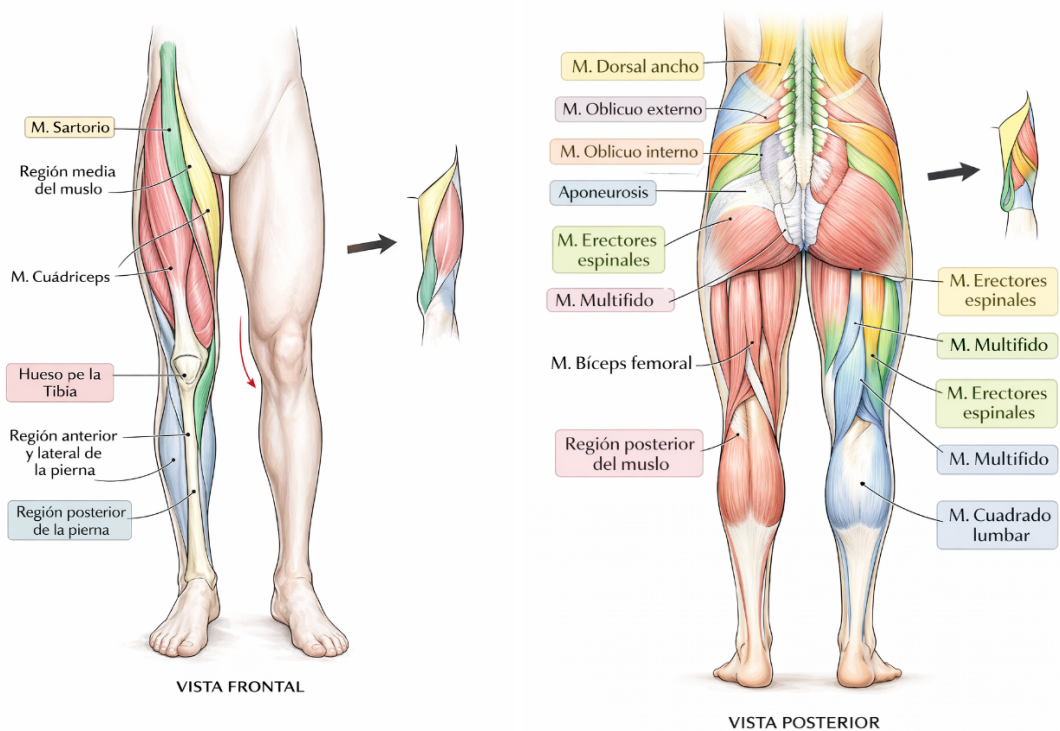


Figura 1. Anatomía anterior del muslo y la pierna mostrando el músculo sartorio, el cuádriceps femoral y la tibia.

Fuente: Imagen generada mediante inteligencia artificial con **DALL·E** a través de **ChatGPT**, elaboración propia (2026).

La acción de la sinergia locomotora de los músculos intercede de manera síncrona para poder realizar múltiples movimientos del cuerpo humanos, en el ámbito de la agricultura, las posturas de cuclillas, sentarse, arrodillarse, agacharse, son posiciones que en sus múltiples combinaciones se ocupan para realizar las tareas prácticas en la agricultura, desde la preparación de los terrenos hasta el proceso de embalaje y entrega, durante toda la cadena de producción. Los músculos de la figura 1 tienen funciones particulares y de asociación con el aparato de locomoción humano, en la siguiente tabla se realiza una descripción de general:

Tabla 1. Descripción general de músculos importantes en movimientos de espalda baja (Martini et al., 2018)

Musculo	Descripción general
Dorsal ancho	Es uno de los músculos más grandes de la espalda. Funciones principales: • Extensión del brazo • Aducción del hombro • Estabilización del tronco.
Erectores espinales	Grupo muscular profundo que recorre la columna vertebral. Incluye tres músculos principales: • Iliocostal

	• Longísimo • Espinoso Funciones: • Mantener la postura erecta • Extensión de la columna • Control de la flexión del tronco
Multífido	Músculo profundo de la espalda, el cual conecta las vértebras entre sí. Función principal: • Estabilización de la columna vertebral.
Cuadrado lumbar	Ubicación: • Entre la cresta ilíaca y la última costilla. Funciones: • Inclínación lateral del tronco • Estabilización de la pelvis • Ayuda en la respiración.
Oblicuo externo del abdomen	También llamado oblicuo mayor. Funciones: • Rotación del tronco • Flexión lateral • Compresión abdominal.
Oblicuo interno del abdomen	Funciones: • Estabilización del tronco • Rotación del torso • Soporte abdominal.
Aponeurosis toracolumbar	Es una estructura fibrosa muy fuerte que: • Conecta músculos de la espalda • Transmite fuerzas entre: ○ Columna ○ Pelvis ○ Miembros inferiores. Es fundamental en biomecánica del movimiento y estabilidad lumbar.

*Fuente: Autoría propia

En síntesis, los siguientes grupos de músculos en su conjunto, forman el sistema estabilizador de la región lumbopélvica, cuya función es:

- Mantener la estabilidad de la columna lumbar
- Permitir movimientos de flexión, extensión y rotación del tronco
- Proteger la médula espinal y las estructuras vertebrales
- Transmitir fuerzas entre extremidades inferiores y tronco (Standring, 2025).

Por otro lado, la Figura 2 muestra los principales músculos de la región lumbar, incluyendo los oblicuos abdominales, los erectores espinales, el multífido y el cuadrado lumbar, estructuras fundamentales para la estabilidad del tronco y la biomecánica de la columna vertebral (Drake et al., 2023).

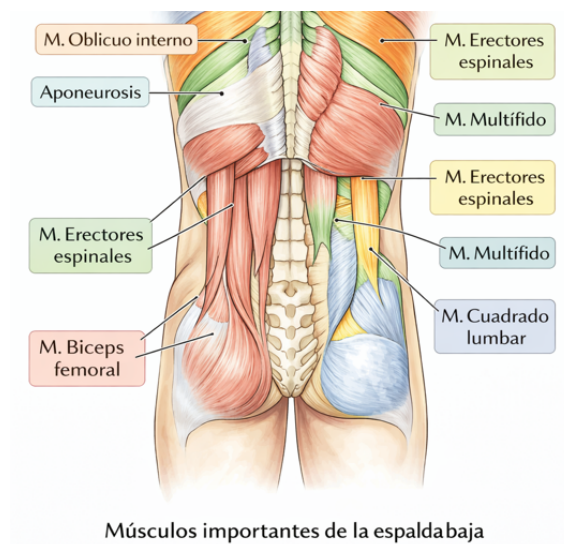


Figura 2. Anatomía general de los músculos de la espalda baja.

Fuente: Imagen generada mediante inteligencia artificial con **DALL·E** a través de **ChatGPT**, elaboración propia (2026).

Antecedentes

El estudio realizado por Realyvásquez-Vargas, García-Alcaraz y Salazar-Ruíz (2023) analiza la prevalencia de los trastornos musculoesqueléticos en trabajadores agrícolas mexicanos mediante la aplicación del cuestionario a agricultores del Valle de Mexicali. Los resultados muestran que la mayoría de los participantes presentó al menos un trastorno musculoesquelético asociado a las actividades agrícolas, destacándose afectaciones principalmente en la espalda superior, la zona lumbar, el cuello, las rodillas y los pies. Los trabajadores estudiados contaban con una larga trayectoria laboral en el sector y realizaban jornadas superiores a 40 horas semanales, lo que incrementa la exposición a posturas forzadas y esfuerzos físicos repetitivos. A partir de estos hallazgos, los autores concluyen que existe una presencia evidente de trastornos musculoesqueléticos en este sector, lo que evidencia la necesidad de implementar intervenciones ergonómicas que reduzcan los factores de riesgo y mejoren las condiciones de trabajo en la agricultura, además los resultados muestran una alta prevalencia de molestias musculoesqueléticas, ya que aproximadamente el 90 % de los trabajadores reportó al menos un tipo de dolor o molestia en alguna parte del cuerpo durante los últimos 12 meses. Las regiones anatómicas con mayor incidencia fueron la espalda superior (aprox. 76 %), la zona lumbar (78 %), el cuello (cerca de 67 %), las rodillas (alrededor de 65 %) y los pies o tobillos (más del 60 %), lo que evidencia el impacto de las actividades agrícolas que implican posturas forzadas, movimientos repetitivos y manejo de cargas. Además, se identificó que la mayoría de los participantes tenía más de 10 años de experiencia laboral en el sector agrícola y jornadas superiores a 40 horas semanales, lo que incrementa la exposición a factores de riesgo ergonómico. Estos

resultados evidencian que los trastornos musculoesqueléticos representan un problema significativo de salud ocupacional en la agricultura, lo que resalta la necesidad de desarrollar estrategias ergonómicas y tecnológicas que reduzcan las cargas físicas en los trabajadores del campo.

El estudio de López-Narváez (2024) analiza los riesgos ergonómicos y los trastornos musculoesqueléticos asociados al proceso de cosecha y postcosecha del fruto de guayaba en una finca de pequeños agricultores en León, Nicaragua, con la participación de cuatro trabajadores del sector agrícola. Para la evaluación se utilizó el método Rapid Entire Body Assessment (REBA), complementado con observación directa y registro en video de las actividades laborales. Los resultados evidenciaron que el 100 % de los trabajadores evaluados presentó exposición a riesgos ergonómicos asociados a posturas forzadas, principalmente flexión del tronco superior a 60°, movimientos repetitivos de los miembros superiores, manipulación manual de cargas y transporte de productos al hombro durante largas distancias. Asimismo, aproximadamente el 75 % de los trabajadores reportó molestias en la espalda, mientras que alrededor del 50 % presentó dolor en hombros y en manos o muñecas, lo que refleja el impacto biomecánico de las actividades agrícolas en la salud de los trabajadores. Tras la implementación de soluciones ergonómicas, como el uso de carretillas manuales, accesorios de apoyo y mesas de trabajo, junto con capacitación en ergonomía mediante un enfoque participativo, se observó una reducción significativa de los riesgos musculoesqueléticos más críticos, evidenciando la efectividad de las intervenciones ergonómicas para mejorar las condiciones laborales en el sector agrícola.

El estudio realizado por Ibarra Villanueva, Astudillo Cornejo, Ramos Pison y Aguilera Olivares (2024) tuvo como objetivo caracterizar la prevalencia de síntomas de trastornos musculoesqueléticos y los factores ergonómicos presentes en trabajadores de micro y pequeñas empresas de la ciudad de Copiapó, Chile. El estudio incluyó 119 trabajadores de 15 empresas, con una distribución equilibrada entre 51.3 % hombres y 48.7 % mujeres. Los resultados evidenciaron una alta exposición a factores de riesgo ergonómico, ya que el 83.2 % de los trabajadores realizaba tareas repetitivas, de los cuales el 70.6 % se encontraba en un nivel de riesgo alto según la evaluación ergonómica. Además, el 63 % estaba expuesto al manejo manual de cargas, lo que incrementa la probabilidad de desarrollar trastornos musculoesqueléticos. En relación con los síntomas reportados, las mujeres presentaron mayor prevalencia de dolor en hombros (58.6 %), manos o muñecas (51.7 %) y cuello (46.6 %), mientras que los hombres reportaron con mayor frecuencia dolor lumbar (52.5 %). Asimismo, el 72.3 % de los trabajadores consideró que sus dolencias estaban relacionadas con su actividad laboral, y el 59.7 % manifestó la necesidad de mejorar las condiciones de su puesto de trabajo. Los resultados del análisis de carga mental indicaron que el 30.3 % de los trabajadores experimentaba una carga mental alta, el 40.3 % una carga media y el 29.4 % una

carga baja, lo que refleja la combinación de exigencias físicas y cognitivas presentes en estos entornos laborales. En conjunto, los hallazgos evidencian una alta prevalencia de riesgos ergonómicos y trastornos musculoesqueléticos en las micros y pequeñas empresas, lo que resalta la necesidad de implementar intervenciones ergonómicas y políticas de prevención en salud ocupacional dirigidas a este sector productivo

El estudio analiza los factores ergonómicos de riesgo en trabajadores agrícolas de la zona norte de Cartago, Costa Rica, mediante la evaluación de 100 trabajadores, de los cuales 60 % realizaban labores directamente en campo y 40 % participaban en actividades de postcosecha. Los resultados muestran una alta prevalencia de molestias musculoesqueléticas, destacando principalmente la espalda baja con aproximadamente 64 % de los trabajadores reportando dolor, seguida por rodillas con cerca del 52 %, hombros con alrededor del 48 % y manos o muñecas con aproximadamente el 40 % de incidencia. Asimismo, el análisis ergonómico evidenció que más del 70 % de las tareas implicaban posturas forzadas y flexión del tronco durante periodos prolongados, mientras que cerca del 60 % de los trabajadores realizaba manipulación manual de cargas superiores a los límites recomendados. Estos resultados evidencian que las actividades agrícolas generan una exposición significativa a factores de riesgo ergonómico, lo que incrementa la probabilidad de desarrollar trastornos musculoesqueléticos, particularmente en la región lumbar y en las extremidades inferiores. En consecuencia, los autores recomiendan implementar mejoras ergonómicas en herramientas, rediseño de tareas y programas de prevención de riesgos laborales para reducir la carga física y mejorar las condiciones de trabajo en el sector agrícola (Madriz-Quirós et al, 2021).

En el Gráfico 1 se puede apreciar un resumen de los trastornos musculoesqueléticos y factores de riesgo ergonómico sectores agrícolas y laborales en América Latina discutidos anteriormente, mientras que en el Gráfico 2 se ha globalizado la información de los 4 artículos estudiados para obtener los *porcentajes promedios* en la *Prevalencia de trastornos y riesgos musculoesqueléticos*.

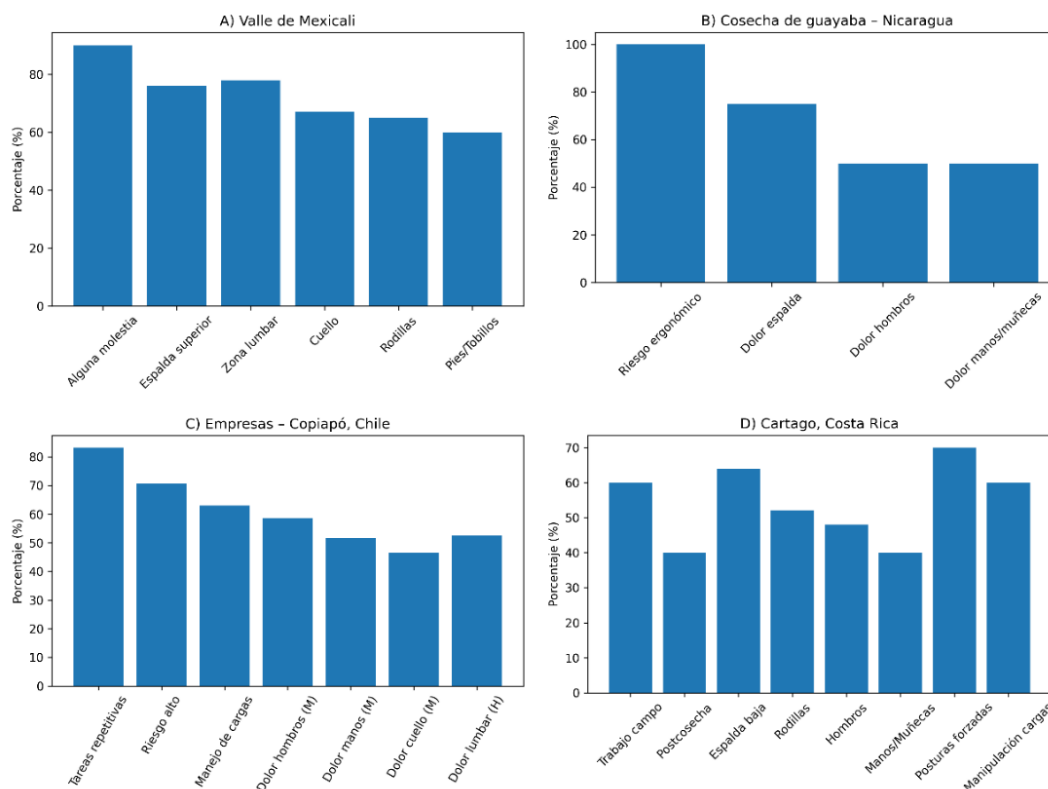
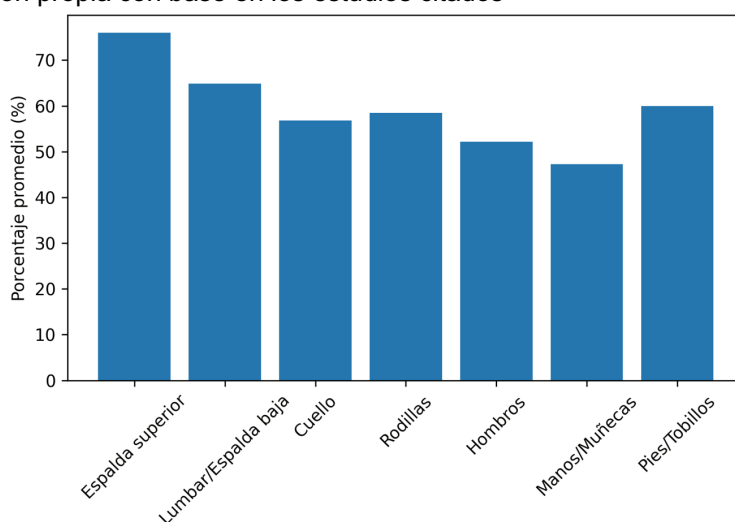


Gráfico 1. Prevalencia de trastornos musculoesqueléticos y factores de riesgo ergonómico reportados en diferentes estudios del sector agrícola y laboral en América Latina. (A) Trabajadores agrícolas del Valle de Mexicali; (B) proceso de cosecha de guayaba en Nicaragua; (C) trabajadores de micro y pequeñas empresas en Copiapó, Chile; y (D) trabajadores agrícolas de Cartago, Costa Rica. Los porcentajes reflejan la frecuencia de síntomas musculoesqueléticos y la exposición a factores de riesgo ergonómico asociados a posturas forzadas, movimientos repetitivos y manipulación manual de cargas.

Fuente: elaboración propia con base en los estudios citados



Gráfica 2. Prevalencia de trastornos musculoesqueléticos y factores de riesgo ergonómico reportados en diferentes estudios del sector agrícola y laboral en América Latina.

Fuente: elaboración propia con base en los estudios citados

Materiales y métodos

Enfoque metodológico general

El enfoque se ocupó para el desarrollo de la investigación fue el modelo incremental, el cual por medio de los procesos graduales de avance e iteración permiten avanzar paulatinamente en las metas de cada etapa del proceso de diseño ingenieril e iterar en algún punto de ser necesario para superar las etapas y poder avanzar al siguiente objetivo hasta culminar con la propuesta final (Camargo et al., 2020), considerando aspectos biomecánicos, funcionales, tecnológicos y contextuales. El proyecto se estructuró en cuatro fases principales:

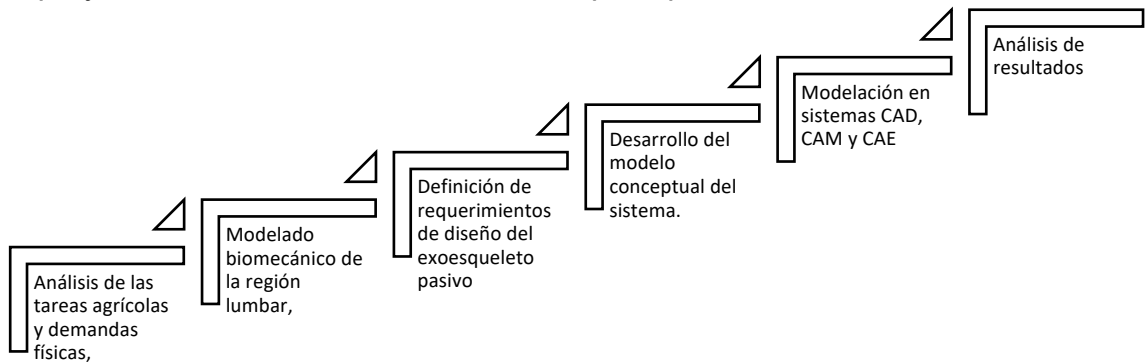


Diagrama 1. Ruta metodológica del enfoque incremental aplicado al desarrollo de exoesqueleto para espalda baja en tareas agrícolas (Autoría Propia).

Incorporación de la Inteligencia Artificial en el proceso metodológico

Enfoque de integración de la inteligencia artificial

Aunque el exoesqueleto propuesto se clasifica como pasivo (carece de actuadores o motores), la inteligencia artificial (IA) se puede integrar juiciosamente para mejorar el diseño, la adaptación del usuario, la evaluación ergonómica y la toma de decisiones, sin comprometer la simplicidad requerida, esencial para los entornos rurales. La IA no interactúa con la fisiología del usuario, sino que facilita el diseño, la personalización, la evaluación y la optimización del exoesqueleto pasivo. En este marco, la IA se interpreta como un sistema independiente del usuario, cuyo objetivo es informar la toma de decisiones técnicas a lo largo de las etapas de la evaluación ergonómica, el modelado biomecánico y la especificación de los parámetros de diseño.

Tabla 2. Herramienta metodología de incorporación con la Inteligencia Artificial para el objeto de estudio

Herramienta metodología de IA	Descripción general
IA aplicada al análisis ergonómico de tareas agrícolas (Jakob et al., 2023)	• Clasificar tareas agrícolas según su nivel de demanda lumbar. • Identificar posturas de flexión y mantenimiento prolongado del tronco. • Priorizar escenarios de uso donde el exoesqueleto pasivo puede proporcionar mayor beneficio ergonómico.

IA en la modelación biomecánica conceptual (Roggio et al., 2024)	Mediante modelos predictivos entrenados con datos biomecánicos existentes, es posible aproximar variables tales como: • Momentos de flexión en la región lumbar baja. • Carga compresiva en los discos intervertebrales. • Reducción potencial del esfuerzo muscular al incorporar un sistema pasivo de
IA para la optimización del diseño del exoesqueleto pasivo (Díaz Martínez, 2025)	Mediante técnicas de optimización asistida por algoritmos inteligentes, se planteó la evaluación de múltiples combinaciones de parámetros de diseño, tales como: • Ubicación y rigidez de los elementos elásticos. • Ángulos y puntos de anclaje del sistema. • Relación entre libertad de movimiento y nivel de soporte lumbar.
Contribución metodológica de la IA al modelo conceptual	• Mejorar la comprensión de las demandas biomecánicas reales. • Optimizar el proceso de diseño sin incrementar la complejidad del sistema. • Aumentar la rigurosidad técnica del estudio. • Facilitar futuras etapas de validación y prototipado. De esta manera, la IA se consolida como un elemento transversal de soporte metodológico, alineado con los principios de sostenibilidad, simplicidad y pertinencia social existentes en el contexto agrícola rural.

*Fuente: Elaboración propia con las citas correspondientes

Contexto de aplicación y tareas analizadas

Las tareas del ámbito rural son sumamente diversas lo que tuvo que delimitar las tareas agrícolas manuales frecuentes en zonas rurales, que se caracterizan por la resistencia y uso de fuerza humana, además de la falta de procesos de mecanización como son las zonas rurales, Las tareas analizadas incluyeron:

- Levantamiento y transporte manual de cargas (sacos, bultos, herramientas, cajas de cosecha, etc.).
- Posturas prolongadas en flexión del tronco durante siembra y cosecha (Posición de pie a cuclillas en sus múltiples combinaciones)
- Movimientos repetitivos asociados a deshierbe, siembra, preparación de tierra, poda y recolección.
- Actividades combinadas de empuje, tracción y manipulación de herramientas rudimentarias de uso agrícola

Estas tareas fueron seleccionadas por su alta prevalencia de riesgo e impacto musculoesquelético en la región lumbar, según estudios ergonómicos previos y reportes de salud ocupacional en el sector agrícola, tanto en el corto como al largo plazo tanto para hombres y mujeres que se dedican a las jornadas de trabajos agrícolas.

Análisis biomecánico y ergonómico

Desde una perspectiva biomecánica, la columna lumbar se considera un mecanismo articulado, sometido a fuerzas de compresión y momentos de flexión, de este modo el modelo conceptual del exoesqueleto se basó en:

- Reducción del momento de flexión lumbar (L1–L5), para generar en esos puntos momentos de compresión y flexión que aporten al usuario confort y comodidad
- Asistencia pasiva durante movimientos de flexión–extensión de tronco, para liberar molestias por el abuso de posturas o cargas excesivas
- Transferencia parcial de carga hacia estructuras corporales menos comprometidas (caderas y muslos).

Para los fines del análisis ergonómico, se llevó a cabo un examen exhaustivo de la literatura técnica y reglamentaria, enfocada en trastornos musculoesqueléticos (TME) de la espalda baja en trabajadores agrícolas. Se delimitaron los principales factores de riesgo, como la flexión excesiva del tronco, las actividades de levantamiento sin ayuda y las configuraciones posturales asimétricas.

Definición de requerimientos de diseño

A partir del análisis ergonómico y del contexto rural, se establecieron los requerimientos de diseño del exoesqueleto activo, clasificados en cuatro categorías:

Requerimientos funcionales	Soporte activo a la región lumbar durante tareas dinámicas.
	Permitir libertad de movimiento de jornada laboral agrícola
	Activación pasiva de soporte de postura para confort del usuario
Requerimientos técnicos	Uso de mecanismos de masa-resorte-amortiguador
	Fácil instalación y ajuste para los diferentes tamaños de cuerpo
	Sistemas análogos para calibración del dispositivo y reducción de costos
Requerimientos ergonómicos	Ajustabilidad a diferentes percentiles antropométricos.
	Distribución uniforme de fuerzas tracción y compresión
	Reducción de fatiga sin incrementar el esfuerzo en otras regiones corporales
	Aumento de confort en la zona de espalda baja para distribuir los esfuerzos generados
Requerimientos contextuales	Diseño robusto y resistente al polvo y humedad.
	Bajo costo relativo para viabilidad en zonas rurales.
	Facilidad de mantenimiento y uso intuitivo.
	Accesibilidad para ser susceptible a financiamientos de programas gubernamentales

Diagrama 2. Requerimientos de diseño de modelo conceptual de exoesqueleto pasivo para zona lumbar en las actividades de materia agrícola (Autoría Propia).

Desarrollo del modelo conceptual del exoesqueleto

El modelo conceptual del exoesqueleto pasivo se desarrolló considerando los siguientes subsistemas:

- Estructura mecánica: bastidor lumbar articulado con anclajes pélvicos y torácicos.
- Sistema de almacenamiento y liberación de energía mecánica: Mediante elementos de amortiguación.
- Redirección de cargas biomecánicas: Transfiriendo parte del esfuerzo de la región lumbar hacia estructuras corporales más robustas, como la pelvis y las extremidades inferiores.
- Limitación controlada de la flexión lumbar excesiva: Sin interferir de manera significativa con la movilidad funcional del trabajador.
- Interfaz usuario–sistema: mecanismos de instalación y ajuste

El modelo no fue fabricado físicamente; su validación corresponde a una etapa futura mediante prototipado y pruebas experimentales.

Resultados

Los trabajos de diseño CAD para el modelado conceptual del prototipo de exoesqueleto pasivo para soporte de espalda baja aplicado para las tareas de la agricultura para zonas rurales, se realizaron en SolidWorks®, diseñando las piezas, ensamblajes y planos para estructura el arquetipo general de la base de trabajo, posteriormente se asignaron algunos materiales a las piezas para realizar evaluación de resistencias en los puntos clave de soporte, el resultado general se puede apreciar en la siguiente figura:

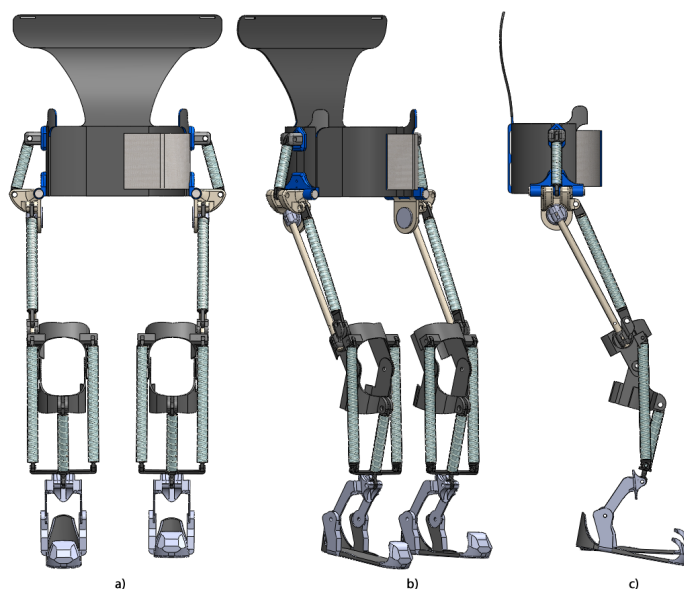


Figura 3. Vistas de sombreado con aristas del modelo conceptual de prototipo de exoesqueleto pasivo para soporte de espalda baja aplicado para las tareas de la agricultura para zonas rurales; a) Vista frontal; b) Vista isométrica frontal; c) Vista lateral (Autoría Propia).

En la vista de dibujo técnico industrial de la figura 4, se puede apreciar las partes que componen al sistema de exoesqueleto pasivo:

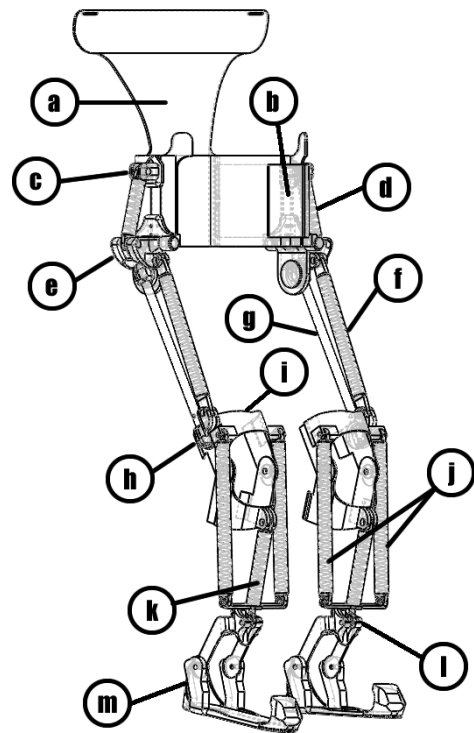


Figura 4. Secciones que componen el diseño exoesquelético pasivo (Autoría Propia)

En la tabla 3 se realiza una descripción, los materiales/manufactura y las restricciones de cada una de las secciones que conforman el exoesqueleto pasivo.

Tabla 3. Descripción técnica de partes del prototipo de exoesqueleto pasivo

No.	Sección	Descripción	Material/Manufactura	Restricciones
a)	Cinturón pélvico	En la figura 5-a) se puede apreciar la vista posterior del cinturón.	Sugerido por la construcción de materiales de cuero y vinílicos que permitan la traspiración de la piel para evitar sudoración e irritación del usuario	Ajustable a la talla del operador
b)	Abrazadera abdominal	Sujetador flexible para anclar en el abdomen del operador el sistema exoesquelético	Cuero y vinílicos confeccionados	Ajustable a la talla del operador
c)	Punto de anclaje superior	Punto de fijación de esfuerzo de los amortiguadores lineales α y β (Ver Figura 5-a)	Fabricación mediante impresión 3D con filamento PETG	Tolerancias de impresión 3D de la pieza y dimensiones del diámetro de buje de sujeción $\varnothing 15\text{mm}$ Temperatura de impresión 255°C Altura de capa: 0.2mm Bucles de pared: 4 Densidad de relleno: 15% Patrón de relleno: Giroide

d)	Amortiguador α (pélvico)	Dispositivo de absorción y disipación de esfuerzos biomecánicos de la zona de cadera	Adquisición directa con proveedor	Diseño y medidas del proveedor
e)	Eslabón de anclaje principal	Punto de fijación de esfuerzo del dispositivo de amortiguación lineal α (Ver Figura 5-a)	Fabricación mediante impresión 3D con filamento PLA-CF (Fibra de Carbono)	Posición erguida para trabajar o recoger algo, normalmente utiliza entre: • 20° y 45° en actividades moderadas de trabajo. • 60° o más en tareas que implican agacharse profundamente (Susan, 2015). Temperatura de impresión 255°C Altura de capa: 0.8mm Bucles de pared: 6 Densidad de relleno: 30% Patrón de relleno: Giroide
f)	Amortiguador β (pierna superior)	Dispositivo de absorción y disipación de esfuerzos biomecánicos de la zona de los músculos femorales	Adquisición directa con proveedor	Diseño y medidas del proveedor
g)	Soporte femoral	Viga de unión del eslabón principal con el eslabón secundario, para estabilidad mecánica del sistema	Acero A36	Redondo de 1/2" con orificios de 1/8"
h)	Eslabón de anclaje secundario	Mecanismo de intersección media del sistema pasivo para distribución de esfuerzos de los amortiguadores β y ver Figura 5-b	Fabricación mediante impresión 3D con filamento PLA-CF (Fibra de Carbono)	Extensión: 0° (posición anatómica) Flexión: aproximadamente 130° a 150° (Neumann, 2017). Temperatura de impresión 255°C Altura de capa: 0.8mm Bucles de pared: 6 Densidad de relleno: 30% Patrón de relleno: Giroide
i)	Complejo de rodillera articulada	Sistema de carcasa articulado con abrazaderas para aseguramiento del operador en la	Rodillera: impresión 3D con filamento PETG y forrado interno de Espuma de poliuretano (PU)	Ajustable a la talla de las piernas operador Temperatura de impresión 255°C Altura de capa: 0.2mm Bucles de pared: 4

		parte superior de las rodillas, permite la unión y dispersión de fuerzas de los amortiguadores β , γ , δ y soporte femoral, ver Figura 5-b	Abrazaderas: Cuero y vinílicos confeccionados	Densidad de relleno: 15% Patrón de relleno: Giroide
j)	Conjunto de amortiguadores y (pierna inferior)	Dispositivos de absorción y disipación de esfuerzos biomecánicos de la zona muscular de la pierna inferior	Adquisición directa con proveedor	Diseño y medidas del proveedor
k)	Contra-amortiguador δ (sección de la espinilla)	Dispositivos de absorción y disipación de esfuerzos biomecánicos de la zona frontal de la pierna inferior	Adquisición directa con proveedor	Diseño y medidas del proveedor
l)	Eslabón de anclaje de terciario	Mecanismo de intersección inferior del sistema pasivo para distribución de esfuerzos de los amortiguadores γ y δ , e intersección de la suela de anclaje universal (m), ver Figura 5-b	Fabricación mediante impresión 3D con filamento PLA-CF (Fibra de Carbono)	Movimientos de dorsiflexión (15° a 25°) y flexión plantar (40° a 50°) (Neumann, 2017). Temperatura de impresión 255°C Altura de capa: 0.8mm Bucles de pared: 6 Densidad de relleno: 30% Patrón de relleno: Giroide
m)	Suela de anclaje de zapatos universal	Artefacto de sujeción articulado con sistema de retracción para ajuste de talla de zapatos del 26-29	Fabricación mediante Impresión 3D combinando dos materiales uno flexible para comodidad TPU y otro rígido PETG	Ajustable para diferentes tallas y tipos de zapatos PETG: • Temperatura de impresión 255°C • Altura de capa: 0.2mm • Bucles de pared: 4 • Densidad de relleno: 15% Patrón de relleno: Giroide TPU: • Temperatura de impresión 230°C • Velocidad de impresión 20mm/s • Altura de capa: 0.2mm • Bucles de pared: 2 • Densidad de relleno: 15% Patrón de relleno: Giroide

*Fuente: Elaboración propia

En la tabla 3, la columna de “Material/Manufactura” y “Restricciones” se realizó bajo las recomendaciones de la experiencia técnica de diseño de piezas por parte del equipo de desarrollo, y realizando consultas con diferentes ecosistemas de Inteligencia Artificial: Microsoft 365 Copilot®; Claude Opus 4.6®; SCISPACE®; ChatGPT-5.3®. Con el propósito de parametrizar algunos valores conocidos en los procesos de diseño mecánico y manufactura aditiva y contrarrestarlos para mejorar los resultados finales del modelo conceptual.

De la tabla 3 y la figura 4, se debe prestar atención en los eslabones de anclaje principal, secundario y terciario, los cuales pueden apreciarse con mejor detalle en la siguiente figura (5):

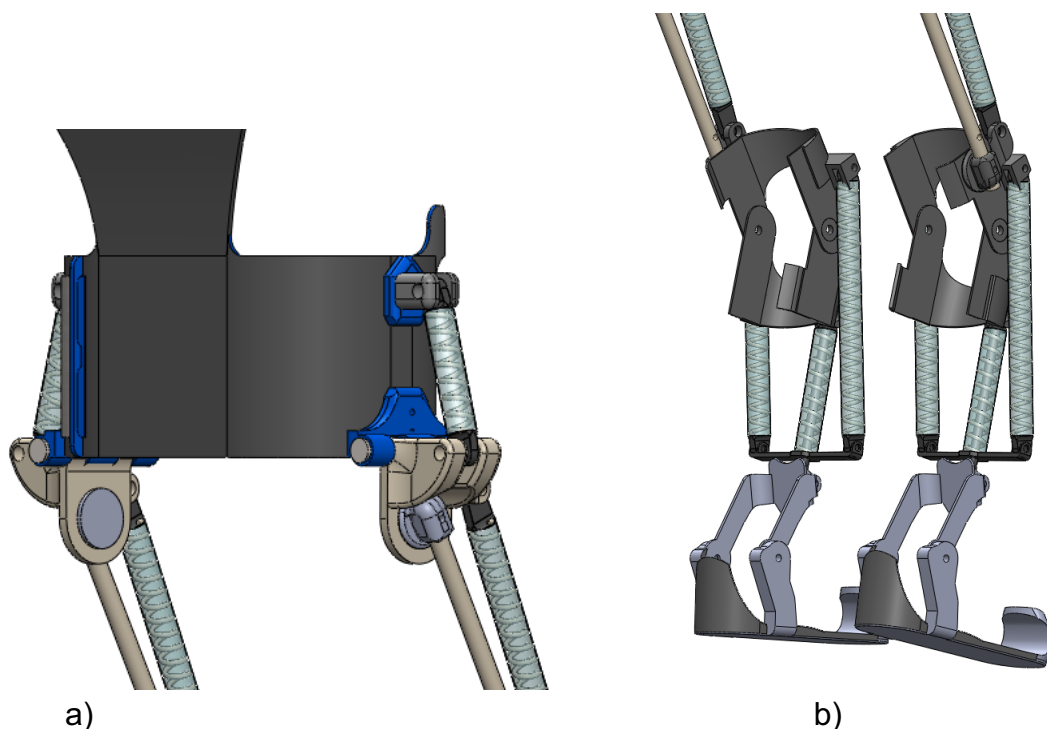


Figura 5. a-Vista ampliada de eslabones de anclaje principal y b-Vista ampliada: eslabones secundarios; sistema de amortiguación de pierna-peroné; suela de anclaje de zapatos universal (Autoría Propia).

Conclusiones

Los entornos laborales agrícolas presentan un reto circundante en los diferentes contextos donde se desarrollan estas actividades, países primermundista ha adquirido tecnologías de la agricultura 4.0 y 5.0 que les han permitido avanzar en los proceso de producción, países de Latinoamérica; sin embargo, siguen apegándose a las diferentes técnicas de producción de las tecnologías 1.0 hasta 5.0 en los diferentes sectores productivos, actualmente las poblaciones en México se encuentran en un cambio transitorio de las tecnologías, no obstante las formas tradicionales se siguen desarrollando en las actividades agropecuarias. Los factores

de riesgo ergonómicos forzadas por las malas posturas, manipulación de cargas, movimientos síncronos y asíncronos repetidos y las extensas jornadas de trabajo, son un desafío que cobra factura en las personas que se dedican a las jornadas agrícolas, generalmente generando momento de esfuerzos en las zonas de: espalda baja; cuello; hombros; rodillas y extremidades inferiores.

El presente capítulo realizó una exploración parcial más no generalizada del contexto agrícola en América Latina y las afectaciones musculoesqueléticas que sufrían las personas en la región lumbar y otras áreas del cuerpo, denostando que las tareas que implican agacharse, arrodillarse, levantar cargas o mantener posturas inclinadas durante periodos prolongados provocan una sobrecarga biomecánica constante sobre el sistema lumbopélvico. Se analizó y como desde la perspectiva biomecánica y anatómica la interacción de las estructuras musculares como son los erectores espinales, músculos abdominales, el multifido y el cuadro lumbar son agentes claves para mantener la estabilidad de la columna vertebral, permitiendo así los movimientos del tronco, y en combinación con los músculos de las piernas superiores e inferiores permiten los movimiento de posición vertical hasta cuclillas, que en sus diferentes combinaciones, se ocupan de forma repetitiva en las actividades de índole agrícola y cuando estas estructuras se someten a esfuerzos repetitivos o excesivos, aumenta el riesgo de fatiga muscular y de desarrollo de patologías musculoesqueléticas, y la concentración de esfuerzos de compresión y tracción en la zona de la espalda baja.

En este tenor, se propuso el modelo conceptual de exoesqueleto pasivo de espalda baja, como una alternativa tecnológica de bajo costo que con gran potencial para mejorar las condiciones ergonómicas del trabajo agrícola, el cual se orienta preferentemente a zonas periurbanas y rurales, en donde las condiciones de trabajo humano son de mayor influencia, donde las soluciones tecnológicas deben considerar factores como la simplicidad mecánica, el bajo costo, la facilidad de mantenimiento y la adaptación a distintos tipos de tareas agrícolas, esto permite reestructurar una estrategia táctica para la reducción de cargas biomecánicas durante las actividades de flexión, extensión o levantamiento del tronco, permitiendo distribuir los esfuerzos mecánicos que actúan sobre la columna vertebral, en las vértebras de L1 hasta L5 para generar un ambiente de confort y evitar daños a largo plazo en los jornaleros.

Diversos estudios de biomecánica y ergonomía, particularmente los desarrollados por el **National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)**, establecen valores de referencia para la fuerza de compresión en la columna lumbar:

Tabla 4. Descripción general de músculos importantes en movimientos de espalda baja

Fuerza de compresión en la columna	Nivel de riesgo
< 3400 N (Newtons)	Nivel considerado generalmente seguro para la mayoría de trabajadores
≈ 3400 N	Límite recomendado por NIOSH para evitar daño lumbar
3400 – 6400 N	Riesgo creciente de lesión musculoesquelética
> 6400 N	Alta probabilidad de daño en discos intervertebrales y vértebras

*Fuente: (Tushak et al., 2023)

Finalmente haciendo uso de sistemas IA como herramientas metodológicas fue posible clasificar, identificar y priorizar escenarios en las tareas agrícolas, además de realizar modelaciones conceptuales que permitieron optimizar el diseño de exoesqueleto pasivo para aumentar la riguridad técnica del diseño conceptual final, además de integrar recomendaciones para los procesos de manufacturación y materiales empleados para la propuesta de fabricación del sistema exoesquelético.

Referencias

- Arjunwadkar, S. (2025). *A review of machine learning techniques for ergonomic risk assessment based on human pose estimation*. **Discover Artificial Intelligence**, 5, 287. <https://doi.org/10.1007/s44163-025-00566-5>
- Camargo, K. G. A., Galegale, N. V., Azevedo, M. M., & Neves, J. M. (2020). Association between maturity models and agile methodologies. *Research, Society and Development*.
- David A. Neumann. (2017). *Kinesiology of the musculoskeletal system: Foundations for rehabilitation* (3rd ed.). Elsevier.
- Díaz Martínez, M. A., Román Salinas, R. V., Cervantes Zubirías, G., & Morales Rodríguez, M. A. (2025). *Artificial intelligence and technologies applied to occupational ergonomics: The new era of scientific ergonomics 4.0*. **International Journal of Engineering Trends and Technology**, 73(3), 274–288. <https://doi.org/10.14445/22315381/IJETT-V73I3P12>
- Drake, R. L., Vogl, A. W., & Mitchell, A. W. M. (2023). *Gray's anatomy for students* (5th ed.). Elsevier.
- Ibarra Villanueva, C., Astudillo Cornejo, P., Ramos Pison, M. J., & Aguilera Olivares, F. (2024). Diagnóstico ergonómico del riesgo de trastornos musculoesqueléticos en trabajadores de micro y pequeñas empresas: Estudio exploratorio. *Revista Facultad Nacional de Salud Pública*, 42, e357074. <https://doi.org/10.17533/udea.rfnsp.e357074>
- Jakob, M., Balaguier, R., Park, H., & Traske, C. (2023). *Addressing exoskeleton implementation challenges: Case studies of non-acceptance in agriculture*. **Journal of Agromedicine**, 28(4), 784–796. <https://doi.org/10.1080/1059924X.2023.2236605>
- López-Narváez, L. (2024). Economía informal del sector agricultura: Buenas prácticas ergonómicas en el proceso postcosecha del fruto de guayaba, León, Nicaragua. *Ergonomía, Investigación y Desarrollo*, 6(2), 22–34. https://revistas.udec.cl/index.php/Ergonomia_Investigacion/article/view/14941

- Madriz-Quirós, C. E., & Sánchez-Brenes, O. (2021). Factores ergonómicos de riesgo para los trabajadores agrícolas en la zona norte de Cartago, Costa Rica. *Revista Tecnología en Marcha*, **34**(1), 127–142. <https://doi.org/10.18845/tm.v34i1.4575>
- Martini, F. H., Nath, J. L., & Bartholomew, E. F. (2018). *Anatomía humana* (9.^a ed.). Pearson Education.
- Moore, K. L., Dalley, A. F., & Agur, A. M. R. (2022). *Clinically oriented anatomy* (9th ed.). Wolters Kluwer.
- Netter, F. H. (2026). *Netter atlas of human anatomy* (9th ed.). Elsevier.
- Paulsen, F., & Waschke, J. (Eds.). (2023). *Sobotta atlas of human anatomy* (17th ed.). Elsevier.
- Realyvásquez-Vargas, A., Jorge Luis García-Alcaraz, J. L., & Enriqueta Salazar-Ruiz, E. (2023). Detección de la prevalencia de trastornos musculoesqueléticos entre los trabajadores agrícolas mexicanos. *Ergonomía, Investigación y Desarrollo*, **5**(2), 61–76. <https://doi.org/10.29393/EID5-14DPAR30014>
- Roggio, F., Di Grande, S., Cavalieri, S., Falla, D., & Musumeci, G. (2024). *Biomechanical posture analysis in healthy adults with machine learning: Applicability and reliability*. *Sensors*, **24**(9), 2929. <https://doi.org/10.3390/s24092929>
- Susan J. Hall. (2015). *Basic biomechanics* (7th ed.). McGraw-Hill Education.
- Standring, S. (Ed.). (2025). *Gray's anatomy: The anatomical basis of clinical practice* (43rd ed.). Elsevier.
- Tushak, S. K., Gepner, B. D., Forman, J. L., Hallman, J. J., Pipkorn, B., & Kerrigan, J. R. (2023). Human lumbar spine injury risk in dynamic combined compression and flexion loading. *Annals of Biomedical Engineering*, **51**(6), 1216–1225. <https://doi.org/10.1007/s10439-022-03126-5>

LA IA COMO APOYO EN INVESTIGACIONES EN EL CAMPO DE LA INGENIERÍA AMBIENTAL

Gloria Lucía CAMARGO MILLÁN

gloria.camargo@uptc.edu.co

Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC), Colombia

Resumen

La inteligencia artificial (IA) permite realizar tareas que tradicionalmente requerían inteligencia humana. Actualmente, la IA está presente en nuestra vida diaria y tiene especial relevancia desde las búsquedas en internet hasta las profesiones más complejas.

En la ingeniería ambiental, la IA contribuye como herramienta para resolver problemáticas como la predicción de inundaciones, la variabilidad climática y el cambio climático y la contaminación de cuerpos de agua y del aire.

En el campo de la investigación, se emplean aplicaciones que requieren analítica avanzada, modelación y predicción en los ámbitos de la calidad del aire, la gestión hídrica, la gestión de residuos, el cambio climático y la gestión energética. Se han documentado casos de éxito en distintos niveles.

La IA en Ingeniería Ambiental

La inteligencia artificial (IA) es un campo de la informática dedicado a los sistemas capaces de realizar tareas que normalmente requieren inteligencia humana, como el aprendizaje, el razonamiento y la percepción. Según Moor, J. (2006), el término fue acuñado en una conferencia en Dartmouth organizada por John McCarthy en 1956.

Estos sistemas pueden percibir su entorno, razonar sobre el conocimiento, procesar la información derivada de los datos y tomar decisiones para lograr un objetivo determinado.

Su aplicación en la ingeniería ambiental es muy amplia. Por ejemplo, incluye el procesamiento de datos ambientales, el análisis predictivo, el monitoreo en tiempo real y la optimización de procesos. Esto permite mejorar la comprensión y la mitigación de problemas ecológicos y sociales.

Beneficios de la IA en la investigación

Análisis avanzado de datos

Una de las principales aplicaciones de la IA en la ingeniería ambiental es el análisis avanzado de datos, lo cual se puede evidenciar de la siguiente manera:

La IA puede procesar y analizar grandes volúmenes de datos complejos (climáticos, de calidad del aire y del agua, de uso del suelo, etc.) de forma más rápida y precisa que los métodos tradicionales, lo que facilita el análisis de datos ambientales y puede utilizarse para comprender su influencia en la salud pública (Chauhan, A., Sai, G. & Hsu, C., 2025). Esto permite identificar tendencias y patrones difíciles de detectar manualmente, aunque la revisión humana sigue siendo fundamental.

Modelado y predicción

En lo que tiene que ver con el modelado y la predicción de datos ambientales, es muy importante contar con información previa suficiente y confiable; según Olawade, D. et al. (2024), datos insuficientes o sesgados pueden resultar en un rendimiento deficiente del modelo o en sesgos algorítmicos.

Modelos predictivos

Los modelos predictivos permiten pronosticar eventos futuros como olas de calor, inundaciones, sequías o la propagación de la contaminación, por ejemplo, en cuerpos de agua o en la dispersión de contaminantes en el aire. (Castell, M. et al., 2020), presentaron un estudio en el que emplearon regresiones basadas en vectores (SVR) para estimar índices de calidad del aire en el estado de California.

Simulaciones

Se pueden simular escenarios con y sin los parámetros bajo estudio antes de su implementación. Esto es aplicable a la calidad del agua y del aire, a las condiciones climáticas, a la gestión de residuos y a las políticas públicas, entre otros ámbitos. Existen diferentes algoritmos con los que se puede predecir la calidad del agua. Según López, I. D., Figueroa, A., & Corrales, J. C. (2016), las técnicas utilizadas en el componente adaptativo de los mecanismos de predicción son el algoritmo de proyección, el de mínimos cuadrados, el PSO y la computación evolutiva, en especial los algoritmos genéticos.

Aplicación en recursos hídricos

Las aplicaciones de la IA en la gestión del recurso hídrico son amplias; las más importantes se enuncian más adelante:

Gestión del agua y prevención de desastres

En lo referente a la gestión del agua y la prevención de desastres, es fundamental contar con información histórica precisa sobre eventos anteriores, como deslizamientos, inundaciones, precipitaciones y temperaturas.

Predicción de inundaciones

Los modelos de IA analizan datos hidrológicos e históricos para pronosticar inundaciones con mayor precisión y emitir alertas tempranas; por ejemplo, Agudelo Otálora, L. et al. (2018) compararon un modelo unidimensional de tránsito de flujo desarrollado en HEC-RAS con un modelo de inteligencia artificial basado en redes neuronales artificiales desarrollado en MATLAB para predecir inundaciones.

Detección de fugas

Los algoritmos de IA monitorean datos de sensores para identificar anomalías en la presión y el caudal del agua, lo que ayuda a prevenir fugas. Manian, S. et al. (2025) mostraron en su estudio el potencial tanto de la IA como del ML en las redes de suministro de agua, mejorando la capacidad de detección de fugas y reduciendo las pérdidas de agua.

Calidad del agua

A partir de datos en tiempo real provenientes de sensores y satélites, el uso de la IA permite identificar fuentes de contaminación y facilita la gestión normativa. En lo referente a la calidad del agua, existen modelos de calidad del agua, como los comentados por Pérez-Beltrán, H. et al. (2024), que emplean machine learning (ML) para correlacionar datos de calidad del agua obtenidos mediante espectroscopía. En contraste, Kwame Nti, et al., 2023, generaron una revisión de las tecnologías avanzadas para remoción de contaminantes del agua y el uso de IA, resaltando las siguientes: adsorción mediante, carbón activado, fitorremediación, intercambio iónico, electrocoagulantes, precipitación química, tecnologías de membrana, donde se puede aplicar redes neuronales artificiales, sistemas de interferencia neuroadaptativos, regresiones múltiples lineales, tecnologías de remediación electrocinética, entre otras.

Aplicación en calidad del aire

En cuanto a la aplicación de la IA en la calidad del aire, se centra principalmente en el uso de modelos de dispersión de contaminantes y en el monitoreo satelital.

Monitorización y predicción

Monitoreo satelital

La IA analiza datos de satélites y sensores para monitorear la calidad del aire a nivel global e identificar fuentes de emisiones. Olawade, D., et al. (2024) determinaron el empleo de redes neuronales artificiales, machine learning y sistemas híbridos, entre otros.

Modelos de IA

La dispersión de contaminantes atmosféricos facilita la implementación de acciones preventivas para proteger la salud pública. (Lei, H. et al. 2025), Revisaron relaciones entre concentración de contaminantes, factores de riesgo y exposición, tanto para la calidad del agua como para la calidad del aire, y plantearon retos para los modelos de IA.

Aplicación en gestión de residuos

Un componente importante del saneamiento básico es la gestión de residuos, en la que también resulta útil el uso de la IA para optimizar los procesos.

Optimización y eficiencia

La IA optimiza la recolección, clasificación y reciclaje de residuos para mejorar la eficiencia y prolongar la vida útil de los vertederos. Son, D. et al. (2025) revisaron la integración entre la IA y la gestión sostenible de residuos, empleando algoritmos

para optimizar la clasificación de residuos en sistemas inteligentes de gestión de residuos.

Los algoritmos de IA analizan las aguas residuales para optimizar el tratamiento, reducir los residuos y recuperar recursos.

Aplicación en cambio climático y energía

En el ámbito del cambio climático y de la generación de energía, también es posible aprovechar la IA para predecir el comportamiento temporal de las condiciones climáticas.

Acción climática y energías renovables

- Predicción climática

Los modelos de IA mejoran la precisión de las predicciones climáticas, lo que ayuda a prepararse adecuadamente para eventos extremos.

- Optimización energética

La IA equilibra la oferta y la demanda de energía, optimizando la integración de fuentes renovables como la solar y la eólica en la red eléctrica.

Seguimiento de emisiones

Plataformas como ClimateTRACE utilizan IA para monitorear las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) con gran precisión.

Casos de éxito

Ejemplos reales

The Ocean Cleanup: utiliza IA para mapear la acumulación de desechos plásticos en los océanos, mejorando la recolección de basura marina.

Agricultura inteligente (Agvolution): Desarrolló un sistema de IA que utiliza datos de sensores para controlar el microclima de los cultivos y optimizar el uso de agua y fertilizantes.

En Boyacá, se trabaja en el seguimiento del riego en agricultura de precisión, en la evaluación del estado de madurez de los cultivos, en la adaptación al cambio climático y en el monitoreo de residuos en el parque tecnológico Ambiental de Pírgua, entre otros casos.

Desafíos y consideraciones

Calidad de los datos

La precisión de la IA depende de la calidad de los datos de entrada, así como de la cantidad, de tal forma que incrementa la confiabilidad y reduce la incertidumbre en los resultados obtenidos.

Colaboración interdisciplinaria

La integración de la IA requiere la colaboración entre varias disciplinas, en este caso de ingenieros ambientales, científicos de datos y otros expertos.

Transparencia

Es importante asegurar la transparencia en los procesos de IA para generar confianza en las soluciones propuestas

Supervisión ética

La supervisión adecuada en los procesos de IA es fundamental para garantizar resultados éticos y sostenibles.

Conclusiones

Actualmente y, en mayor medida, en el futuro, muchas actividades requeridas en el campo de la ingeniería ambiental serán realizadas por la IA, lo que facilitará el quehacer humano. Deben aprovecharse estas herramientas para el análisis de datos ambientales, el modelamiento y la simulación de condiciones ambientales, la gestión del riesgo de desastres, la variabilidad y el cambio climáticos, la gestión de recursos naturales y el saneamiento básico, entre otras.

Se debe valorar, la IA al ofrecer herramientas poderosas para enfrentar los desafíos ambientales complejos, mejorando la eficiencia en la investigación, acelerando el desarrollo de soluciones y permitiendo tomar decisiones más informadas. La colaboración y el uso ético de estas tecnologías son claves para avanzar hacia un futuro más sostenible.

Referencias

- Agudelo Otálora, L. M., Moscoso Barrera, W. D., Paipa Galeano, L. A., & Mesa Sciarrotta, C. (2018). Comparación de modelos físicos e inteligencia artificial para la predicción de niveles de inundación. *Tecnología Y Ciencias Del Agua*, 9(4), 209-236. <https://doi.org/10.24850/j-tyca-2018-04-09>.
- Bolón-Canedo, V., Morán-Fernández, L., Cancela, B. & Alonso-Betanzos, A. A review of green artificial intelligence: Towards a more sustainable future. *Neurocomputing* 599 (2024) 128096. <https://doi.org/10.1016/j.neucom.2024.128096>.
- Castelli, M., Martins, F., Popovi, C., Silva, S., & Vanneschi, L. A Machine Learning Approach to Predict Air Quality in California. *Hindawi, Complexity*, Volume 2020, Article ID 8049504, 23. <https://doi.org/10.1155/2020/8049504>.
- Chauhan Anshaksha, Sai Guggilla & Hsu Chin-Yu. Advanced statistical analysis of air quality and its health impacts in India: Quantifying significance by detangling weather-driven effects. *Heliyon*, 2025; 11. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2025.e41762>.
- Son V. T. Dao, Tuan M. Le, Hieu M. Tran, Hung V. Pham, Minh T. Vu, Tuan Chu
- Integrating artificial intelligence for sustainable waste management: Insights from machine learning and deep learning. *Watershed Ecology and the Environment*, Volume 7, 2025, Pages 353-382, ISSN 2589-4714. <https://doi.org/10.1016/j.wsee.2025.07.00>.
- Lei Huang, Qiannan Duan, Yuxin Liu, Yangyang Wu, Zenghui Li, Zhao Guo, Mingliang Liu, Xiaowei Lu, Peng Wang, Fan Liu, Futian Ren, Chen Li, Jiaming Wang, Yujia Huang, Beizhan Yan, Marianthi-Anna Kioumourtoglou, Patrick L. Kinney. Artificial intelligence: A key fulcrum for addressing complex environmental health issues. *Environment International*, Volume 198, 2025, 109389, ISSN 0160-4120. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2025.109389>.
- López, I. D., Figueroa, A., & Corrales, J. C. (2016). Un mapeo sistemático de la predicción de la calidad del agua mediante técnicas de inteligencia computacional. *Revista Ingenierías Universidad De Medellín*, 15(28), 35-51. <https://doi.org/10.22395/rium.v15n28a2>

Kwame Nti, Samuel Jerry Cobbina, Eunice Efua Attafuah, Evelyn Opoku & Michael Amoah Gyan. Environmental sustainability technologies in biodiversity, energy, transportation, and water management using artificial intelligence: A systematic review. *Sustainable Futures* 4 (2022) 100068. <https://doi.org/10.1016/j.sftr.2022.100068>.

Kwame Nti, Samuel Jerry Cobbina, Eunice Efua Attafuah, Lydia Dziedzorm Senanu, Gloria Amenyeku, Michael Amoah Gyan, Dorcas Forson, Abdul-Rafiw Safo. Water pollution control and revitalisation using advanced technologies: Uncovering artificial intelligence options towards environmental health protection, sustainability, and water security. *Heliyon*. 9 2023.

Krishna Gautam, Poonam Sharma, Shreya Dwivedi, Amarnath Singh, Vivek Kumar Gaur, Sunita Varjani, Janmejai Kumar Srivastava, Ashok Pandey, Jo-Shu Chang j, Huu Hao Ngo. A review on control and abatement of soil pollution by heavy metals: Emphasis on artificial intelligence in recovery of contaminated soil.

Moor, J. "The Dartmouth College Artificial Intelligence Conference: The Next Fifty Years". *AI Magazine* 27(4), 2006. <https://doi.org/10.1609/aimag.v27i4.1911>.

Moravec, V., Gavurova, B., & Kovac, V. Environmental footprint of GenAI – Changing technological future or planet climate? *Journal of Innovation & Knowledge*, Volume 10, Issue 3, 2025, 100691, ISSN 2444-569X, <https://doi.org/10.1016/j.jik.2025.100691>

Olawade, D., Wada, O., Olge, A., Egbewole, B., Olojo, A., & Oladapo, B. Artificial intelligence in environmental monitoring: Advancements, challenges, and future directions, *Hygiene and Environmental Health Advances*, Volume 12, 2024, 100114, ISSN 2773-0492, <https://doi.org/10.1016/j.heha.2024.100114>.

Pérez-Beltrán, C.H., Robles, A.D., Rodriguez, N.A., Ortega-Gavilán, F., & Jiménez-Carvelo, A.M. Artificial intelligence and water quality: From drinking water to wastewater, *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, Volume 172, 2024, 117597, ISSN 0165-9936, <https://doi.org/10.1016/j.trac.2024.117597>.

ENTOMOLOGÍA FORENSE E INTELIGENCIA ARTIFICIAL: UN NUEVO PARADIGMA EN LA PROCURACIÓN DE JUSTICIA Y LA INVESTIGACIÓN CRIMINAL EN MÉXICO

Leonardo Roberto FLORES PÉREZ¹
Humberta Gloria CALYECAC CORTERO¹
Lourdes Monserrat CABA RÍOS²

lfloresp@chapingo.mx

hcalyecacc@chapingo.mx

monserrat.caba@correo.buap.mx

¹Área de Biología del Departamento de Preparatoria Agrícola, Universidad Autónoma Chapingo.
Texcoco, Estado de México

²Facultad de Derecho, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México

Resumen

Uno de los pilares de la entomología forense, ha sido la estimación del intervalo de muerte, también llamado, intervalo *postmortem* (IPM). Esta disciplina, utiliza la información que provee determinado insecto o grupo de insectos para el cálculo del Intervalo Post *Mortem* (IPM); si la muerte es reciente el dato a considerar es el grado de desarrollo de las especies colonizadoras del cadáver, pero si el cuerpo es encontrado en estado avanzado de putrefacción, el método más común es el análisis de los patrones de sucesión de la entomofauna sarcosaprófaga (término que engloba a toda la comunidad de insectos que se instala sobre el cadáver se alimenten de él o no, como depredadores, parasitoides e incidentales). Sin embargo, la precisión de esta disciplina ha dependido de manera tradicional de la pericia para la identificación de las especies de importancia forense y de la interpretación de variables ambientales como la temperatura, humedad relativa (HR) y precipitación, lo que puede introducir márgenes de error durante el análisis del indicio entomológico. Con el surgimiento de la Inteligencia Artificial (IA), específicamente a través del aprendizaje profundo (**Deep Learning**) y la visión por computadora, la disciplina experimenta, por lo menos en la parte experimente, una revolución técnica que permite la automatización de la identificación de especies y el modelado predictivo de alta precisión para conocer con mayor certeza los tiempos de desarrollo de un insecto asociado a un cadáver. En este documento, se analiza la relación técnica entre ambas áreas, se hace una revisión breve de la evolución histórica de la entomología forense desde el siglo XIII hasta los primeros modelos de redes neuronales en 2010 en donde se pretende hacer uso de la IA para optimizar el trabajo de la entomología forense, y se repasan algunas de las aplicaciones actuales en el campo, incluyendo el uso de drones y dispositivos móviles. De igual forma, se examina el panorama de esta tecnología en México,

destacando el uso de herramientas digitales en la localización de fosas clandestinas y la viabilidad de esta herramienta dentro del sistema de justicia penal acusatorio mexicano, regido, entre otros, por el Código Nacional de Procedimientos Penales.

Introducción

La Entomología Forense se define como interdisciplina en donde el estudio de los insectos y otros artrópodos interactúa con el sistema judicial, en ella se hace uso de estos organismos como indicios biológicos para solucionar diferentes planteamientos ministeriales y judiciales, ya que proporcionan información durante una investigación (Nava *et al.* 2008). Esta ciencia contempla en tres áreas: la urbana, centrada en insectos que afectan estructuras y entornos humanos; la de productos almacenados, enfocada en la infestación de alimentos; y la médico-legal, que analiza la fauna cadavérica para determinar el tiempo transcurrido desde el deceso, la posible manipulación del cadáver o el lugar original de la muerte (Bird & Tomberline, 2020). La importancia de la entomología forense radica en su capacidad para proporcionar estimaciones del IPM en casos donde otros métodos forenses, como la descomposición corporal o los análisis químicos, son limitados o poco precisos. Esto es especialmente útil en casos de muertes sospechosas, homicidios o hallazgos de restos humanos en avanzado estado de descomposición (Gennard, 2012). Además, los insectos pueden ser indicadores de movimientos postmortem, presencia de sustancias tóxicas en el cuerpo e incluso del lugar donde ocurrió la muerte (Benecke, 2001).

La relevancia de los insectos necrófagos radica en su asombrosa capacidad de quimiorrecepción, que les permite localizar un cuerpo en descomposición en cuestión de minutos (Recinos-Aguilar *et al.*, 2020). Es usual que los insectos estén entre los primeros y más importantes invertebrados que colonizan un cadáver tanto animal como humano. (Catts & Goff 1992, Wells & Lamotte, 2001; Amendt *et al.* 2011). De esta forma, la entomología médico criminal utiliza la información que provee determinado insecto o grupo de insectos para el cálculo del IPM; si la muerte es reciente el dato a considerar es el grado de desarrollo de las especies colonizadoras del cadáver (Goff 1993, Wells & Lamotte 2001); pero si el cuerpo es encontrado en estado avanzado de putrefacción, el método más común es el análisis de los patrones de sucesión de la entomofauna sarcosaprófaga, dado que los insectos siguen una secuencia de arribo predecible a un cadáver. Estos métodos deben estar basados en información obtenida de estudios previos con modelos animales semejantes en lo que respecta a los procesos de descomposición (Schoenly *et al.* 1996, Schoenly *et al.* 2006). Cualquiera que fuese el método para calcular el IPM, se requiere del conocimiento del ciclo de vida de las especies en cuestión, de su relación con los restos y de los restos con el hábitat en que ha sido descubierto (Goff *et al.* 2004).

Por su parte, la Inteligencia Artificial (IA) se define como la capacidad de un sistema de ingeniería para adquirir, procesar y aplicar conocimientos y habilidades. Es un sistema diseñado para operar con diversos niveles de autonomía y que puede, para objetivos explícitos o implícitos, generar resultados como predicciones, recomendaciones o decisiones que influyan en entornos físicos o virtuales. (ISO/IEC., 2022). Una IA debe tener la capacidad para interpretar correctamente datos externos, aprender de dichos datos y emplear esos conocimientos para lograr tareas y metas específicas a través de una adaptación flexible (Haenlein & Kaplan, 2019). En el ámbito forense, Un sistema de IA es un marco computacional que utiliza algoritmos de aprendizaje supervisado para integrar múltiples variables ecológicas y biológicas, permitiendo la generación de modelos predictivos no lineales que estiman eventos temporales, como el Intervalo Post Mortem (IPM), con una incertidumbre cuantificable (Hoyer & Schulz, 2024). Se busca, por tanto, desarrollar sistemas capaces de realizar tareas que normalmente requieren inteligencia humana, tales como el reconocimiento de patrones, el aprendizaje y la toma de decisiones autónoma (Medina, 2019). Dentro de este espectro, el Aprendizaje Automático (**Machine Learning**) permite que los algoritmos mejoren su rendimiento a medida que procesan mayores volúmenes de datos, mientras que el Aprendizaje Profundo (**Deep Learning**) utiliza arquitecturas de redes neuronales para procesar información con una dimensionalidad extremadamente alta, como imágenes digitales o secuencias genómicas (Padilla, 2025).

La relación que se establece entre la entomología forense y la IA es de naturaleza transformadora. Mientras que la entomología forense enfrenta limitaciones debido a la escasez de expertos taxónomos para identificar especies de importancia forense y dificultades para integrar múltiples variables ambientales no lineales para el cálculo del IPM, la IA ofrece la infraestructura computacional necesaria para estandarizar estos procesos (Bansode *et al*, 2026). Esta sinergia permite que el indicio entomológico sea transformado en datos digitales que un algoritmo puede clasificar con precisiones que rozan el 100%, eliminando sesgos subjetivos y acelerando los tiempos de respuesta en las investigaciones criminales (Gohe *et al.*, 2024).

Dinámica de la Colonización de la Entomofauna Cadavérica y la necesidad de su análisis computacional

La dinámica de la colonización cadavérica es un proceso biológico complejo regulado por factores intrínsecos (procesos de putrefacción) y extrínsecos (factores climáticos, región geográfica, etc.). Debido a la enorme cantidad de variables que influyen en el desarrollo de los insectos y la sucesión de especies, el análisis computacional se ha vuelto indispensable para alcanzar la precisión que exige el ámbito forense.

Para comprender la relevancia de la IA, es imperativo analizar el fenómeno biológico que intenta modelar. Tras el cese de las funciones vitales, un cadáver atraviesa

diversas fases de descomposición (fresca, hinchada, de descomposición activa, avanzada y restos secos), cada una de las cuales emite señales químicas volátiles que atraen a diferentes grupos de insectos (Calabuig & Villanueva, 2004). Los dípteros, especialmente de las familias Calliphoridae y Sarcophagidae, suelen ser los primeros colonizadores, depositando huevos o larvas en los orificios naturales o heridas del cuerpo (García *et al.*, 2004). La colonización no es un evento aleatorio, sino una sucesión ecológica predecible. Los insectos que arriban a un cadáver juegan un papel específico, se han descrito las siguientes categorías ecológicas al respecto:

- **Pioneros (Necrófagos):** Las moscas de las familias Calliphoridae y Sarcophagidae son las primeras en llegar, a menudo minutos después del deceso. Su objetivo es la oviposición en orificios naturales.
- **Depredadores y Parásitos:** Especies de Staphylinidae y Histeridae llegan para alimentarse de las larvas de dípteros.
- **Especies Omnívoras y Accidentales:** Hormigas, avispas y arañas que utilizan el cadáver como extensión de su hábitat.

El estudio de los insectos asociados a cadáveres suele ser complejo, ya que cada especie posee un umbral térmico y una tasa de crecimiento específica. Y para el cálculo del IPM, hay una técnica que requiere conocer el desarrollo de la especie, en función de ese umbral y de las condiciones climáticas. El desarrollo de una larva de mosca depende de la acumulación de energía térmica, medida comúnmente en Grados-Día. En términos prácticos, y de acuerdo con Manuel Nava y Humberto Molina, pioneros de la entomología forense en México. la fórmula que ha dado buenos resultados es la siguiente:

$$DD = (T^{\circ} \text{ max} - T^{\circ} \text{ min}) / 2 - T^{\circ} \text{ Base}$$

En donde las temperaturas promedio ambientales $((T^{\circ} \text{ max} + T^{\circ} \text{ min}) / 2)$ y la temperatura mínima de desarrollo de la especie en cuestión ($T^{\circ} \text{ Base}$), se utilizan para calcular los grados días acumulados en un intervalo de tiempo determinado, resultado que se utiliza para el cálculo del IPM (Li & Chen, 2022). La IA interviene aquí al permitir el procesamiento de datos climáticos históricos con una resolución mucho más fina que los métodos estadísticos tradicionales, integrando variables como la humedad relativa y la radiación solar, que también modulan el crecimiento larval (Baek *et al.*, 2025).

Evolución histórica de la Entomología Forense y los primeros acercamientos con la Inteligencia Artificial

La trayectoria de la entomología forense es milenaria, pero su hibridación con la tecnología computacional es un fenómeno del siglo XXI. El primer registro documentado del uso de insectos en la justicia penal data del año 1247 en China, donde el abogado y médico forense Sung Tz'u describió cómo las moscas, atraídas por restos microscópicos de sangre en una hoz, permitieron identificar a un asesino

en una aldea rural. Durante siglos, la disciplina permaneció en un estado empírico hasta que en 1855, el médico francés Marcel Bergeret aplicó principios biológicos para estimar el IPM de un recién nacido encontrado tras una pared, marcando el inicio de la entomología forense moderna en Europa. Jean Pierre Mégnin consolidó posteriormente estas bases al publicar *La Faune des Cadavres* en 1894, donde sistematizó las oleadas de insectos necrófagos (Benecke, 2001).

La incursión de la inteligencia artificial en este dominio científico ocurrió mucho después de que se acuñara el término en 1956 (Lontai *et al.*, 2024). El primer grupo de investigadores en aplicar formalmente redes neuronales artificiales (ANN) para el estudio de dípteros de interés forense fue el liderado por André Bianconi y colaboradores en el año 2010 (Bianconi *et al.*, 2010). En su estudio titulado "*Artificial Neural Networks: A Novel Approach to Analysing the Nutritional Ecology of a Blowfly Species, Chrysomya megacephala*", utilizaron modelos de Perceptrón Multicapa (MLP) y Sistemas de Inferencia Difusa (ANFIS) para predecir la supervivencia y el desarrollo de larvas bajo condiciones de competencia por recursos. Este trabajo fue pionero al demostrar que las herramientas de IA podían superar a la regresión lineal múltiple, especialmente al tratar con la naturaleza no lineal de los sistemas biológicos.

A partir de este hito, la literatura especializada comenzó a reportar avances significativos en el uso de algoritmos para tareas de identificación. En 2018, Cantürk y colaboradores propusieron el uso de IA para la estimación del IPM basada en cambios microbiológicos y entomológicos conjuntos (Lontani *et al.*, 2024). Sin embargo, fue en 2022 cuando el equipo de Apasrawirote y colaboradores revolucionó la identificación de estadios inmaduros (larvas) mediante el uso de redes neuronales convolucionales (CNN) especializadas en el análisis de los espiráculos posteriores de las moscas, una característica morfológica tradicionalmente difícil de discernir para el ojo no entrenado (Apasrawirote *et al.*, 2022).

El siguiente cuadro, resume los hitos más relevantes en la entomología forense y su "cruce" con la IA.

Hito Histórico	Año	Protagonista / Investigador	Relevancia Técnica
Primer caso documentado	1247	Sung Tz'u (China)	Uso de moscas para identificar el arma homicida. ⁷
Inicio de la fase científica	1855	Marcel Bergeret	Primera estimación de IPM basada en fauna en Europa.

Definición de "IA"	1956	John McCarthy	Nacimiento de la disciplina computacional base.
Primer uso de ANN en dípteros	2010	Bianconi <i>et al.</i>	Aplicación de redes neuronales para modelar desarrollo larval. ²⁶
Clasificación por CNN	2022	Apasrawirote <i>et al.</i>	Identificación automática de larvas con precisión del 100%.

Aplicación de la IA en la Entomología Forense

La aplicación de la IA en esta disciplina se manifiesta principalmente a través de mecanismos como la visión por computadora para la identificación taxonómica y el aprendizaje automático para el modelado del cálculo del IPM (Bansode *et al.*, 2026). *Identificación por Visión Computacional.* La identificación manual de insectos requiere años de formación en taxonomía. Un entomólogo forense debe observar estructuras microscópicas como la venación de las alas en adultos o los ganchos bucales y espiráculos en larvas. La IA simplifica este proceso mediante:

1. Redes Neuronales Convolucionales (CNN): Modelos como **VGG19** y **ResNet-101** son entrenados con miles de microfotografías de insectos. Estos sistemas aprenden de forma jerárquica, identificando desde bordes simples hasta texturas complejas que definen a una especie.
2. Aprendizaje por Transferencia (Transfer Learning): Dado que obtener millones de imágenes de moscas forenses es costoso, los investigadores utilizan modelos pre-entrenados en bases de datos generales (como **ImageNet**) con muestras específicas de dípteros necrófagos, logrando altas precisiones con conjuntos de datos más reducidos.
3. Modelos Ligeros para Dispositivos Móviles: Arquitecturas como **MobileNetV3-Large** han sido probadas por su eficiencia, permitiendo que el procesamiento se realice en segundos dentro de un teléfono inteligente o un dron en la escena del crimen, facilitando una respuesta inmediata sin necesidad de enviar la muestra a un laboratorio centralizado (Gohe *et al.*, 2024).

Modelado Predictivo y Entomotoxicología. El crecimiento de los insectos es sensible a las condiciones térmicas. Los modelos tradicionales suelen fallar cuando la temperatura fluctúa drásticamente o cuando el cuerpo contiene sustancias tóxicas que alteran el metabolismo larval (Mazumdar *et al.*, 2025). La integración de algoritmos de **Machine Learning** denominados **Random Forest** y **Máquinas de Vectores de Soporte** (SVM) permite:

- **Compensar variables ambientales:** Los algoritmos pueden integrar datos de estaciones meteorológicas remotas y corregirlos mediante modelos de microclima local, ofreciendo una predicción del IPM mucho más precisa que la obtenida mediante promedios térmicos simples (Baek *et al.*, 2025).
- **Detección de Xenobióticos:** Las larvas de mosca actúan como "bio-almacenes" de sustancias presentes en el cadáver. Mediante la combinación de espectrometría de masas y algoritmos de IA, es posible identificar metabolitos de cocaína, morfina o plaguicidas en el cuerpo del insecto en menos de dos minutos, lo cual es vital en casos de cadáveres en estado avanzado de descomposición donde los tejidos humanos ya no son viables para análisis toxicológico ((Mazumdar *et al.*, 2025).

Toda vez que se transita del laboratorio al campo, es donde la IA demuestra su verdadero potencial disruptivo. Existen ejemplos claros de cómo esta herramienta está siendo aplicada actualmente en escenarios reales y simulados con alta precisión. En situaciones de desastres naturales, guerras o búsquedas en áreas geográficas extensas y de difícil acceso, el tiempo es un factor crítico para localizar cuerpos o víctimas. Investigaciones recientes han propuesto el despliegue de drones equipados con sistemas de visión por computadora basados en **MobileNetV3** para la detección de enjambres de dípteros necrófagos. Debido a que las moscas de la familia Calliphoridae pueden detectar un cuerpo a kilómetros de distancia en cuestión de minutos, su presencia masiva en un punto geográfico actúa como un faro biológico. Los drones pueden escanear grandes perímetros y, mediante IA, clasificar si los insectos detectados son especies necrófagas, alertando a los equipos de rescate sobre la ubicación probable de restos humanos (Gohe *et al.*, 2024).

El desarrollo de la plataforma **Forensic-Insect Identification 1.0 (FI 1.0)** y otras aplicaciones móviles similares permite que personal no especializado, como primeros respondientes o peritos criminalistas de campo, tomen una fotografía macro de una larva y reciba una identificación taxonómica preliminar de inmediato (Ma *et al.*, 2025). Esto no pretende reemplazar al experto, pero asegura que la recolección del indicio entomológico se realice con una orientación científica desde el primer contacto, evitando la pérdida de información crucial por un embalaje o preservación inadecuados, tal como lo marca el Código Nacional de Procedimientos Penales (CNPP, 2014).

Un caso aplicado de gran relevancia es el uso de IA combinada con espectrometría de masas por desorción de campo. Investigadores han demostrado que pueden identificar la especie de una mosca a partir sus puparios vacíos encontrados años después de que el cuerpo llegado al proceso de esqueletización (Rosen, 2025). El modelo de IA analiza las huellas químicas de los lípidos y compuestos cuticulares que persisten en el pupario, permitiendo identificar a la especie y, potencialmente,

el tiempo meteorológico reinante en el momento de la colonización en el cadáver, lo que permite reconstruir hechos en casos de crímenes antiguos.

La Entomología Forense y la Inteligencia Artificial en México

En México, la entomología forense se encuentra en un proceso de consolidación, que en algunos años podría pasar de ser una disciplina auxiliar, a una herramienta estratégica en el nuevo sistema de justicia penal. La investigación en entomología forense en México ha sido impulsada principalmente por instituciones como la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), la Universidad de Guadalajara (UDG) y el Instituto Politécnico Nacional (IPN), entre otras. Un avance significativo es la creación de colecciones de referencia nacional que abarcan todo el territorio, las cuales serían la base esencial para entrenar algoritmos de IA adaptados al contexto mexicano.

El caso de las fosas clandestinas y la IA

México enfrenta una crisis de desapariciones que ha llevado al desarrollo de herramientas tecnológicas únicas. Investigadores de la UNAM y de la UDG han colaborado con autoridades de Jalisco para crear sistemas que utilizan IA no solo para identificar insectos, sino para analizar parámetros fisicoquímicos del suelo y cambios en la flora en sitios de inhumación ilegal (Gobierno del Estado de Jalisco, 2024).

La propuesta tecnológica en México incluye:

- **Análisis Multiespectral:** Uso de drones para detectar cambios en la reflectancia de la vegetación provocados por los fluidos de descomposición y la actividad de insectos debajo del suelo.
- **Protocolos de Ciencia Ciudadana Digital:** Plataformas que permiten a colectivos de búsqueda registrar hallazgos entomológicos que luego son procesados por expertos mediante herramientas de análisis de datos.
- **Manuales Institucionales:** La existencia de manuales en la antigua Procuraduría General de la República (ahora FGR) y fiscalías estatales para la recolección de insectos sienta las bases procedimentales para que la evidencia digitalizada pueda ser procesada por IA en un futuro cercano.

Viabilidad y futuro de la IA en el sistema de Justicia Mexicano

La pregunta fundamental es si estas herramientas tienen futuro en un sistema de procuración de justicia como el de México. El sistema penal acusatorio mexicano, consolidado tras la reforma de 2008 y regido por el Código Nacional de Procedimientos Penales (CNPP), exige que toda prueba científica sea presentada bajo principios de fiabilidad, contradicción e igualdad de armas (Orta, 2025). El uso de la IA en la entomología forense es viable en México siempre que cumpla con los estándares de la prueba pericial establecidos en los artículos 368 al 370 del CNPP y lo establecido en la Guía Nacional de Cadena de Custodia (México. Secretariado

Ejecutivo del Sistema Nacional de Seguridad Pública [SESNSP], 2015). Para que un dictamen basado en IA sea admitido, el perito debe ser capaz de:

1. Explicar la Metodología: Debido al principio de contradicción, el perito no puede simplemente decir que "la IA identificó a la especie". Debe explicar el entrenamiento del modelo, la tasa de error y la validación científica de la herramienta utilizada.
2. Garantizar la Cadena de Custodia Digital: La autenticidad de las imágenes procesadas por el algoritmo debe estar protegida bajo los protocolos de cadena de custodia que el CNPP, con base en la guía nacional de cada de custodia, exige para cualquier indicio físico (Poder Judicial de la Ciudad de México, 2014).
3. Acreditar la Pertinencia: La prueba debe ser relevante para el hecho investigado. En México, la capacidad de la IA para reducir el error humano en el IPM es un argumento fuerte para su pertinencia, dada la saturación de los servicios periciales y la necesidad de resultados rápidos y precisos.

Conceptos para considerar y sus implicaciones en el uso de la IA en el ámbito forense (Poder Judicial de la Ciudad de México, 2014; Orta, 2025):

Concepto	Implicación para la IA en Forense	Desafío en el Sistema Mexicano
Igualdad de Armas	Ambas partes deben tener acceso a la misma tecnología.	Brecha de recursos entre fiscalías y defensorías públicas.
Descubrimiento Probatorio	Obligación de revelar el software y datos de entrenamiento.	Derechos de propiedad intelectual del software de IA.
Contrainterrogatorio	El perito debe defender la decisión del algoritmo ante el juez.	Necesidad de peritos con formación híbrida en biología y computación.
Valoración Racional	El juez decide la fuerza de la prueba según la lógica y ciencia.	Resistencia cultural de algunos jueces a confiar en algoritmos complejos.

Desafíos y prospectiva en el contexto nacional

El futuro de la IA en la entomología forense mexicana es prometedor, pero enfrenta retos estructurales significativos. Por un lado, la falta de una plataforma nacional de análisis automático y la desconexión entre la investigación universitaria y las fiscalías ralentizan la adopción de estas tecnologías. Además, existe el riesgo de que la IA se convierta en una "caja negra" si no se establecen protocolos de transparencia y ética que eviten sesgos en la interpretación de los datos (Padilla, 2025).

Sin embargo, el potencial para mejorar la eficiencia es inmenso. En un sistema judicial que sufre de retrasos crónicos y falta de personal especializado, la automatización que ofrece la IA permite que los pocos peritos entomólogos forenses

disponibles, se centren en los casos más complejos, mientras que los algoritmos procesan la identificación de rutina (Pedraza, 2017). Herramientas como el análisis de video digital y el procesamiento de imágenes macro ya están siendo incorporadas en guías de valoración judicial, lo que indica que el camino para la IA está siendo trazado legalmente (Órgano de Administración Judicial. (s.f.)).

Hacia una ciencia forense aumentada

La integración de la inteligencia artificial en la entomología forense representa un avance significativo en la ciencia forense contemporánea. Al permitir la identificación taxonómica automatizada con precisiones cercanas a la infalibilidad y el modelado de variables biológicas complejas, la IA no solo complementa la labor del experto, sino que la "aumenta", proporcionando una base científica más robusta para la administración de justicia (Srivastav *et al.*, 2026). Históricamente, se ha pasado de la observación visual de moscas en una hoz en la antigua China con el objeto de esclarecer un delito, a la clasificación de especies mediante redes neuronales convolucionales (Gohe, 2024). Este salto tecnológico es particularmente relevante para países como México, donde la disciplina entomológica puede aportar soluciones críticas en contextos de violencia sistémica y desapariciones forzadas (Gobierno del Estado de Jalisco, 2024).

Para que esta tecnología prospere en México, debería ser necesario:

- *Fomentar la Transparencia Algorítmica*: los sistemas de IA deben ser explicables para que puedan ser defendidos en juicios orales, garantizando que el derecho a la defensa no se vea vulnerado por una tecnología inescrutable (Poder Judicial de la Ciudad de México, 2014).
- *Cerrar la Brecha Institucional*: las fiscalías deberán adoptar las herramientas desarrolladas por la academia, creando un flujo constante de datos y validaciones en casos reales.
- *Garantizar la Ética en el Manejo de Datos*: El uso de perfiles predictivos y bases de datos biológicas debe estar estrictamente regulado por normas de ética profesional para evitar abusos o discriminación sistémica (Uniyal & Kandpal, 2026).

Conclusión

La IA tiene futuro en la entomología forense de México. Su capacidad para transformar testigos biológicos (el indicio entomológico) en evidencia digital irrefutable, sería una promesa de justicia para las víctimas y sus familias en el complejo panorama del sistema de justicia penal mexicano. La ciencia forense del siglo XXI no solo tendrá que estudiar la vida y la muerte a través de sus mecanismos tradicionales, sino que ahora las interpretará a través de un algoritmo, abriendo una nueva era de precisión en la búsqueda de la verdad, en el actual sistema penal acusatorio.

Referencias

- Amendt, J., Campobasso, C. P., Gaudry, E., Reiter, C., LeBlanc, H. N., & Hall, M. J. R. (2011). Best practice in forensic entomology—standards and guidelines. *International Journal of Legal Medicine*, 121(2), 90-104. Doi:10.1007/s00414-006-0086-x
- Apasrawirote, D., Boonchai, P., Muneesawang, P., & Bunchu, N. (2022). Assessment of deep convolutional neural network models for species identification of forensically-important fly maggots based on images of posterior spiracles. DOI. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-1134033/v1>
- Bansode, S., Morajkar, A., Ragade, V., & Kharat, K. (2026). Advancements in AI-driven entomological tools for forensic investigations. En *Advancements in Entomology* (pp. 145-171). Springer Nature. DOI. https://doi.org/10.1007/978-981-95-5214-6_6
- Baek, I.-S., Oh, H.-S., Kim, Y.-R., Kang, M.-G., Jung, J.-B., & Park, S.-H. (2025). Medical–legal entomology in action: Evaluation of insect-based post-mortem interval estimation in South Korean death investigations. DOI. <https://doi.org/10.3390/insects16020231>
- Benecke, M. (2001). A brief history of forensic entomology. *Forensic Science International*, 120(1-2), 2-14. Doi:10.1016/s0379-0738
- Bianconi, A., Von Zuben, C. J., de S. Serapião, A. B., & Govone, J. S. (2010). Artificial neural networks: A novel approach to analysing the nutritional ecology of a blowfly species, *Chrysomya megacephala*. PMC. 10.1673/031.010.5801
- Byrd, J. H., & Tomberlin, J. K. (Eds.). (2020). *Forensic Entomology: The Utility of Arthropods in Legal Investigations* (3rd ed.). CRC Press. 620 p.
- Calabuig, J.A. & Villanueva C. E. (2004). *Medicina Legal y Toxicología*. Sexta edición. Barcelona, España. 1395 p.
- Catts, P. and M.L. Goff. (1992). Forensic entomology in criminal investigations. *Annual Review of Entomology*. 37: 253-272. <https://doi.org/10.1146/annurev.en.37.010192.001345>
- García, M. D., M. Arnaldos, E. Lozano, A. Luna (2004). La entomología forense en España. In: Calabuig, J.A. & Villanueva C. E. *Medicina Legal y Toxicología*. Sexta edición. Barcelona, España. 1395 p.

- Código Nacional de Procedimientos Penales (CNPP) (2014, 5 de marzo). Diario Oficial de la Federación. Última reforma publicada el 19 de febrero de 2021.
- Gennard, D. (2012). *Forensic entomology: An Introduction*. 2nd edition. John Wiley & Sons. 272 p.
- Gobierno del Estado de Jalisco. (2024, septiembre). Interpretar a la naturaleza. Estamos Buscando. [https://estamosbuscando.jalisco.gob.mx/wp-content/uploads/2024/09/LIBRO%20INTERPRETAR%20LA%20NATURAL EZA.pdf](https://estamosbuscando.jalisco.gob.mx/wp-content/uploads/2024/09/LIBRO%20INTERPRETAR%20LA%20NATURAL%20EZA.pdf)
- Goff, M. L. (1993). Estimation of *postmortem* interval using arthropod development and sucesional patterns. *Forensic Sci. Rev.* 5: 81-94.
- Goff M. L., García, M. D., M.I Arnaldos, E. R. Lozano & A. Luna (2004). Entomología cadavérica: fundamentos y aplicación. Referencia a la entomología española. *In* Calabuig, J.A. & Villanueva C. E. *Medicina Legal y Toxicología*. Sexta edición. Barcelona, España. 253-262.
- Gohe, A. K., Kottek, M. J., Buettner, R., & Penava, P. (2024). *Classifying forensically important flies using deep learning to support pathologists and rescue teams during forensic investigations*. PMC.
- Haenlein, M., & Kaplan, A. (2019). A Brief History of Artificial Intelligence: On the Past, Present, and Future of Artificial Intelligence. *California Management Review*, 61(4), 5-14. <https://doi.org/10.1177/0008125619864925>
- ISO/IEC. (2022). *Information technology — Artificial intelligence — Concepts and terminology* (ISO/IEC Standard No. 22989:2022). International Organization for Standardization / International Electrotechnical Commission. <https://www.iso.org/standard/74296.html>
- Lontai, M., Pamjav, H., & Petrerei, D. (2024). Artificial intelligence in forensic sciences: Revolution or invasion? Part I. *Belügyi Szemle*. DOI:10.38146/bsz-ajia.2024.v72.i4.pp701-715
- Li, Y., Wang, Z., & Chen, L. (2022). Advances in artificial intelligence-based microbiome for PMI estimation. *Frontiers in Microbiology*. doi: 10.3389/fmicb.2022.1034051

- Ma, Y., Niu, L., Wang, B., Li, D., Gao, Y., & Ha, S. (2025). Preliminary development of global–local balanced vision transformer deep learning with DNA barcoding for automated identification and validation of forensic sarcosaphagous flies. PMC. <https://doi.org/10.3390/insects16050529>
- Martin del Campo Rivera, B. (2014). El desarrollo de la entomología forense en México. Dialnet. <https://dialnet.unirioja.es/download/articulo/4761242.pdf>
- Mazumdar, A., Choudhary, A. K., Roy, R., Dhingra, V., Gupta, R., & Mallic, S. K. (2025). Forensic entomo-toxicology: Xenobiotics effects and AI integration in forensic investigations. *IP International Journal Of Forensic Medicine And Toxicological Sciences*, 10(4), 121-131. DOI:10.18231/j.ijfmts.76179.1765618233
- México. Secretariado Ejecutivo del Sistema Nacional de Seguridad Pública. (2015, 27 de noviembre). Guía Nacional de Cadena de Custodia. Diario Oficial de la Federación. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/40546/Guia_Nacional_Cadena_Custodia.pdf
- Medina, J. (2019). Justice Trends Magazine. El uso de la inteligencia artificial en el análisis del comportamiento de usuarios y entidades en el sistema de justicia mexicano. <https://justice-trends.press/es/el-uso-de-la-inteligencia-artificial-en-el-analisis-del-comportamiento-de-usuarios-y-entidades-en-el-sistema-de-justicia-mexicano/>
- Órgano de Administración Judicial. (s.f.). Análisis de video digital (P01008). Guías Judiciales. https://www.oaj.gob.mx/PJD/PJD_resources/guias/lib/P01008.pdf
- Orta M., R. (2025). El derecho probatorio en el sistema jurídico mexicano. Derecho Probatorio. <https://derechoprobatorio.com/el-derecho-probatorio-en-el-sistema-juridico-mexicano/>
- Padilla S, L. X. (2025). La inteligencia artificial en el derecho punitivo. *Ciencia Jurídica*. <https://www.cienciajuridica.ugto.mx/index.php/CJ/article/view/534/713>
- Pedraza L., C. (2017, 9 de octubre). Entomología forense en el NSJP [Vídeo]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=WQP7yGEwCdc>

- Poder Judicial de la Ciudad de México. (2014, febrero). Nova Iustitia. Revista digital de la Reforma Penal, II(6). https://www.poderjudicialcdmx.gob.mx/documentos/publicaciones_judiciales/Revista_Nova_Iustitia_Febrero_2014.pdf
- Recinos-Aguilar, Y. M., García-García, M. D., Malo, E. A., Cruz-López, L., Cruz-Esteban, S., & Rojas, J. C. (2020). The succession of flies of forensic importance is influenced by volatiles organic compounds emitted during the first hours of decomposition of chicken remains. *Journal of Medical Entomology*, 57(5), 1411-1420. DOI: 10.1093/jme/tjaa064
- Rosen, M. (2025, 31 de octubre). A new AI technique may aid violent crime forensics. *Science News*. <https://www.sciencenews.org/article/ai-violent-crime-forensics-blowflies>
- Schoenly, K. G., M. L. Goff, J. F. Wells & W. D. Lord. 1996. Quantifying statistical uncertainty in succesional-based entomological estimates of the postmortem interval in Death scene investigations: A simulation study. *Ame Entomologist*. 106-112.
- Schoenly, K. G., Haskell, N. H., Mills, D. K., Bieme-Ndi, C., Larsen, K., & Lee, Y. (2006). Recreating Death's Acre in the School Yard: Using Pig Carcasses as Model Corpses, to Teach Concepts of Forensic Entomology & Ecological Succession. *The American Biology Teacher*, 68(7), 402-410. <https://doi.org/10.2307/4452028>
- Srivastav, S., Singh, R., Shruti, K. M., Soni, P., Singh, R., Boutaj, H., ... & Joshi, N. (2026). AI-driven predictive modeling of necrophagous insect life cycles in forensic entomology. En *Advancements in Entomology*. Springer Nature. https://doi.org/10.1007/978-981-95-5214-6_3
- Uniyal, A., Kandpal, G. (2026). Ethical and Legal Dimensions of AI Integration in Forensic Entomology: Privacy, Data Security, and Evidence Interpretation. In: Mitra, D., Pellegrini, M., Sierra, B.E.G. (eds) *Advancements in Entomology*. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-95-5214-6_7
- Wells & Lamotte, 2001. Estimating the postmortem interval. In: J. H. Byrd and J. L. Castner [eds.], *Forensic Entomology: The Utility of Arthropods in Legal Investigations*. CRC Press, Boca Raton. pp. 263-285. <https://doi.org/10.1201/NOE0849392153>

CAPÍTULO 2

Transdisciplinariedad

Rafael LORENZO MARTÍN

Entrelazando el futuro educativo, en busca de la convergencia ética de la IAG y la Sabiduría Humana en el contexto de la sociedad del afecto.

Rafael MELGAREJO HEREDIA

Recuperar al observador: percepción, simulación y la política de la visión tecnológica.

Maurice J. SOULLIER

La paradoja de Ícaro: volando cerca del Sol de la IA Saltos audaces, alas frágiles: impactos en educación y en ámbito empresarial.

Jorge E. SAGULA

Ingeniería de Conocimiento, Sistemas Basados en Conocimiento, Razonamiento Aproximado, Teoría de Agentes: pilares insustituibles de la IAG ¿Evolución?

ENTRELAZANDO EL FUTURO EDUCATIVO, EN BUSCA DE LA CONVERGENCIA ÉTICA DE LA IAG Y LA SABIDURÍA HUMANA EN EL CONTEXTO DE LA SOCIEDAD DEL AFECTO

Rafael LORENZO MARTÍN

rlorenzomartin74@gmail.com

Universidad de Holguín, Cuba

Consultor/Investigador, INCOIN LEARNING

Resumen

La educación superior se encuentra hoy en un punto de inflexión que no es meramente tecnológico, sino ontológico. No es simplemente ante una nueva herramienta, sino ante una reconfiguración de lo que significa "saber" y "aprender". La Inteligencia Artificial (IA) en ambientes formativos se redimensiona de forma sutil como una **sinfonía del porvenir educativo**. En el umbral de una transformación civilizatoria sin precedentes, la educación superior se encuentra en una encrucijada llena de potencialidades y retos al mismo tiempo. El estudio que se presenta aborda un **problema crítico**: *la posible deshumanización y el vacío de sentido que conlleva la automatización masiva de los procesos intelectuales mediante la Inteligencia Artificial, en especial el tipo Generativa (IAG)*. En instituciones con un fuerte compromiso social, como las universidades, este riesgo es latente. El **objetivo** primordial de esta investigación es proponer una transición paradigmática hacia la **Educación 5.0**, un modelo donde la tecnología no sustituye al intelecto, sino que se convierte en un andamio cognitivo dentro de lo que el autor denomina la **"Sociedad del Afecto"**. Se busca que la sabiduría humana retome el mando de la técnica para garantizar una formación que sea más rigurosa en lo científico sin que esto exonere la profunda responsabilidad en lo ético.

En efecto, se despliega una tesis innovadora basada en la **simbiosis STEM**, un enfoque donde las ciencias duras y la tecnología se entrelazan con la sensibilidad humana. El desarrollo argumental destaca que la IAG permite acelerar la producción de información, pero carece de la capacidad intrínseca de otorgar significado y propósito. Por ello, el aporte central del trabajo es la **convergencia ética**: un modelo de formación donde el dominio de herramientas avanzadas de Ciencia de Datos (como Python y RStudio) se equilibra con una **"Heurística de la responsabilidad"**. El impacto de esta propuesta radica en redefinir al estudiante como un "organismo informacional" (inforg) que debe gestionar su entorno digital con conciencia moral. El texto profundiza en que la eficiencia algorítmica no debe servir para el aislamiento, sino para liberar tiempo humano que será reinvertido en el vínculo pedagógico, el cuidado mutuo y el análisis crítico de la realidad social. Así, el

alumno-investigador formado en las universidades no solo es un técnico de excelencia, sino un curador de conocimiento que "vibra" con las problemáticas de su territorio, utilizando el dato como una herramienta de transformación social y no meramente estadística sin sentido y coherente con el entorno.

La investigación concluye que el futuro de la educación no será puramente algorítmico ni puramente analógico, sino una integración armónica de ambos mundos. De esta forma se subraya que el mayor riesgo actual no es la tecnología que avanza, sino un liderazgo académico que no evoluciona para orientar dicho avance hacia el bien común. El impacto esperado es el posicionamiento estratégico de las universidades como un referente nacional en la gobernanza ética de la IA. La evolución de la educación superior no es una línea recta de progreso tecnológico, sino un proceso de maduración ontológica. Para construir el futuro, se debe comprender las sombras de dónde venimos y las luces que hoy nos desafían.

Como proyecciones de trabajo futuro, se plantean la implementación de currículos dinámicos que enseñen a "preguntar mejor" a las máquinas, mientras se fortalece la capacidad de sentir y cuidar, envasada en valores que a lo mejor hay que revisar y actualizar. En última instancia, la propuesta asegura que la técnica más avanzada solo alcanza su verdadera calidad cuando se pone al servicio de la trascendencia humana, la equidad social y el desarrollo sostenible sin distinción. La **Justicia Cognitiva** se posiciona como el baluarte ético frente al riesgo de un nuevo colonialismo digital, denunciando que la Inteligencia Artificial no es una herramienta neutral, sino un artefacto cargado de sesgos que puede invisibilizar los saberes locales y levitaciones que puede generar tergiversaciones. Sin una gobernanza soberana, las universidades corren el riesgo de caer en un "extractivismo epistémico", donde los modelos globales imponen verdades ajenas - convenientemente refinadas- que relegan a las instituciones a ser simples consumidoras de tecnología prefabricada, distorsionando así la identidad cultural y la soberanía intelectual del investigador.

Por ello, la transición hacia la **Educación 5.0** exige una auditoría de sesgos proactiva y una gobernanza emancipadora que subordine la técnica a la **Sociedad del Afecto**. La excelencia académica ya no se mide por la velocidad del procesamiento, sino por la capacidad de liderar un entrelazamiento tecnológico que sea ético y humanista. Al garantizar que la IA reduzca las brechas en lugar de ensancharlas, la Justicia Cognitiva transforma el futuro educativo en un espacio de liberación, asegurando que la pluralidad de saberes sea el eje central de la nueva soberanía digital.

Más allá de la Post-IA: recuperar el sentido en tiempos de la crisis de la verdad

La educación superior contemporánea no enfrenta una simple transición tecnológica, sino una fractura civilizatoria. La emergencia de la Inteligencia Artificial Generativa (IAG) ha pulverizado la noción tradicional de "conocimiento" como

acumulación de información. En la era de la saturación algorítmica, la información es una *commodity*; lo que escasea es el **sentido**. Como se anticipó en los *Ambientes Formativos 4.0*, la digitalización ha reconfigurado los vínculos sociales. Sin embargo, el riesgo actual ha mutado: de la brecha digital hemos pasado a la **"Guerra Cognitiva"**. El uso de tácticas subliminales mediadas por IA para moldear inferencias humanas nos obliga a reformular la misión de la universidad. Ya no basta con formar técnicos (profesionales) eficaces; el imperativo es formar **arquitectos de sabiduría** capaces de resistir la manipulación y de liderar la técnica con una brújula ética innegociable.

En el marco de la **Educación 5.0** cambian algunas cosas que se deben visualizar; la **"Sociedad del Afecto"** se define como un estadio superior de organización social y educativa fundamentado en la **biología del amor (Maturana, 2001)** y la **autopoiesis social**, donde la interacción humana se reconoce como la base constitutiva de todo proceso cognitivo y de convivencia ética.

Desde una perspectiva científica, este concepto se desglosa en tres dimensiones fundamentales; por una parte, la **dimensión Ontológica y Biológica (Maturana y Varela, 1984)**: bajo esta óptica, el "afecto" no se reduce a una emoción pasajera, sino que se entiende como la **aceptación del otro como un legítimo otro** en la convivencia. Científicamente, esto implica que el aprendizaje solo es posible en entornos donde la sinergia emocional permite la apertura de los dominios cognitivos. En la Sociedad del Afecto, el aula (física o digital) se transforma en un nicho ecológico de bienestar donde el vínculo pedagógico es el catalizador que permite que la tecnología deje de ser una herramienta externa para convertirse en un **andamio cognitivo**.

También, la **dimensión Socio-Técnica: la primacía de la sabiduría sobre la técnica**: En contraste con la sociedad de la información (centrada en el dato) y la sociedad del conocimiento (centrada en la gestión), la *Sociedad del Afecto* se centra en la **sabiduría**. Aquí, la Inteligencia Artificial Generativa (IA-G) se subordina a una **heurística de la responsabilidad**. Se argumenta que, mientras la IA-G puede procesar correlaciones estocásticas, solo la conciencia humana puede otorgarles **sentido y propósito moral**. Por tanto, la tecnología se reconfigura como una infraestructura invisible que libera tiempo intelectual para que el humano ejerza su función esencial: cuidar, valorar y trascender.

Coherente, la **dimensión Ética y Política: justicia cognitiva**: científicamente, la Sociedad del Afecto es el antídoto contra la **deshumanización algorítmica** y el colonialismo digital. Se concibe como *un sistema de **Gobernanza de la Sabiduría** donde la excelencia académica no se mide por la productividad técnica, sino por la capacidad de las comunidades (Inforgs) de vibrar con las necesidades de su territorio. Es la transición de una "tecnocracia fría" hacia un **ecosistema de bienestar**, donde la formación científica es rigurosa porque está al servicio de la preservación de la vida y la equidad social.*

*Desde estas perspectivas se postula en este estudio, la **Sociedad del Afecto** como la superación ontológica de la Sociedad de la Información. Se fundamenta en la premisa de que el conocimiento carece de valor transformador si está desvinculado del compromiso ético y del cuidado del otro. En este paradigma, el 'afecto' actúa como la métrica de validación de la técnica: una tecnología es exitosa solo si potencia la autonomía humana, reduce las brechas sociales y fortalece el vínculo pedagógico. Es, en esencia, la arquitectura social necesaria para que la Inteligencia Artificial sirva de soporte a un florecimiento humano que sea, simultáneamente, riguroso en lo empírico y trascendente en lo humano.*

La transición hacia un nuevo paradigma educativo es articulada hoy no como una simple actualización de herramientas, sino como una reconstrucción ontológica de la enseñanza. Es observado cómo, en las décadas precedentes, el motor de los métodos didácticos es impulsado primordialmente por una búsqueda de eficiencia laboral, donde es priorizada la producción de operarios altamente tecnificados que encajen en los engranajes de un mercado demandante y cada vez más exigente. Bajo esta lógica, la ética, los valores y el afecto son relegados a la periferia en el mejor de los casos, siendo etiquetados erróneamente como complementos opcionales en lugar de ser reconocidos como el eje transversal de toda formación científica auténtica. Se advierte que, incluso en los intentos de colaboración académica, es mantenida una multidisciplinariedad incipiente que permite el "estar juntos" pero impide el "ser uno", conservando fronteras donde muchas asignaturas, en especial la matemática o la técnica son instrumentadas para la optimización material, pero se les es negado el vuelo necesario para resolver la complejidad de los dilemas sociales.

En el contexto actual, es habitada una fractura histórica provocada por la irrupción de la Inteligencia Artificial Generativa, la cual es interpretada como una fuerza que pulveriza los modelos del ayer mediante una disrupción por saturación. En este escenario de abundancia asfixiante de datos, es generado un hambre urgente de sentido; ya no es buscada la información per se, sino el propósito que la sostiene - para bien o para mal-. Es en este espejo digital donde el ser humano es impelido a redescubrirse con sobrados ataques de distracciones mediáticas; delegando en la máquina la generación de respuestas para recuperar para sí el rol de curador de sabiduría. Se debe repensar que la misión del investigador no es definida por la competencia en velocidad, sino por la profundidad del juicio y la capacidad de formular preguntas esenciales que posean peso moral y trascendencia social.

La auditoría de la Sabiduría: excelencia, justicia cognitiva y transparencia en la era de la Post-IA

En el ecosistema de la Educación 5.0, la excelencia académica ha dejado de ser una métrica de productividad para convertirse en un imperativo ético. Alineados con las directrices de la UNESCO y la EUA (European University Association), se sostiene que la investigación contemporánea debe enfrentar su mayor desafío: la

"opacidad algorítmica". El Investigador 5.0 no es quien más datos procesa, sino quien tiene la capacidad de iluminar las sombras de la técnica.

La validación estocástica: el código como instrumento de verdad. El dominio de lenguajes como Python y RStudio en la formación de científicos e ingenieros debe trascender la mera operatividad técnica. Se propone que la programación sea el bisturí de una nueva auditoría de sesgos. En lugar de aceptar pasivamente los resultados de los modelos de caja negra y mucho menos extrapolarlos sin una crítica científica; el investigador debe utilizar la ciencia de datos para desarmar la arquitectura del algoritmo. Esto implica desmitificar la alucinación al utilizar el rigor estadístico para identificar dónde termina la lógica y dónde comienza la invención probabilística de la IA-G (en este caso). Auditoría forense de datos, al desarrollar scripts que detecten discriminaciones algorítmicas —de género, raza o clase, etc.— ocultas en los datos de entrenamiento. Ejemplo: un ingeniero agrónomo no solo usa IA para predecir cosechas; utiliza RStudio para verificar si el modelo ignora variables climáticas locales por haber sido entrenado exclusivamente con datos del hemisferio norte.

La justicia cognitiva: la universidad como centinela de la soberanía. La universidad debe erigirse como el laboratorio soberano donde se defienda la **soberanía del dato**. Existe un riesgo latente de "extractivismo epistémico": modelos de IA-G entrenados con realidades ajenas que pretenden definir las políticas públicas de ciertos territorios. La **Justicia Cognitiva** exige una investigación "anclada" a la problemática local. La Inteligencia Artificial (cualquiera, pero en especial la Generativa) no debe utilizarse para diluir nuestra identidad bajo una supuesta objetividad globalista, sino para **potenciar lo específico**.

Relacionado con lo anterior se debe abogar por la **Investigación Situada**; al entrenar y ajustar modelos (fine-tuning) con datos que oscilen con nuestra realidad social, económica y cultural. Ejemplo: en lugar de aplicar un modelo genérico de desarrollo urbano, la universidad diseña algoritmos que respeten la arquitectura social y el tejido afectivo de las comunidades locales, garantizando que el progreso técnico sea un acto de liberación y no de subordinación.

Hacia una ciencia transparente y trascendente. El compromiso del Investigador 5.0 es con la **explicabilidad (por IA)**. Cada avance debe ser auditable, cada decisión automatizada debe ser rastreable y cada dato debe tener una conciencia humana. La excelencia, por tanto, se redefine, quedando como la capacidad de entrelazar la potencia del cálculo con la **Sociedad del Afecto**, asegurando que la técnica nunca sea un velo que oculte la injusticia, sino un faro que guíe hacia una ciencia profundamente exacta y, sobre todo, profundamente justa.

Por consiguiente, la Sociedad del Afecto es erigida como una necesidad estructural y vital. En medio de la frialdad que es impuesta por las pantallas y la abstracción de los datos, la conexión emocional es revelada como el activo más valioso del espacio formativo. La pedagogía del presente es transformada en un ejercicio de resistencia

y cuidado, asegurando que el corazón humano (configuración de sentido) permanezca como el centro de toda evolución técnica. Esta arquitectura de la convergencia es proyectada hacia un horizonte de horizontalidad cognitiva, donde el conocimiento deja de ser una acumulación inerte para convertirse en una fuerza viva y transdisciplinar. Se propone que las fronteras entre las ciencias, las artes y la ética sean disueltas por completo, permitiendo que sean formados arquitectos de misiones planetarias en integridad del flujo sapiencial, capaces de enfrentar desafíos y crisis que afectan a la humanidad mediante una sinfonía de saberes integrado en una emancipación intelectual.

Bajo este modelo, es experimentada la metamorfosis definitiva del docente, quien deja de ser un transmisor de contenidos para erigirse como el Arquitecto de Ecosistemas de Aprendizaje. Su autoridad ya no es emanada de la información que posee, sino de su capacidad magistral para gestionar el afecto colectivo e inspirar sabiduría. Mientras la Inteligencia Artificial es integrada en la infraestructura invisible de la vida diaria —tal como es integrada la electricidad—, la competencia humana suprema es definida como la metacognición. Se entiende por esta la habilidad de comprender los propios procesos de pensamiento para dirigir la potencia de la máquina hacia soluciones que promuevan el bienestar global, desplazando el enfoque de la herramienta hacia la intención ética.

Ambientes formativos 4.0 hacia la simbiosis STEM en la sociedad del afecto

La metamorfosis de la educación superior hacia una **onto-epistemología del afecto** se manifiesta hoy como la respuesta definitiva ante una crisis civilizatoria donde la abundancia de cálculo contrasta con una profunda orfandad de sentido. Es habitada una paradoja histórica en la que, mientras la capacidad de procesamiento algorítmico alcanza niveles exponenciales, la necesidad de un anclaje humano se vuelve un imperativo existencial. Bajo esta premisa, la universidad es reconfigurada no como una entidad expendedora de certificaciones técnicas, sino como el bastión soberano de la sabiduría. Esta transición desde una Educación 4.0 —obsesionada con la eficiencia y la conectividad industrial— hacia una **Educación 5.0** representa un giro hacia la **justicia epistémica**, donde la tecnología deja de ser el fin último para convertirse en el andamio de la emancipación humana.

En este nuevo escenario, la **Simbiosis STEM** emerge como un entrelazamiento orgánico en el que la Inteligencia Artificial Generativa actúa como un tejido conectivo transdisciplinar. Se postula que la rigidez de las ciencias exactas debe fundirse con la intuición y el juicio ético del investigador, permitiendo abordar problemas de una complejidad sistémica sin precedentes. No obstante, esta integración exige una resistencia activa contra el colonialismo digital; es imperativo eludir la "obediencia algorítmica" mediante una **heurística de la responsabilidad**. El investigador en nuestros territorios es impelido a auditar y validar cada constructo sintético,

asegurando que los sesgos del Norte Global no invisibilicen la realidad situada de nuestras comunidades.

La formación científica de ingenieros e investigadores es desplazada, por tanto, desde la mera ejecución de código hacia una **heurística generativa dinamizada**. El uso de herramientas de alto nivel como Python y RStudio es elevado a la categoría de **validación estocástica**, un ejercicio de rigor donde la potencia de cálculo es sometida al escrutinio del sustento empírico para neutralizar las "alucinaciones" tecnológicas. En esta dialéctica, la ingeniería de prompts no es concebida como un simple comando, sino como el arte de interrogar a la máquina con peso moral y social. Inspirados en la didáctica del medio de Brousseau (1986), se entiende que el estudiante interactúa con la IA como un desafío cognitivo constante que demanda una transparencia absoluta y una explicabilidad radical (XAI), rechazando cualquier forma de opacidad algorítmica o "caja negra".

Paralelamente, la sinergia entre la inteligencia humana y la artificial enfrenta desafíos éticos que atañen a la soberanía de datos y la privacidad del **Inforg** (organismo informacional). La educación es erigida como el escudo protector contra las guerras cognitivas y las estrategias de desinformación subliminal, devolviendo al sujeto su agencia plena. En este contexto de fragilidad digital, el rol del profesor experimenta su metamorfosis más profunda: el docente es consagrado como un **arquitecto de ecosistemas formativos**. Su liderazgo no emana del acopio de información, sino de su capacidad para orquestar **misiones planetarias** que aborden la crisis climática o la justicia social, fundando su praxis en una pedagogía del cuidado. Se reconoce que el aprendizaje solo es posible en espacios de aceptación, donde el afecto actúa como el único activo capaz de garantizar el bienestar digital y la salud mental frente a la saturación informativa.

Hacia el horizonte del 2026, la excelencia universitaria es medida por su capacidad de formar seres humanos aptos para sentir, amar y trascender. Se proyecta una **transdisciplinariedad plena** donde las fronteras disciplinares se disuelven para sanar el tejido social, permitiendo que la inteligencia artificial se desvanezca en la infraestructura invisible de lo cotidiano, tal como lo hizo la electricidad. El enfoque se traslada definitivamente hacia la **metacognición** y la intención ética de nuestras acciones. El legado final de este paradigma es la consolidación del **inforg soberano**: egresados conscientes de su entrelazamiento con la infoesfera global, pero que vibran genuinamente con el dolor y la alegría de su territorio, utilizando la técnica como una herramienta sagrada para la transformación humanista del mundo.

Reconfiguración ontológica de la Educación Superior: hacia un paradigma de soberanía infocultural y afectiva

La irrupción de la Inteligencia Artificial Generativa (IAG) es interpretada no como una simple alternancia de herramientas pedagógicas, sino como una mutación profunda en la arquitectura de la cognición humana. En el ecosistema de la

Educación Superior, la transición hacia la denominada **Educación 5.0** es articulada mediante cuatro dimensiones estratégicas que redefinen la relación entre el sujeto, la técnica y el territorio.

Imperativos epistémicos: de la instrucción operativa a la soberanía crítica. Se apuesta por la necesidad primordial de la universidad contemporánea trasciende el mero acceso tecnológico para situarse en el dominio de una **Alfabetización para la Soberanía**. Es superada la brecha de la mediación técnica mediante un entendimiento profundo de la arquitectura de los Modelos de Lenguaje (LLMs). En este sentido, la **Ingeniería de Prompts** es elevada a la categoría de dialéctica del pensamiento complejo: un ejercicio de interlocución donde el investigador guía la capacidad heurística de la máquina mediante una semántica de precisión. Como ejemplo de esta transición, en las facultades de ingeniería y ciencias básicas, la formación es desplazada desde la ejecución de algoritmos preestablecidos hacia la **auditoría lógica**. Se exige que el investigador sea capaz de validar la producción sintética mediante lenguajes de alto nivel como Python y RStudio, garantizando que el sustento empírico prevalezca sobre la automatización.

Potencialidades sinérgicas: la IAG como socio cognitivo y orquestador de complejidad. La potencialidad más disruptiva de este cambio de era es la metamorfosis del software: este deja de ser un instrumento inerte para ser reconocido como un **socio cognitivo**. Bajo esta lógica, se dinamiza una **Heurística Generativa** que acelera los ciclos de prototipado e hipótesis, permitiendo que el tiempo intelectual del académico sea reinvertido en la **curaduría de sabiduría** y en el análisis de impacto social. Se observa, además, una **transdisciplinariedad en tiempo real**, donde la IA actúa como un tejido conectivo que disuelve las fronteras entre disciplinas. Un agrónomo o un investigador de cualquier universidad son facultados para integrar, en un solo modelo de simulación, variables de sociología rural, ética climática y economía circular. Se proyecta así el uso de IA-G para modelar la sostenibilidad hídrica en entornos vulnerables, donde el Big Data es procesado por el algoritmo mientras la contextualización afectiva y cultural es aportada por el juicio humano.

Cartografía de riesgos: la lucha contra el colonialismo epistémico. Es advertido que el despliegue de sistemas autónomos sin una **gobernanza ética** sólida conlleva el riesgo de una **alucinación epistémica** a gran escala. Se identifica la amenaza de un **extractivismo cognitivo**, donde los modelos entrenados bajo las cosmovisiones del Norte Global imponen sesgos que invisibilizan las particularidades sociopolíticas de nuestros territorios. Asimismo, se analiza el peligro de una **atrofia del pensamiento crítico** derivada de la "obediencia algorítmica", un estado donde el estudiante delega la producción de sentido a la máquina, anulando la capacidad de asombro y disidencia. La validación estocástica se vuelve, por tanto, un imperativo para evitar que investigaciones acepten de forma

acrítica resultados contaminados por sesgos de género o raza presentes en los corpus de entrenamiento.

Proyecciones civilizatorias: el inforg soberano y las misiones planetarias. El horizonte de la educación hacia el 2026 es perfilado bajo el liderazgo de la **Justicia Epistémica**. Las proyecciones clave se orientan hacia la creación de ecosistemas de aprendizaje donde el vínculo pedagógico es robustecido por la gestión de la salud mental y el bienestar digital. El docente es consagrado como un **arquitecto de ambientes**, cuya misión es la orquestación del afecto colectivo y la enseñanza del "buen preguntar". Se propone una investigación organizada bajo **misiones planetarias** —como la Soberanía Alimentaria 2030—, donde la técnica se vuelve una infraestructura invisible al servicio de la trascendencia. Finalmente, es promovida la formación de **Inforgs Soberanos**: egresados que, como organismos informacionales conscientes, vibran en sintonía con su territorio, utilizando la técnica no para la acumulación, sino para la sanación y la transformación estructural de la sociedad.

Simbiosis STEM en la era algorítmica: superando el silo tecnocrático para una reconquista fenomenológica del sentido

La propuesta medular de este tratado es la evolución del STEM (siglas de la sintaxis traducida: Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemática) como enfoqueseudotradicional hacia la **simbiosis STEM**. Los silos disciplinares son prisiones cognitivas que impiden dar respuesta a las "Misiones Planetarias" (crisis climática, soberanía alimentaria y desigualdad sistémica). En efecto se debe pasar de la fragmentación disciplinar a la simbiosis STEM: la reconquista del sentido en la era algorítmica.

El silo como **entropía cognitiva** frente a las misiones planetarias tiene muerte anunciada. La estructura tradicional del conocimiento, segmentada en silos estancos, ha dejado de ser funcional para la supervivencia de la especie. En la era de la **crisis civilizatoria**, los silos actúan como "prisiones cognitivas" que fragmentan una realidad que es, por naturaleza, sistémica. Las **misiones planetarias** —como la soberanía alimentaria, la mitigación del cambio climático y la erradicación de las asimetrías sociales— no pueden resolverse desde la matemática pura o su aplicación, la ingeniería aislada y desconectada o la sociología abstracta y obsoleta.

La **simbiosis STEM** propone que la excelencia académica no reside en la especialización atomizada, sino en la capacidad de generar un **entrelazamiento transdisciplinar**. Esta propuesta sostiene que el futuro de la ciencia depende de nuestra habilidad para disolver las fronteras disciplinares y fusionar el rigor técnico con la ética profunda, convirtiendo el saber en una herramienta de sanación planetaria. De forma análoga la IA debe concebirse como socio cognitivo: del "Instrumento" al "Andamio". Superando la visión de la tecnología como una simple herramienta externa de apoyo, la Simbiosis STEM eleva a la Inteligencia Artificial

Generativa (IA-G) a la categoría de **socio cognitivo**. Inspirándonos en la teoría del andamiaje de **Bruner** y la Zona de Desarrollo Próximo de **Vygotsky**, la IA se integra como una estructura de soporte que permite al investigador alcanzar niveles de complejidad antes inaccesibles.

En este contexto, se produce una delegación estratégica de funciones: **la máquina (carga factual)**: gestiona la entropía de la información, el procesamiento masivo de datos y la ejecución de procesos algorítmicos repetitivos. **El humano (heurística de la responsabilidad)**: Se reserva la curaduría de la sabiduría, la dirección ética y la toma de decisiones basada en el impacto social. El **"andamio" de la IA** no reemplaza la inteligencia humana; la libera de lo mecánico para permitirle florecer en lo creativo y lo moral.

Emerge una **convergencia epistémica**: lo estocástico frente a lo fenomenológico. Uno de los argumentos más novedosos de este tratado es la **distinción entre la naturaleza de ambas inteligencias**. La potencia de la **IA-G es estocástica**: se basa en la probabilidad, la predicción de patrones y la arquitectura de grandes modelos de lenguaje que operan sin conciencia de significado. Por el contrario, la potencia **humana es fenomenológica**: está arraigada en la experiencia vivida, el contexto histórico, el afecto y la conciencia del ser en el mundo.

La verdadera sinergia ocurre cuando la capacidad probabilística de la IA-G se somete al **filtro de la experiencia situada**. Mientras la IA-G puede ofrecer una solución estadísticamente "correcta", solo el investigador humano puede determinar si esa solución es "justa". Este entrelazamiento garantiza que la ciencia de la Educación 5.0 no busque solo la **exactitud** (un valor técnico), sino la **equidad** (un valor humano), asegurando que el progreso tecnológico no se traduzca en una nueva forma de colonialismo digital, sino en una herramienta de emancipación y potenciación legítima.

La simbiosis STEM, por tanto, no es una reforma curricular; es una reforma del ser y el saber hacer. El investigador deja de ser un operario de software y algoritmos para convertirse en un **estratega de la trascendencia**. Al integrar la IA como infraestructura invisible, el enfoque se desplaza hacia la **metacognición**: ya no importa solo *qué* pensamos, sino *cómo* y *para qué* utilizamos el pensamiento potenciado por la máquina o entes artificiales. El resultado final es una formación científica donde el rigor de los datos vibra en sintonía con la **Sociedad del Afecto**, garantizando que cada avance técnico sea, fundamentalmente, un acto de amor, conciencia y responsabilidad hacia el territorio.

Análisis de la sinergia cognitiva: el entrelazamiento de competencias en la Educación 5.0. El modelo de Simbiosis STEM que aquí se propone no es una mera suma de capacidades, sino un ecosistema donde la distribución de competencias permite que cada inteligencia potencie a la otra. Este entrelazamiento se manifiesta a través de tres dimensiones críticas: el **procesamiento de información**, la **praxis didáctica** y la **gobernanza ética**.

La dimensión del Procesamiento: hacia una **soberanía del dato**. En el nivel operativo, la Inteligencia Artificial Generativa (IA-G) despliega su potencia estocástica mediante la gestión de Big Data y la identificación de patrones masivos con una velocidad inalcanzable para el cerebro biológico. Sin embargo, este procesamiento carece de significado si no se somete a la potencia fenomenológica del ser humano. El aporte humano es el que dota al dato de contexto local, profundidad histórica y relevancia cultural. El resultado de esta sinergia es la Soberanía del Dato: una naturaleza que no solo computa realidades genéricas, sino que comprende y respeta la identidad del territorio donde se aplica o se estudia.

La dimensión Didáctica: el surgimiento del **andamiaje sabio**. En el ámbito de la formación, la IAG revoluciona la didáctica mediante una capacidad inagotable para la generación de contenidos diversos y personalizados. Pero este flujo de información por sí solo no constituye aprendizaje. Es el ser humano quien aporta la mentoría emocional y la guía ética, elementos que la máquina no puede replicar. Al entrelazar la diversidad algorítmica con la calidez del mentor, el proceso educativo se transforma en un Andamiaje Sabio. Aquí, la tecnología sirve de soporte (andamio) para que el estudiante alcance niveles superiores y más versátiles de conciencia y sabiduría, garantizando que el crecimiento técnico vaya de la mano con la madurez humana.

La dimensión Ética: la **heurística de la responsabilidad**. finalmente, en el eje de la ética, la potencia estocástica de la IA se utiliza como una herramienta avanzada de auditoría para la detección de sesgos. No obstante, la máquina puede identificar un sesgo, pero no puede comprender la injusticia. Es el aporte humano el que introduce el juicio moral y la búsqueda de justicia social. Al someter la capacidad detectora de la IA-G al filtro del valor humano, el modelo culmina en lo que denominamos la Heurística de la Responsabilidad. En este nivel, cada avance científico y cada decisión algorítmica son asumidos como un acto ético consciente, asegurando que la ciencia sea tan exacta en su cálculo como justa en su propósito social e impacto.

La transfiguración educativa: del tecnocentrismo 4.0 a la sabiduría afectiva 5.0

La educación superior contemporánea no atraviesa una simple crisis de medios, sino una profunda fractura en su razón de ser ontológica. Se está (2026) en un punto de inflexión donde la saturación de información, catalizada por la Inteligencia Artificial Generativa (IA-G), ha desbordado los marcos tradicionales de la eficiencia para exigir una reconfiguración de lo humano de forma general y particularmente en el aula. En este escenario, *la transición de la Educación 4.0 hacia la 5.0 no debe entenderse como un avance cronológico, sino como un retorno – evolución-necesario a la esencia del sujeto en una sociedad que el autor de este estudio denomina como la "Sociedad del Afecto". Para comprender el alcance de este entrelazamiento, es imperativo analizar la dialéctica entre lo que fue, lo que es y el horizonte de lo que inexorablemente será.*

En una visión previa, el paradigma de la Educación 4.0 se erigió bajo la sombra de la instrumentalidad técnica. Durante esta fase, la formación universitaria respondió a la lógica de la "eficiencia del silo", donde el conocimiento se fragmentaba en compartimentos estancos y la tecnología era percibida como una herramienta externa, un mero soporte para la productividad. El éxito pedagógico se medía por la capacidad de procesar datos y ejecutar algoritmos, reduciendo al estudiante a un operario de alta complejidad y al docente a un transmisor de saberes cerrados y estructurados. Esta etapa, aunque eficaz en la resolución de problemas técnicos inmediatos, generó una desafección del contexto social, ignorando la interdisciplinariedad, lo holístico y priorizando un humanismo analógico que palidecía ante la velocidad del mercado laboral.

Sin embargo, el presente nos sitúa en una crisis de convergencia dinamizada por la irrupción de los modelos de lenguaje de gran escala (LLMs). En la actualidad, el problema ya no es el acceso a la información, sino la gestión de la veracidad y el sentido ante la amenaza de las "guerras cognitivas". Hoy, ser un investigador en instituciones de vanguardia de la educación superior implica trascender el dominio de Python o RStudio para abrazar una **heurística de la responsabilidad**. La convergencia actual exige que la IA-G no actúe como un sustituto de la mente, sino como un andamio cognitivo que nos obliga a "preguntar mejor" desde un cuestionamiento crítico. La educación de hoy es un campo de batalla donde la sabiduría humana debe actuar como curadora del flujo algorítmico, detectando sesgos y recuperando el afecto como el único mediador capaz de dar coherencia a la disrupción tecnológica. No es una competencia con la máquina; es una simbiosis donde el dato cobra vida solo a través del compromiso ético-moral del investigador. Hacia el futuro, la visión consecuente proyecta una **Educación 5.0** fundamentada en la transdisciplinariedad plena (convergencia de disciplinas desdibujando fronteras) y la justicia cognitiva. En este horizonte, las fronteras entre las ciencias STEM y las humanidades se disuelven para dar paso a misiones planetarias que priorizan la sostenibilidad y el bienestar colectivo. El docente del porvenir no es un guardián del dato, sino un arquitecto de ambientes formativos, un mentor que cultiva la resiliencia y el afecto en un ecosistema donde la IA-G es una infraestructura invisible -pero transversal- y la sabiduría humana es el motor de la trascendencia. Este futuro exige concebir "organismos informacionales" soberanos, capaces de liderar una técnica que compatibilice con la objetividad del contexto objeto de análisis. En última instancia, la arquitectura de esta nueva educación asegura que, mientras las máquinas "aprenden a pensar", el ser humano perfeccione la capacidad más sagrada: la de sentir, cuidar y transformar el mundo con sabiduría afectiva.

El devenir de la educación superior se manifiesta como una transición dialéctica entre la técnica desalmada y la sabiduría afectiva. Este proceso no es una simple evolución de herramientas, sino una metamorfosis del espíritu académico que puede comprenderse a través estadios fundamentales. En esta síntesis del

entrelazamiento educativo es inobjetable el continuo metodológico de la fragmentación a la trascendencia 5.0 como esencia epistémica.

La evolución de la educación superior se define como una transición ontológica que supera la **Era de la Fragmentación**, donde el conocimiento habitaba en silos aislados y la tecnología era un accesorio frío orientado a la eficiencia mecánica y laboral. En aquel modelo, la formación científica se divorció de las ciencias sociales y humanidades, reduciendo al estudiante a un ejecutor de algoritmos en un vacío ético y despojando al aprendizaje de su responsabilidad social y trascendental. El presente, sitúa una **disrupción por saturación** provocada por la IA Generativa, la cual ha fracturado esos silos para exigir una **simbiosis STEM** con alma y conciencia que le da un plus a su valor como proceso y producto. Ya no basta con el dominio técnico (Python/RStudio); hoy el dato debe someterse a una **heurística del sentido** para auditar sesgos y garantizar la transparencia. En esta etapa, el investigador emerge como un curador de sabiduría que lidera a la máquina, comprendiendo que el valor humano reside en la capacidad de formular preguntas morales y sociales que transformen la información en conocimiento comprometido.

Finalmente, el **horizonte de la trascendencia** proyecta una **Educación 5.0** basada en la **simetría de saberes** y la transdisciplinariedad. Aquí, la IA-G se convierte en una infraestructura invisible que libera al ser humano para la metacognición y el liderazgo ético. El docente, como **arquitecto de ecosistemas**, cultiva el afecto colectivo para formar "Inforgs" (organismos informacionales) plenamente conectados con su territorio y su responsabilidad. Este entrelazamiento asegura que, mientras las máquinas aprenden a pensar, el ser humano perfeccione su esencia más profunda: la capacidad de **sentir, amar y trascender** al servicio de su existencia.

Finalmente, el legado de esta visión es consolidado en la formación de Organismos Informacionales o Inforgs Soberanos. Se describe a estos sujetos como ciudadanos digitales que no actúan como autómatas, sino como seres que vibran en sintonía con las necesidades y dolores de su territorio. Mediante el uso de visualizadores de transición paradigmática, es demostrado cómo el paso de los silos fragmentados de la Educación 4.0 hacia la convergencia de la Educación 5.0 altera radicalmente la naturaleza del egresado. Mientras que el operario tradicional es observado como un perfil vulnerable al reemplazo tecnológico debido a su ceguera ética, el Inforg Soberano es valorado por su capacidad de dotar de calidad y sentido a la potencia algorítmica. Se concluye que la excelencia universitaria es medida por la capacidad de generar soberanía tecnológica y afectiva, garantizando que, mientras las máquinas son perfeccionadas en su capacidad de pensar, el ser humano sea exaltado en su facultad insustituible de sentir, amar y trascender.

El Inforg soberano: soberanía epistémica y el impacto social

Bajo la lente de Luciano Floridi, se comprende que se habita una infoesfera donde la distinción entre lo analógico y lo digital se ha disuelto, convirtiendo a docentes y

estudiantes en **Inforgs** (organismos informacionales). No obstante, esta propuesta introduce una ruptura innovadora frente a la visión tradicional: el **Inforg 5.0** no es un sujeto pasivo que simplemente procesa o consume datos dentro de un algoritmo, sino que emerge como un **actor soberano**. Esta soberanía reside en la capacidad de decidir con intención ética qué información se genera, cómo se valida y, sobre todo, hacia qué fin humano se orienta la técnica.

Esta nueva identidad profesional se manifiesta a través de un compromiso innegociable con el territorio. En este paradigma, el éxito de un investigador —en cualquier universidad post 2025— trasciende las métricas frías de la productividad académica tradicional. Se propone que la excelencia no debe medirse únicamente por el índice H o el número de citas, sino por la **pertinencia social y el impacto humano**. El saber científico 5.0 es, fundamentalmente, un valor **con impacto social**: una pauta que se valida cuando es capaz de aliviar el sufrimiento, potenciar el desarrollo comunitario y responder a las urgencias de su entorno inmediato.

Finalmente, se demanda la **trascendencia como la meta superior** de la Educación 5.0. En un ambiente donde las máquinas han aprendido a emular a las formas lógicas del pensamiento lógico y el procesamiento de patrones, el ser humano debe refugiarse y fortalecer las dimensiones esenciales e inalienables: la sensibilidad emocional, la vocación de amparo y la facultad de investir de propósito la realidad. La universidad del futuro se redefine entonces como el espacio sagrado donde el ser humano se prepara para liderar un mundo donde la técnica se vuelve una infraestructura invisible, permitiendo que lo humano —lo afectivo y lo ético— sea más esencial. La ciencia, en última instancia, no es un fin en sí misma, sino el medio para alcanzar una existencia más plena y consciente.

Para robustecer la fundamentación del **Inforg Soberano**, es necesario introducir conceptos que conecten la filosofía de la información con la praxis política y biológica actual. Los principales argumentos de esta apuesta, se mencionan a continuación.

La resistencia a la entropía algorítmica (Curaduría de Sentido). Un argumento poderoso es que el **Inforg** Soberano no solo gestiona datos, sino que lucha contra la **entropía informativa**. Mientras la IA genera contenido de forma masiva y a menudo vacío de significado (alucinaciones), el ser humano soberano ejerce la **Curaduría de Sentido**. El **Inforg 5.0** se define por su capacidad de "negantropía"; es decir, en un mar de datos estocásticos, el investigador humano es el único capaz de inyectar orden ético y propósito vital, transformando el ruido algorítmico en sabiduría situada.

El investigador como "Nodo de Amparo" (Biopolítica del Afecto). En lugar de ver al investigador como una pieza de una maquinaria de publicaciones, se propone al investigador como un **protector de la vida**. La soberanía del **Inforg** se manifiesta en la transición de la "biopolítica de control" hacia una **"ontología del amparo"**. El

éxito científico no se valida en la nube digital, sino en la huella biológica: un saber que cura, que alimenta y que protege. La ciencia 5.0 es una "biología del conocimiento" donde investigar es, esencialmente, una forma de cuidar la vida en el territorio.

Superación del "Solipsismo Digital" mediante la alteridad. La IA tiende a encerrar al usuario en burbujas de filtro (solipsismo). El Inforg Soberano rompe esta inercia mediante la **resonancia con el otro**. La soberanía epistémica implica el rechazo al aislamiento del dato. El Inforg 5.0 busca la **alteridad**: reconoce que el conocimiento verdadero emerge en el "lenguajear" (Maturana, 2001) con la comunidad. La técnica debe ser "explicable" no solo para el programador, sino para el campesino, el obrero y el ciudadano, democratizando la caja negra del algoritmo.

La transparencia como acto de justicia epistémica. La soberanía reside en no ser "usuarios", sino **"auditores"** del mundo digital. El Inforg Soberano domina la **Metacognición Algorítmica**. No se limita a recibir una respuesta de la IA, sino que disecciona la procedencia del dato, cuestionando el sesgo colonial de los modelos de lenguaje. La excelencia académica ahora es la capacidad de realizar una "limpieza ética" de los datos antes de aplicarlos a la solución de problemas territoriales.

Del "Homo Faber" al "Inforg Sapiens" (La técnica invisible). El futuro no es tecnológico, sino **post-tecnológico**, donde la herramienta ya no es el centro de atención. *Argumento:* Se postula que la verdadera madurez de la Educación 5.0 ocurre cuando la técnica alcanza su estado de **"transparencia funcional"**. Al igual que no pensamos en la física de la combustión al encender una estufa, el Inforg Soberano utiliza la IA como una extensión natural de su sistema nervioso, liberando su energía psíquica para la **creatividad ética** y la trascendencia espiritual.

La Heurística Generativa: nuevos horizontes didácticos

En el plano de la formación, la didáctica debe ser reformulada bajo la teoría de las situaciones didácticas de Brousseau (1986), pero adaptada al entorno híbrido. Se redirecciona para **un nuevo arte de interrogar al futuro: dialéctica y transposición 5.0**. La Educación 5.0 no se trata de qué herramientas se usan, sino de cómo **hackear la propia inteligencia** a través de la tecnología. Para lograrlo, se debe dominar dos procesos fundamentales:

El prompt como dialéctica: el despertar del pensamiento crítico. Tradicionalmente, el *prompting* se ha visto como una instrucción técnica. Sin embargo, en el modelo de la **Simbiosis STEM**, la ingeniería de prompts se eleva a la categoría de **arte liberal**. No es un comando, es una **Dialéctica Socrática Digital**. El argumento se concreta en que no se interroga a la IA-G para obtener una solución, sino para **poner a prueba la solidez de las propias hipótesis consignadas por la inteligencia humana**. Es un proceso de "espejo cognitivo": al redactar un prompt complejo y su adecuado refinamiento, el estudiante se ve obligado a estructurar su pensamiento, definir variables y anticipar sesgos. La

didáctica cambia, ya que su propósito no es la respuesta que da la IA-G, sino el **proceso de iteración**. Cada repregunta al modelo es un peldaño más en la escalera del pensamiento crítico. Es convertir al estudiante en un "entrenador de lógica" que no acepta la primera respuesta, sino que desafía al sistema para encontrar la verdad científica.

Transposición didáctica 5.0: del saber estático al motor de complejidad. La transposición didáctica tradicional (el paso del "saber sabio" al "saber enseñado") ha quedado obsoleta frente a una red de inteligencia colectiva -artificial y humana- y su convergencia con la conciencia humana que fluye en tiempo real. En la Educación 5.0, el saber ya no se "entrega", se **orquesta**. La novedad de este entorno es cuando se detecta que el riesgo de la IA es la *banalización del conocimiento* (respuestas simples para problemas complejos). Por ello, el docente debe actuar como un **filtro de entropía**. Su misión es asegurar que la IA no simplifique la realidad, sino que actúe como un **motor de complejidad**. La didáctica revoluciona el rol del docente, su versión 5.0 no enseña contenidos; diseña **ecosistemas de provocación**. Utiliza la IA-G para generar escenarios de crisis, paradojas éticas o simulaciones estocásticas que obliguen al estudiante a integrar múltiples disciplinas. La transposición aquí consiste en convertir la inmensa base de datos de la IA-G en un desafío cognitivo que reaccione de forma favorable con la **sociedad del afecto** y las necesidades del territorio.

La Educación 5.0 no viene a decir qué software usar, sino a recordar quién lleva el mando de la técnica. Esta transición es el paso de ser "usuarios de sistemas" a ser **"arquitectos de sentido"**. He aquí el desglose de esta metamorfosis en sus aspectos esenciales. **El Prompt: de la orden a la Dialéctica Socrática.** En el paradigma anterior (4.0), el prompt era visto como un comando operativo para delegar una tarea. En la **visión simbiótica (5.0)**, el prompt se convierte en una **dialéctica para refinar el juicio propio**. Interrogar a la IA no es buscar una salida fácil; es someter nuestras propias ideas a una prueba de estrés. Al redactar un prompt, te ves obligado a clarificar tu pensamiento, a estructurar tu lógica y a exponer tus hipótesis. La IA-G actúa como un espejo cognitivo: la calidad de su respuesta te devuelve un reflejo de la calidad de tu pregunta. Es un diálogo que no termina en el dato, sino que comienza en la duda metódica.

La IA-G: del almacén al socio cognitivo. No se debe ver a la Inteligencia Artificial (en especial la de tipo generativa) como una enciclopedia estática o un simple depósito de datos. En la Simbiosis STEM, la IA-G es un **socio cognitivo que añade complejidad**. El valor de la IA-G no es que haga la vida más fácil al adaptar respuestas masticadas, sino que permite manejar niveles de complejidad que antes eran inabarcables. Como socio, la IA gestiona lo masivo (el Big Data) para que el humano pueda gestionar lo profundo (el significado). No es una herramienta de simplificación; es un **motor de expansión mental** que te desafía a ser más curador que operario.

El Saber: del contenido al flujo vivo en red. Se ha pasado de entender el saber cómo un "objeto" que se adquiere (visión 4.0), a entenderlo como un **flujo vivo que se construye en red**. En la Educación 5.0, el conocimiento no es algo que se "posee" en un silo disciplinar; es algo que "ocurre" en la intersección y es mutable según los entornos. Es un flujo dinámico alimentado por inteligencia colectiva, datos en tiempo real y, sobre todo, por el contexto del territorio. El saber auténtico hoy es **justicia cognitiva**: es la capacidad de conectar la potencia del algoritmo con la necesidad de tu comunidad, vibrando con su historia y su afecto.

El Docente: del transmisor al arquitecto de la orquestación ética. Este es quizás el cambio más inspirador. El docente deja de ser el guardián de la verdad absoluta (transmisor) para consagrarse como el **Arquitecto de la Orquestación Ética**. En un mundo donde la IA-G puede generar información infinita, la misión del maestro no es dar más datos, sino **darles alma**. El docente 5.0 orquesta un ecosistema donde se enseña a "preguntar mejor", a detectar sesgos y a usar la técnica para fines trascendentes. Su liderazgo es el de un guía que gestiona el afecto y la ética, asegurando que, en medio de la frialdad digital, el aprendizaje siga siendo un acto profundamente humano de amor y transformación.

En síntesis, la génesis de la Educación 5.0 no se halla en la capacidad de cómputo de sus procesadores, sino en la densidad ética y emocional de sus vínculos. Frente al determinismo algorítmico, se postula que el aprendizaje es, fundamentalmente, un acontecimiento biológico y social que trasciende la simple transferencia de datos. En este escenario, la **vibración emocional** no es un componente periférico, sino el cimiento mismo del conocimiento; es el único refugio capaz de dotar de sentido a la existencia humana frente a la entropía informativa de la post-IA.

Este cambio de era inaugura lo que denominamos el **renacimiento del guía**. La irrupción de la Inteligencia Artificial Generativa no desplaza al docente, sino que lo emancipa de la carga operativa y la gestión factual del dato. Al ceder la administración del "saber estático" al socio cognitivo artificial, el educador recupera su rol más sagrado: el de **faro de sabiduría y mentor de propósitos**. La nueva maestría profesional se define entonces por la capacidad de diseñar ecosistemas de aprendizaje que funcionen como refugios de seguridad psicológica. En estos entornos resilientes, el estudiante es alentado a convertir el error en un insumo de innovación, asegurando que la tecnología sea solo el andamio invisible sobre el cual se despliega el infinito potencial del ser.

Finalmente, la Educación 5.0 se erige como la respuesta soberana a la crisis de salud mental provocada por la saturación digital. Mientras que la infoxicación produce individuos fragmentados y en estado de parálisis cognitiva, la **Sociedad del Afecto** cataliza una acción con sentido. Aquí, el bienestar emocional se eleva a la categoría de eje central de la calidad académica; no hay excelencia científica sin equilibrio humano. El auténtico bienestar digital se alcanza cuando logramos que la frialdad de los datos se encuentre con la calidez del entendimiento fenomenológico.

En última instancia, se trata de transformar cada interacción tecnológica en un acto de trascendencia, donde la técnica se rinda ante la vida para garantizar que la sabiduría humana retome, definitivamente, el mando de la civilización.

La simbiosis STEM como Epocalidad Disruptiva: hacia una onto-epistemología del afecto en la era de la educación 5.0

El concepto de **Simbiosis STEM** no debe ser interpretado como una mera integración instrumental de herramientas digitales, sino como un cambio de paradigma en la autopoiesis del conocimiento. En el contexto de la Educación 5.0, la convergencia entre la Inteligencia Artificial Generativa (IAG) y la Sabiduría Humana no constituye una competencia por la hegemonía cognitiva, sino una alianza estratégica para redimensionar la formación profesional en lo que hemos denominado la **Sociedad del Afecto**.

El algoritmo como andamio, la intuición como cimiento. La investigación científica contemporánea exige que el dominio de lenguajes inherentes al Data Science: Python o RStudio; trascienda el procesamiento de datos para convertirse en una **Heurística de la Responsabilidad**. Se argumenta que la IAG actúa como un "andamio cognitivo" que permite al investigador delegar la carga mecánica del procesamiento para centrarse en la **curaduría de sabiduría**. En esta simbiosis, el estudiante no es un operario de software, sino un estratega que aporta el juicio ético y la intuición fenoménica —capacidades que la máquina, por definición, no puede emular—. La calidad del egresado ya no se mide por su velocidad de cálculo, sino por su capacidad de "preguntar mejor", transformando el dato crío en conocimiento con propósito social.

Transdisciplinariedad y misiones planetarias: la ciencia con sentido. La propuesta de la **Simbiosis STEM** rompe la dicotomía tradicional entre las ciencias exactas y el humanismo. Al entrelazar la matemática con la filosofía y la ética, la educación superior deja de responder a la "eficiencia del silo" para organizarse en torno a **Misiones Planetarias**. Bajo esta óptica, el análisis de datos en las universidades del sXXI se orienta hacia la soberanía alimentaria, la justicia climática y la equidad social. La transdisciplinariedad se convierte entonces en el tejido conectivo que permite a los "**Inforgs**" (organismos informacionales) no solo navegar la infoesfera, sino vibrar con los desafíos de su territorio, garantizando que la técnica esté siempre subordinada a la vida.

El docente: arquitecto de una nueva cultura organizacional. El liderazgo en esta transformación exige que el docente se reconozca como un **arquitecto de ambientes formativos**. Su rol ya no es el de guardián del saber estático, sino el de mediador que gestiona el afecto colectivo y la sinergia humano-máquina. Concebir de forma novedosa este liderazgo pedagógico en la transformación universitaria en la era de la IA requiere la valentía de abrazar la incertidumbre y convertir el aula en un ecosistema de bienestar digital y justicia cognitiva. Fundamentalmente, el modelo de Simbiosis STEM garantiza un equilibrio evolutivo: mientras la técnica

alcanza niveles superiores de eficiencia computacional, el ser humano **preserva y potencia sus dimensiones esenciales: el cuidado ético, el vínculo emocional y la vocación de trascendencia.**

La Epocalidad de la Simbiosis: Más allá del Tecnocentrismo 4.0. La educación superior global atraviesa una transformación exponencial enmarcada en la Cuarta Revolución Industrial. Sin embargo, la novedad científica no reside solo en la adopción de la Inteligencia Artificial Generativa (IAG), sino en la transición hacia una **Simbiosis STEM** que trasciende el enfoque tecnocéntrico de la Educación 4.0. Mientras que el modelo 4.0 se centró en la digitalización y la eficiencia de procesos, el paradigma emergente propone una rehumanización donde la IAG no es un mero instrumento externo, sino un **socio cognitivo** y co-constructor del conocimiento. Esta simbiosis exige que el investigador redimensione su formación, moviéndose desde la ejecución técnica hacia una **modelización crítica** y una resolución creativa de problemas transdisciplinarios.

Convergencia mediadora: la sinergia IH-IA como eje dinamizador. El núcleo de esta revolución disruptiva se fundamenta en la sinergia entre la Inteligencia Humana (IH) y la Artificial (IA). Argumentamos que esta convergencia no es una competencia, sino una mediación necesaria: la IA aporta velocidad en el procesamiento de Big Data y detección de patrones, mientras que la IH provee el juicio ético, la intuición, la empatía y la conciencia social.

La ingeniería de prompts es erigida como una competencia transversal y el eslabón esencial de la sinergia cognitiva, constituyendo un proceso deliberado donde la inteligencia humana emplea su pensamiento complejo para orientar a la inteligencia artificial hacia la generación de respuestas significativas. En entornos de estricto rigor científico, esta habilidad es integrada con una validación estocástica y una curaduría técnica mediante el uso de herramientas como Python y RStudio, lo cual permite el despliegue de una heurística de validación profesional. Bajo este esquema, mientras la IAG prototipa soluciones aceleradas, el investigador asume la responsabilidad de auditar sesgos-alucinaciones y verificar la significancia estadística, garantizando así un sustento empírico que neutralice las alucinaciones tecnológicas y asegure la integridad gnoseológica del proceso.

Arquitectura ética y democratización del entendimiento (Ethics by Design). Un aporte crítico de la visión es la necesidad de una **Arquitectura Ética desde el Origen (Ethics by Design)**. En la formación del "Inforg" (organismo informacional), la ética no puede ser un parche posterior, sino el código base del aprendizaje.

La gestión crítica de la información se posiciona como una facultad imperativa, donde el estudiante es facultado para diseccionar la opacidad de los sesgos algorítmicos y las estructuras de discriminación subyacentes en los datos de entrenamiento. En este escenario, el éxito de la inteligencia artificial en instituciones con un profundo compromiso territorial, es redefinido a través de su capacidad para vincular la potencia computacional con la justicia social y el bienestar de las

comunidades rurales. Aquí, el paradigma del «afecto» trasciende la abstracción para materializarse en un diseño inclusivo, estableciendo la evaluación del impacto social no solo como un objetivo ético, sino como la métrica definitiva de la excelencia y el rigor científico.

El docente como arquitecto de la trascendencia. La integración de la IAG redefine el rol docente: de ser un transmisor de datos, se transforma en un **Arquitecto de Ecosistemas de Aprendizaje** y mediador insustituible. Su misión es guiar el autodidactismo guiado, fomentando una pedagogía crítica donde los estudiantes cuestionen la técnica y se centren en la resolución de problemas auténticos. El liderazgo educativo hoy requiere la valentía de "preguntar mejor" para fortalecer el vínculo pedagógico y el acompañamiento emocional, elementos que constituyen la base de la **Sociedad del Afecto**.

Sentencias conclusivas: la universidad como guardiana de la condición humana

El imperativo de la simbiosis sobre la automatización procedimental. La convergencia entre la potencia estocástica de la inteligencia artificial y la sabiduría fenomenológica del ser humano no debe ser interpretada como una opción metodológica, sino como el **imperativo ético ineludible de nuestra era**. Se postula que la excelencia académica ya no reside en el acopio de datos —tarea hoy delegada al socio cognitivo artificial—, sino en la capacidad magistral de orquestar un **"andamiaje sabio"**. En este modelo, la técnica se desvanece como infraestructura invisible para que el ser humano retome su mando soberano como estrategia de la trascendencia. La simbiosis STEM no busca optimizar la máquina, sino expandir las fronteras del pensamiento complejo ante la automatización del intelecto. **Problema abierto:** *En una era de procesamiento infinito, ¿cómo se garantiza que la delegación de tareas cognitivas a la IA no resulte en una atrofia irreversible de nuestra capacidad de asombro y síntesis original?*

La Sociedad del Afecto como infraestructura crítica de la cognición. Se fundamenta que la **Sociedad del Afecto** no constituye una aspiración romántica o periférica, sino una **necesidad estructural y biológica** de la Educación 5.0. Ante la entropía generada por la infoxicación, el afecto emerge como el único pegamento gnoseológico capaz de transformar la parálisis digital en acción con propósito. La universidad debe transmutar de ser un centro de instrucción a un **ecosistema de bienestar integral**, donde la salud mental y el vínculo pedagógico basado en la aceptación del "otro" (siguiendo a Maturana (2001)) sean los indicadores reales de calidad científica. Sin resonancia emocional, el conocimiento es meramente ruido informativo. **Problema abierto:** *¿Es posible cuantificar el impacto del afecto en la producción científica sin caer en las métricas reduccionistas que intentan trascender?*

De la obediencia algorítmica a la justicia epistémica situada. La soberanía del futuro no se disputa en el acceso al código, sino en la capacidad de **"preguntar**

mejor". Las aulas deben ser convertidas en laboratorios de **Justicia Epistémica**, donde el uso de lenguajes de auditoría (Python, RStudio) actúe como el bisturí que desmonte la opacidad de la "caja negra" digital. La verdadera libertad humana solo es alcanzada cuando cada avance algorítmico es validado por una ética situada que defienda la identidad del territorio frente al extractivismo cognitivo del Norte Global. La técnica debe ser un instrumento de emancipación local, no un vehículo de subordinación cultural. **Problema abierto:** *¿Cómo evitar que la IA se convierta en una nueva forma de colonialismo invisible que dicte las prioridades de investigación en las universidades bajo el velo de la neutralidad tecnológica?*

El liderazgo como arquitectura de la sabiduría y gestión del propósito. El docente 5.0 es compelido a renunciar definitivamente a su rol de transmisor de información —obsoleto ante la ubicuidad de la IAG— para consagrarse como un **Arquitecto de Ambientes y Mentor del Propósito**. Su misión sagrada es asegurar que, mientras las máquinas perfeccionan su capacidad heurística, el estudiante potencie sus facultades inalienables: la **metacognición soberana**, el compromiso ético y la voluntad de amparo mutuo. El liderazgo académico se redefine como la gestión del afecto colectivo para la resolución de misiones planetarias, donde el saber técnico siempre se rinda ante la dignidad humana. **Problema abierto:** *¿Está el sistema de carreras preparado para evaluar y recompensar la "arquitectura de la sabiduría" por encima de la producción febril de artículos indexados?*

El futuro como entrelazamiento ontológico: más allá del código binario. Se significa que el destino de la Educación Superior hacia el 2026 no está escrito en código binario, sino en el **entrelazamiento deliberado de hilos técnicos, afectivos y éticos**. La universidad es erigida como el último bastión civilizatorio donde la tecnología debe rendirse ante la vida. Si no se lidera con sabiduría la convergencia ética, la IA simplemente automatizará la desigualdad preexistente; si se logra la simbiosis, la técnica se convertirá en el motor de una nueva libertad que permita al ser humano ocuparse de su esencia: sentir, amar, cuidar y trascender. **Problema abierto:** *Ante la aceleración exponencial de la IA-G, ¿podrá la lentitud reflexiva de la ética humana mantener el ritmo necesario para gobernar el propósito de nuestra propia evolución?*

Reflexión final: la simbiosis entre la IAG y la sabiduría humana no es un destino técnico predeterminado, sino un compromiso político y vital con la esencia misma de lo humano. Al entrelazar la potencia de cálculo con la **onto-epistemología del afecto**, la universidad no solo reforma su currículo; está redimensionando la capacidad de los futuros **Inforgs Soberanos** para habitar un mundo complejo con dignidad, soberanía y una inquebrantable vocación de trascendencia.

Referencias

- Adell, J., & Castañeda, L. (2024). La inteligencia artificial generativa en la docencia universitaria: Implicaciones y oportunidades. *RED. Revista de Educación a Distancia*, 24(74). Disponible en: <https://revistas.um.es/red>
- Brousseau, G. (1986). Fondements et méthodes de la didactique des mathématiques. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 7(2), 33–115. <https://hal.science/hal-00460447/document>
- Díaz-Barriga Arceo, F., & Barragán-López, J. F. (2024). Currículo universitario y formación de competencias en la era digital: Retos para la educación superior. *Perfiles Educativos*, 46(183), 163-181. Disponible en: <http://www.iisue.unam.mx/perfiles/>
- Floridi, L. (2014). *The fourth revolution: How the infosphere is reshaping human reality*. Oxford University Press.
- Gombar, M. (2025). Algorithmic Manipulation and Information Science: Media Theories and Cognitive Warfare in Strategic Communication. *European Journal of Communication and Media Studies*, 4(2). 1-11. <https://doi.org/10.24018/ejmedia.2025.4.2.41>.
- Lorenzo, R. (2025). Convergencia de Saberes y Estrategias Innovadoras: Un Análisis Multidisciplinario para el Progreso Científico y Social. REMCA. <https://remca.umet.edu.ec/index.php/REMC>
- Lorenzo, R., Zayas Figuera, E.E., Sagula, J.E. (2024). The Education of the Future: A Renewing Convergence Between Artificial Intelligence and Education 4.0. En Y. Torres, A.M. Beltran, M. Felix, E. Peralta, & D.F. Larios (Eds.), *Recent Advances and Emerging Challenges in STEM. STEMEPS 2023. Springer Proceedings in Materials* (Vol. 50). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-64106-0_58
- Pérez-Rodríguez, R., Lorenzo-Martín, R., Trinchet-Varela, C. A., Simeón-Monet, R. E., Miranda, J., Cortés, D., & Molina, A. (2022). Integrating Challenge-Based-Learning, Project-Based-Learning, and Computer-Aided Technologies into Industrial Engineering Teaching: Towards a Sustainable Development Framework. *Integration of Education*, 26(2), 198–215. <https://doi.org/10.15507/1991-9468.107.026.202202.198-215>

- Maturana Romesín, H. (2001). *Emociones y lenguaje en educación y política* (10^a ed.). Ediciones Dolmen. [https://des-juj.infod.edu.ar/sitio/upload/Maturana Romesin H - Emociones Y Lenguaje En Educacion Y Politica.pdf](https://des-juj.infod.edu.ar/sitio/upload/Maturana_Romesin_H_-_Emociones_Y_Lenguaje_En_Educacion_Y_Politica.pdf)
- Maturana Romesín, H., y Varela García, F. (1984). *El árbol del conocimiento: Las bases biológicas del entendimiento humano*. Editorial Universitaria. <https://laboratoriobiologiacognitiva.com/wp-content/uploads/2021/04/El-arbol-del-conocimiento-Maturana-Varela.pdf>
- Sok, S., & Heng, K. (2023). ChatGPT for Education and Research: A review of benefits and risks. *SSRN Electronic Journal*. Advance online publication. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4378735>
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Harvard University Press.
- Wood, D., Bruner, J. S., y Ross, G. (1976). The role of tutoring in problem solving. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 17(2), 89–100. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.1976.tb00381.x>

RECUPERAR AL OBSERVADOR: PERCEPCIÓN, SIMULACIÓN Y LA POLÍTICA DE LA VISIÓN TECNOLÓGICA

Rafael MELGAREJO HEREDIA

rmelgarejo@puce.edu.ec

Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Ecuador

Resumen

Este artículo cuestiona el perdurable mito del observador objetivo examinando críticamente cómo la percepción, la tecnología y las prácticas de datos co-construyen regímenes de visibilidad y conocimiento. A partir de la epistemología histórica, la cognición encarnada y la gubernamentalidad algorítmica, el trabajo sostiene tres tesis centrales: (1) la percepción humana no es representacional, sino situada e inferencial; (2) las tecnologías de observación, lejos de ser herramientas neutrales, reconfiguran qué cuenta como evidencia y moldean marcos normativos; y (3) los sistemas algorítmicos, especialmente los basados en simulación y analítica predictiva, no alcanzan una omnisciencia epistémica, sino que producen formas operativas de objetividad que velan sus limitaciones.

A través de un contraste filosófico entre la crítica de Nietzsche a la objetividad y la teoría de la cognición autopoietica de Maturana, el artículo reimagina la observación como un acto de creación relacional del mundo, más que como un registro desapegado. Concluye abogando por una epistemología de la humildad—una que resista el cierre predictivo, asuma la incertidumbre y coloque en primer plano las responsabilidades éticas del ver. En una era de observadores cada vez más automatizados, recuperar el carácter parcial, encarnado y disputado de la observación deviene un imperativo tanto teórico como político.

Palabras clave: Observador. Objetividad. Simulación.

Introducción

¿Qué significa observar? En contextos científicos y tecnológicos, el ideal de observación se ha asociado desde hace tiempo con la objetividad: una supuesta capacidad de acceder al mundo “tal cual es”, libre de la perspectiva individual o del sesgo cultural. Desde los instrumentos de laboratorio hasta los algoritmos que procesan *big data*, las herramientas modernas suelen presentarse como extensiones o incluso mejoras de la percepción humana, prometiendo una mirada neutral más allá del error subjetivo. Sin embargo, la propia noción de un “observador objetivo” es tanto filosóficamente controvertida como históricamente situada.

En este artículo se exploran tres tesis centrales. Primero, la percepción—biológica y cognitiva—no es objetivamente representacional, sino que está moldeada por filtros evolutivos, contextuales y culturales. Segundo, la tecnología, en la medida en que extiende o amplifica funciones sensoriales, no puede considerarse epistémicamente neutral: hereda y refracta los marcos socioculturales de su diseño y uso. Tercero, a medida que la cognición digital se vuelve cada vez más central en la producción de conocimiento—mediante simulación, aprendizaje automático y sistemas predictivos—la ambición de construir un observador desencarnado y omnisciente por medios tecnológicos sigue siendo fundamentalmente fallida.

Estas tesis se apoyan y dialogan críticamente con literatura de la ciencia cognitiva (Seth, 2021; Schacter, 2021), la filosofía de la ciencia (Daston & Galison, 2007; Hacking, 1983) y los estudios críticos de tecnología (Harari, 2014; Rouvroy & Berns, 2013). En lugar de ofrecer una panorámica histórica del concepto de objetividad, el artículo se centra en las implicaciones estructurales de asumir la objetividad como posición por defecto en epistemologías científicas y tecnológicas. Sostiene que tanto, la observación humana como la de la máquina son necesariamente situadas, selectivas y contingentes—productos de sistemas de sentido más que ventanas neutras a la realidad.

El análisis avanza en cinco secciones. La primera examina modelos cognitivos contemporáneos de la percepción, enfatizando su carácter predictivo y generativo. La segunda explora cómo los sistemas tecnológicos—desde instrumentos ópticos hasta decisiones algorítmicas—amplifican, en lugar de resolver, sesgos epistémicos. La tercera investiga el papel de la simulación y de los datos sintéticos en la reconfiguración de la ontología de lo observable. La cuarta considera uno o dos casos empíricos para asentar los argumentos. Por último, la conclusión reflexiona sobre las implicaciones éticas y filosóficas de abandonar el mito del observador objetivo.

Marco teórico: observación, objetividad y mediación

La idea de que la observación ofrece un acceso no mediado a la realidad ha sido por mucho tiempo un pilar de la epistemología científica. Enraizado en el racionalismo y el empirismo ilustrados, el método científico moderno aspiró históricamente a eliminar la subjetividad mediante protocolos repetibles, instrumentos de medición y escepticismo metodológico. Sin embargo, desde perspectivas filosóficas e históricas, la noción de objetividad nunca fue un estándar fijo o neutral.

Historiadores de la ciencia como Lorraine Daston y Peter Galison (2007) han mostrado que la objetividad es un ideal históricamente contingente, que emergió gradualmente en el siglo XIX como respuesta a virtudes epistémicas previas como la fidelidad a la naturaleza o el juicio entrenado. Evidencian que la objetividad, en lugar de ser un principio universal, evolucionó como respuesta a ansiedades sobre

la subjetividad, el carácter moral y la confiabilidad del observador humano. Así, la figura del observador objetivo debe entenderse no como un ideal epistémico intemporal, sino como un artefacto cultural incrustado en condiciones materiales e institucionales específicas.

Desde un ángulo filosófico, Ian Hacking (1983) enfatizó que la observación nunca es “pura”. Está moldeada por tecnologías de representación—marcos teóricos, instrumentos de medición, convenciones estadísticas—que median lo que se ve y lo que puede conocerse. Incluso en entornos experimentales controlados, el observador no es un testigo pasivo, sino un participante activo en la configuración de fenómenos. En esta línea, observar deviene un acto interpretativo situado en comunidades epistémicas y expectativas sociales.

Esta crítica se extiende al dominio tecnológico. Lejos de ofrecer una vía de escape del sesgo humano, las tecnologías de observación reproducen—y a menudo intensifican—el carácter selectivo de la percepción. Como argumentó el filósofo de la tecnología Don Ihde (1990), toda mediación tecnológica amplifica ciertas dimensiones de la experiencia mientras suprime otras. Las tecnologías no solo mejoran la visión; reconfiguran la estructura misma de la intencionalidad.

Además, epistemologías feministas han cuestionado con fuerza el mito de la neutralidad en la observación. Donna Haraway (1988) introdujo la noción de saberes situados para subrayar que todo ver es parcial, encarnado y atravesado por el poder. Desde esta perspectiva, la creencia en una vista desde ninguna parte—un observador externo y onnisapiente—no solo es filosóficamente ingenua, sino políticamente peligrosa. Las tecnologías que alegan neutralidad suelen oscurecer los marcos normativos incrustados en su diseño.

Este artículo se apoya en esas críticas para sostener que la observación, tanto biológica como tecnológica, no es epistémicamente inocente. Es una forma de “hacer mundo”: un proceso que estructura qué cuenta como real, creíble o valioso. Observar nunca es simplemente detectar lo que “está ahí fuera”, sino organizar lo que importa dentro de un horizonte epistémico, cultural y político particular.

A la luz de lo anterior, el artículo explora cómo los sistemas computacionales actuales—especialmente los basados en simulación y algoritmos predictivos—reproducen la vieja fantasía del observador objetivo en una nueva forma digital. Se argumenta que, lejos de ser herramientas imparciales, estos sistemas institucionalizan modos específicos de ver, decidir y actuar que reflejan sesgos heredados mientras reclaman aplicabilidad universal.

Percepción y realidad simulada: de las alucinaciones neuronales a los constructos epistémicos

La noción de que la percepción refleja la realidad de manera directa y sin filtro ha sido cuestionada desde hace tiempo por la ciencia cognitiva. Trabajos recientes de Anil Seth (2021) conceptualizan la percepción no como recepción pasiva, sino como alucinación controlada: un proceso continuo de predicción y corrección, moldeado

por creencias y expectativas previas. En este marco, el cerebro genera incesantemente modelos “*top-down*” del mundo y los ajusta con base en la entrada sensorial. Lo percibido no es el mundo “tal cual es”, sino una representación construida dinámicamente que equilibra inferencia y sensación.

Este modelo predictivo de la percepción se alinea con enfoques bayesianos en neurociencia y resuena con críticas previas al realismo representacional. Como propuso Gibson (1979) en psicología ecológica, percibir no consiste en construir copias internas del mundo, sino en detectar afordancias: oportunidades de acción configuradas por la relación organismo-entorno. Juntas, estas perspectivas desmontan el supuesto de que la percepción ofrece acceso objetivo a la realidad.

Lo que emerge, en cambio, es un modelo constructivista de la percepción: biológicamente constreñida, optimizada evolutivamente y filtrada por el contexto. Esto tiene implicaciones cuando consideramos tecnologías diseñadas para “extender” la observación humana, particularmente en campos que dependen fuertemente de la simulación.

El astrofísico Andrew Pontzen (2023), al examinar la cosmología computacional, sostiene que incluso las simulaciones más avanzadas son, en última instancia, constructos interpretativos. Construidas a partir de teorías y ajustadas por ensayo y error, las simulaciones no “descubren” hechos desconocidos: escenifican supuestos y los vuelven visibles. Si bien este proceso es valioso para explorar hipótesis, introduce un giro fundamental: el objeto de estudio deja de observarse directamente y pasa a construirse algorítmicamente. En dominios como la IA y la ciencia del clima, donde la experimentación en el mundo real está limitada o es problemática éticamente, esta dependencia de la simulación se vuelve rápidamente la norma.

Sin embargo, el estatus epistémico de la realidad simulada rara vez se escruta. Como argumenta Winsberg (2010), las simulaciones no son ni experimentos ni teoría pura; ocupan un espacio híbrido, resistente a una validación sencilla. Cuando las simulaciones se vuelven fuentes primarias de conocimiento—como en el entrenamiento de grandes modelos de lenguaje o en la proyección de futuros algorítmicos—la frontera entre representación y fabricación se desdibuja.

La convergencia entre las “alucinaciones controladas” de Seth (2021) y las simulaciones construidas de Pontzen (2023) plantea una pregunta provocadora: si tanto la percepción humana como el modelado computacional son formas de inferencia guiadas por estructuras previas, ¿puede alguna reclamar neutralidad epistémica? ¿O ilustran conjuntamente el entrelazamiento estructural entre observación y creación de mundo?

Ese entrelazamiento tiene consecuencias normativas. A medida que los datos sintéticos y la simulación desplazan la observación empírica—especialmente en contextos de aprendizaje automático (Musk, 2024)—el riesgo no es solo el error, sino la deriva ontológica: sistemas entrenados en ficciones acabarán por

producirlas. En este sentido, la observación simulada no solo espeja la percepción: amplifica sus sesgos y los naturaliza bajo el manto de la escala y la precisión.

Sistemas tecnológicos como observadores epistémicos

Si bien las tecnologías suelen describirse como herramientas que extienden la percepción humana—telescopios que permiten ver lo distante, sensores que capturan lo imperceptible—rara vez se las interroga como observadores en sí. Cuando los sistemas digitales median, clasifican y deciden a partir de una percepción estructurada, comienzan a funcionar no solo como instrumentos, sino como agentes epistémicos: sistemas que generan, filtran y legitiman pretensiones de conocimiento. Este cambio—de mediación pasiva a observación activa—exige un examen filosófico.

El núcleo de esta transformación es la suposición de que la percepción tecnológica puede superar las limitaciones del observador humano: su parcialidad, su encarnación, su susceptibilidad al error. Esta creencia, que subyace buena parte del discurso en torno a la IA y la gobernanza basada en datos, resucita implícitamente el mito de una mirada neutral, ahora codificada en algoritmos. Pero, como hace tiempo argumentan las epistemologías feministas (Haraway, 1988), toda observación es situada: está inscrita en condiciones materiales, estructuras institucionales y patrones históricos de poder.

Lejos de eliminar el sesgo, los sistemas tecnológicos con frecuencia lo reproducen y lo reifican. El algoritmo COMPAS, utilizado en la justicia penal estadounidense para estimar riesgo de reincidencia, lo ilustra con claridad. Entrenado con datos históricos de arrestos que reflejan disparidades raciales persistentes, produce predicciones que etiquetan desproporcionadamente a acusados negros como de alto riesgo—reforzando las mismas injusticias que pretende medir objetivamente (Angwin et al., 2016). El problema no es solo el dato de entrada, sino la epistemología que codifica: el supuesto de que patrones pasados son predictores legítimos del futuro, y que la correlación estadística basta como fundamento del juicio.

Otro ejemplo es el VAR (Video Assistant Referee) en el fútbol profesional. Presentado como solución al error humano, el VAR utiliza repetición en cámara lenta y análisis cuadro a cuadro para decidir goles, penaltis y fuera de juego. Pero esta mirada tecnológica no solo aclara momentos disputados: redefine las reglas de la percepción introduciendo marcos temporales y referencias espaciales ajenos al flujo vivido del juego. Lo que se gana en supuesta objetividad, se pierde en contexto, matiz y ethos del juego. En este sentido, el VAR no amplía la visión: la disciplina.

Más ampliamente, en ámbitos como la medicina personalizada o la contratación automatizada, los sistemas de IA funcionan como lentes selectivas: no capturan el mundo tal cual es, sino que resaltan dimensiones específicas consideradas valiosas dentro de ontologías predefinidas. Estos sistemas no observan la realidad: la estructuran, haciendo visibles ciertos rasgos mientras ocultan otros. Este proceso

no es epistémicamente inocente. Como argumentan Rouvroy y Berns (2013), la gobernanza algorítmica introduce un régimen de normatividad automatizada, donde la legitimidad se basa no en deliberación o justicia, sino en plausibilidad estadística. Las consecuencias filosóficas son profundas. Si la observación deja de anclarse en la experiencia encarnada y contextual del sujeto, y se delega en sistemas abstractos cuyos modos de visión están determinados por código y arquitecturas de datos, entonces el sentido mismo de ver—y, por tanto, de conocer—debe repensarse. Lo que emerge no es la extensión de la percepción, sino su reconfiguración: la transformación de la observación en cómputo, del significado en correlación y del juicio en evaluación automatizada.

Estos sistemas no pueden entenderse solo como herramientas; son arquitecturas epistémicas. Su diseño encarna supuestos sobre qué cuenta como conocimiento válido, quién cuenta como sujeto creíble y qué constituye un hecho relevante. No solo “ven” de modo distinto: deciden qué puede ser visto.

Dataficación, predicción y el auge del observador algorítmico

A medida que los sistemas digitales impregnan los ámbitos de la gobernanza, la medicina, la educación y el derecho, el acto de observar es redefinido por procesos de dataficación (la traducción de fenómenos vividos a unidades cuantificables, analizables y computables). Lejos de ser un registro neutral de la realidad, la dataficación selecciona, enmarca y codifica según prioridades institucionales, posibilidades técnicas e intereses sociopolíticos. Este cambio no es solo de escala, sino una reconfiguración fundamental de cómo se genera y legitima el conocimiento. En el corazón de este régimen se encuentra el observador algorítmico, esto es un sistema diseñado no solo para registrar y clasificar, sino para predecir y prescribir. Este observador no representa pasivamente el mundo; anticipa estados futuros, ordena conductas probables y dispara intervenciones automatizadas. Encarnando así un nuevo modelo epistemológico: uno donde conocer deviene inseparable de anticipar, y donde la verdad se equipara crecientemente con la plausibilidad estadística.

Luciano Floridi (2014) ha señalado que en la era de los datos masivos el énfasis se desplaza de la explicación a la correlación, del entendimiento causal al modelado de patrones. Este giro tiene consecuencias profundas para la distribución de la agencia y del conocimiento. La analítica predictiva opera a menudo en sistemas opacos, cuya lógica se sustrae tanto al escrutinio público como a la validación científica. Como han mostrado Rouvroy y Berns (2013), la gubernamentalidad algorítmica reemplaza la deliberación jurídica y la justificación epistémica por normatividad automatizada—mecanismos que valoran y ordenan a las personas según expectativas probabilísticas, no por comprensión contextual o razón moral. Uno de los desarrollos más llamativos en este contexto es el uso de datos sintéticos: información generada artificialmente para simular entradas del mundo cuando los datos empíricos son escasos, sensibles o legalmente restringidos. Elon Musk (2024)

ha reconocido abiertamente que la siguiente fase del desarrollo de la IA depende cada vez más de dichos datos, a medida que las fuentes del mundo real resultan insuficientes. Si bien los datos sintéticos ofrecen ventajas pragmáticas, sus riesgos epistémicos suelen pasarse por alto. Sistemas entrenados con datos que no corresponden a fenómenos efectivos corren el riesgo de generar salidas desancladas de cualquier referente empírico, es decir, un bucle de retroalimentación donde la predicción se basa en simulaciones previas, no en observación.

En este régimen, el observador algorítmico deja de ser extensión de la percepción humana para convertirse en constructor autónomo de entornos epistémicos. Como señalan Pontzen (2023) y Winsberg (2010), las simulaciones son artefactos cargados teóricamente; encarnan supuestos más que descubrir verdades. Cuando se tratan como autoritativos modelos predictivos entrenados con datos sintéticos o fuertemente curados, el límite entre epistemología y ficción se colapsa.

La autoridad de estos sistemas no deriva de la transparencia o del razonamiento causal, sino del desempeño: su aparente exactitud, velocidad y escalabilidad. Sin embargo, esta legitimidad operativa oculta un peligro normativo. Cuando las predicciones determinan decisiones sobre libertad condicional, solvencia, candidaturas laborales o incluso elegibilidad para tratamiento, el observador deviene diseñador de futuros, no un reflector del presente. Como advierte Harari (2017), tales sistemas pueden “conocernos mejor de lo que nos conocemos”, pero ese conocimiento es estadístico, no ético; optimiza comportamientos, pero no entiende significados.

Lo que está en juego no es solo la epistemología de la observación, sino su ontología: qué tipo de mundo se instauro cuando observar deviene simular, y cuando la posibilidad se reduce a probabilidad predictiva. Lejos de ser omnisciente, el observador algorítmico resulta profundamente miope: ciego a la ambigüedad, refractario a la disidencia y estructurado para favorecer lo que ya puede medir.

Repensar al observador: entre poder, co-emergencia y límites existenciales

Las secciones precedentes han mostrado que ni la percepción humana ni los sistemas algorítmicos pueden reclamar neutralidad epistémica. La observación, sea biológica o tecnológica, es un proceso selectivo y situado, moldeado por modelos previos, supuestos culturales y estructuras institucionales. Como sostiene Haraway (1988), el “truco de dios” de ver todo desde ninguna parte es un mito que ha operado para ocultar la política de la visión. Más recientemente, Rouvroy y Berns (2013) han mostrado que los sistemas algorítmicos producen normatividad bajo la apariencia de objetividad, convirtiendo correlaciones estadísticas en marcos prescriptivos. Si tanto observadores naturales como artificiales están inscritos en regímenes de selección y control, surge la pregunta: ¿cómo repensar la observación fuera de la lógica del dominio?

Dos marcos filosóficos, contrastantes pero compatibles, ofrecen vías productivas. El primero es la crítica de Nietzsche a la objetividad como expresión velada de la

voluntad de poder. En *Genealogía de la moral* (1887), sostiene que nuestra búsqueda de verdad nunca es inocente; está impulsada por el deseo de imponer estructura al caos, de eliminar la ambigüedad y de legitimar una perspectiva singular como universal. Desde este ángulo, el observador algorítmico no es un conocedor neutral, sino un legislador enmascarado: un sistema que impone cierre epistémico reduciendo la complejidad vivida a patrones legibles de conducta. Esta crítica resuena con los debates actuales sobre analítica predictiva, donde la reducción de la identidad a puntos de datos clausura la posibilidad de divergencia, error o resistencia.

Si Nietzsche revela el deseo violento que subyace a la objetividad, Humberto Maturana propone una alternativa radical: una epistemología de la co-emergencia. Frente a la lógica del dominio, Maturana y Varela (1980) articulan la cognición como autopoietica, concibiéndola como un proceso recursivo y auto-organizado que emerge del acoplamiento estructural entre organismo y entorno. La observación, en esta clave, no es un reflejo pasivo ni una proyección de poder, sino un despliegue relacional: un proceso participativo mediante el cual el significado surge dentro de un contexto biológico y lingüístico específico.

Este modelo ofrece un contrapeso profundo a la lógica de simulación y predicción examinada antes. Mientras los sistemas de aprendizaje automático intentan optimizar resultados por abstracción y generalización, la cognición autopoietica insiste en la especificidad encarnada: no hay conocimiento sin ser, ni percepción sin presencia. Desde esta perspectiva, las tecnologías que buscan desplazar o automatizar la observación corren el riesgo de borrar las condiciones mismas que hacen posible la comprensión.

Para ahondar en este contraste, perspectivas existenciales como las de Albert Camus y Martin Heidegger iluminan los costos del afán de totalización epistémica. Camus (1942), en *El mito de Sísifo*, advierte contra la tentación metafísica de volver el mundo completamente explicable. Lo absurdo radica en la tensión entre la exigencia humana de coherencia y la indiferencia del mundo, pero esa tensión es la que hace posible la libertad. Heidegger (1927), de modo afín, rechaza el conocimiento representacional en favor del habitar: un modo de “ser en el mundo” donde la verdad (*aletheia*) no es correspondencia, sino des-ocultamiento, un emerger gradual configurado por tiempo, cuidado y mortalidad.

Estas perspectivas no niegan el valor de observar, pero reclaman su reconfiguración. La observación no debería aspirar a la omnisciencia, sino a la sintonía, esto es, una práctica fundada en la presencia, la humildad y la transformación mutua. La figura del observador debe desplazarse de soberano a participante, de controlador a co-creador.

A la luz de esto, la tarea no es construir un nuevo observador último, sino abrazar la imposibilidad de tal posición. Esta humildad epistémica no es debilidad, sino

fuerza: resiste el aplanamiento de la experiencia en predicción, el borrado de los cuerpos en datos y el reemplazo de la comprensión por la optimización.

Conclusión: hacia una ética de la observación situada

Este artículo ha sostenido que la noción de un observador objetivo y omnisapiente, sea humano, tecnológico o algorítmico, es un constructo históricamente contingente que no resiste el escrutinio. A partir de la epistemología histórica, la filosofía de la percepción y los estudios críticos de tecnología, se han avanzado tres tesis: (a) la percepción no es representacional, sino constructiva y situada; (b) las tecnologías de observación, lejos de neutralizar sesgos, reconfiguran lo visto y lo valorado mediante lentes preestructuradas; y (c) las formas algorítmicas de cognición, especialmente bajo regímenes de simulación y predicción, reproducen el mito de la objetividad a la vez que intensifican sus riesgos epistémicos y políticos.

Lejos de habilitar una mirada más exacta o desapegada de la realidad, los sistemas impulsados por datos y las simulaciones sintéticas generan objetividades operativas: formas de observación optimizadas para eficiencia, escala y poder predictivo, pero ciegas a la ambigüedad, el contexto y la disidencia. Estos sistemas no simplemente ven el mundo: deciden qué cuenta como real y, al hacerlo, modelan cómo se imaginan y se ejecutan los futuros.

Como se ha mostrado, repensar la observación exige un giro filosófico y ético. Nietzsche expone el deseo de objetividad como voluntad velada de control; Maturana ofrece una alternativa en la co-emergencia encarnada; Camus y Heidegger recuerdan que la verdad no es dominio, sino participación y presencia. En conjunto, estos enfoques invitan a pasar de epistemologías del dominio a epistemologías de la humildad: modelos que afirman el carácter parcial, situado y relacional de todo conocimiento.

No se trata de abandonar la tecnología, sino de reimaginar su papel en la cognición humana. En vez de delegar el juicio a sistemas que simulan omnisciencia, debemos diseñar tecnologías que sostengan condiciones de diálogo, pluralismo e incertidumbre. La observación, vista así, deviene un acto ético y político, que exige responsabilidad no solo por lo que se ve, sino por lo que queda fuera de la vista.

Las líneas futuras de investigación deberían explorar cómo las prácticas epistémicas (académicas, institucionales y computacionales) pueden resistir las seducciones de la certeza predictiva y abrazar la complejidad de los mundos vividos. En una era regida crecientemente por observadores invisibles, recuperar los límites de la visión puede ser el acto más radical.

Referencias

- Angwin, J., Larson, J., Mattu, S., & Kirchner, L. (2016, May 23). Machine bias. ProPublica. <https://www.propublica.org/article/machine-bias-risk-assessments-in-criminal-sentencing>
- Camus, A. (1942). El mito de Sísifo. Gallimard.
- Daston, L., & Galison, P. (2007). Objectivity. Zone Books.
- Floridi, L. (2014). The fourth revolution: How the infosphere is reshaping human reality. Oxford University Press.
- Gibson, J. J. (1979). The ecological approach to visual perception. Houghton Mifflin.
- Hacking, I. (1983). Representing and intervening: Introductory topics in the philosophy of natural science. Cambridge University Press.
- Harari, Y. N. (2017). Homo Deus: A brief history of tomorrow. Harper.
- Haraway, D. (1988). Situated knowledges: The science question in feminism and the privilege of partial perspective. Feminist Studies, 14(3), 575–599. <https://doi.org/10.2307/3178066>
- Heidegger, M. (1927). Sein und Zeit. Max Niemeyer.
- Ihde, D. (1990). Technology and the lifeworld: From garden to earth. Indiana University Press.
- Maturana, H. (1988). Reality: The search for objectivity or the quest for a compelling argument. The Irish Journal of Psychology, 9(1), 25–82.
- Musk, E. (2024). Presentación en xAI sobre datos sintéticos [Conferencia]. xAI.
- Nietzsche, F. (1887). Zur Genealogie der Moral. C. G. Naumann.
- Pontzen, A. (2023). The universe in a box: Simulations and the quest to understand the cosmos. Riverhead Books.
- Rouvroy, A., & Berns, T. (2013). Algorithmic governmentality and prospects of emancipation. Réseaux, 177(1), 163–196.

Seth, A. (2021). Being you: A new science of consciousness. Faber & Faber.

Varela, F. J., Thompson, E., & Rosch, E. (1991). The embodied mind: Cognitive science and human experience. MIT Press.

Winsberg, E. (2010). Science in the age of computer simulation. University of Chicago Press.

LA PARADOJA DE ÍCARO: VOLANDO CERCA DEL SOL DE LA IA SALTOS AUDACES, ALAS FRÁGILES: IMPACTOS EN EDUCACIÓN Y EN ÁMBITO EMPRESARIAL

Maurice J. SOULLIER

maurice.soullier@incoin-learning.com

Consultor/Investigador, INCOIN LEARNING

Resumen

Este artículo explora la metáfora de Ícaro como una lente para comprender la relación contemporánea con la inteligencia artificial: un vuelo impulsado por la ambición humana y, al mismo tiempo, amenazado por la fragilidad de nuestras propias creaciones. Se analizan los impactos transformadores y las tensiones emergentes de la IA en dos dominios clave: **la educación y el ámbito empresarial**. En educación, la IA promete personalización profunda, accesibilidad ampliada y nuevas formas de tutoría, pero también plantea riesgos vinculados a la dependencia tecnológica, la erosión de habilidades críticas y la proliferación de desinformación. En el mundo empresarial, la IA habilita saltos audaces en automatización, eficiencia y modelos de negocio, mientras expone vulnerabilidades estructurales relacionadas con sesgos algorítmicos, gobernanza ética, concentración tecnológica y efectos laborales.

El capítulo propone una lectura equilibrada entre potencial y precaución, y concluye con principios orientados a un “vuelo sostenible”: una adopción de la IA que combine innovación responsable, alfabetización crítica y marcos éticos robustos para evitar que nuestras alas, brillantes pero frágiles, se derritan al acercarnos demasiado al sol del progreso tecnológico.

Palabras Clave: Inteligencia Artificial. Educación. Transformación Empresarial. Ética de IA. Automatización. Sesgos Algorítmicos. Futuro del Trabajo.

Introducción: La metáfora de Ícaro y la inteligencia artificial

La historia de Ícaro, hijo de Dédalo en la mitología griega, es una advertencia sobre los límites de la ambición humana y los riesgos de la desmesura. Ícaro, dotado de alas de cera y plumas, logra escapar del laberinto volando, pero, embriagado por la euforia de su hazaña, se acerca demasiado al sol. El calor derrete sus alas y cae al mar. Esta metáfora, tan antigua como vigente, resulta especialmente poderosa para analizar el momento actual de la inteligencia artificial (IA). Hoy, la humanidad se encuentra en pleno vuelo, impulsada por saltos tecnológicos audaces, pero también expuesta a fragilidades estructurales que pueden precipitarla si no se gestiona con prudencia y visión crítica (Bartolomé Pina, 2026) (Esbrí-Blasco, 2024).

La IA, como las alas de Ícaro, nos permite alcanzar alturas inéditas en creatividad, eficiencia y conocimiento. Sin embargo, su desarrollo acelerado y su integración en ámbitos tan sensibles como la educación y la empresa nos enfrenta a dilemas éticos, riesgos de dependencia y desigualdad, y desafíos de gobierno que exigen reflexión y acción responsable. Este capítulo explora la paradoja de Ícaro aplicada a la IA: cómo los saltos audaces en educación y empresa abren oportunidades transformadoras, pero también exponen “alas frágiles” que pueden quebrarse si no se refuerzan con principios éticos, políticas inclusivas y una mirada crítica sobre el poder y los límites de la tecnología.

Panorama general de la IA en 2026: contexto y tendencias

A comienzos de 2026, la inteligencia artificial se ha consolidado como una de las tecnologías más disruptivas y omnipresentes de la historia reciente. El mercado global de IA superó los 300.000 millones de dólares en 2024 y se proyecta que alcance los 1,8 billones en 2030 (Hostinger, 2026) (UNESCO, 2025). Más del 78% de las empresas han adoptado IA en al menos una función, y la penetración en la educación y los servicios públicos es cada vez mayor (Zia, 2025) (Hostinger, 2026). La IA generativa, impulsada por modelos de lenguaje como GPT-5, Gemini y Sora, ha *democratizado* el acceso a herramientas de creación de contenido, análisis de datos y automatización, generando un “hype” mediático y social sin precedentes (Bartolomé Pina, 2026).

Sin embargo, este auge viene acompañado de una concentración de poder en manos de grandes proveedores tecnológicos, una brecha creciente entre países y sectores, y una aceleración que supera la capacidad de respuesta de los marcos regulatorios y éticos existentes (UNESCO, 2025) (Esteban, 2025). La IA ya no es solo una promesa de futuro: es una realidad que redefine el trabajo, el aprendizaje, la creatividad y la toma de decisiones en todos los niveles (Zia, 2025) (Cabeza-Rodríguez, 2025).

En este contexto, la metáfora de Ícaro cobra especial relevancia: el vuelo de la IA es audaz y vertiginoso, pero las alas que lo sostienen: la ética, la equidad, la gobernanza y la comprensión crítica, son todavía frágiles y requieren refuerzo urgente para evitar caídas dolorosas.

Oportunidades transformadoras de la IA en educación

La expansión acelerada del “sol tecnológico” en educación

La adopción de inteligencia artificial en educación ha crecido de manera exponencial durante la última década. Este crecimiento no solo refleja avances tecnológicos, sino también una presión sistémica por personalizar, automatizar y escalar procesos educativos. En términos de la metáfora de Ícaro, representa el impulso ascendente: la promesa de volar más alto gracias a nuevas herramientas cognitivas.

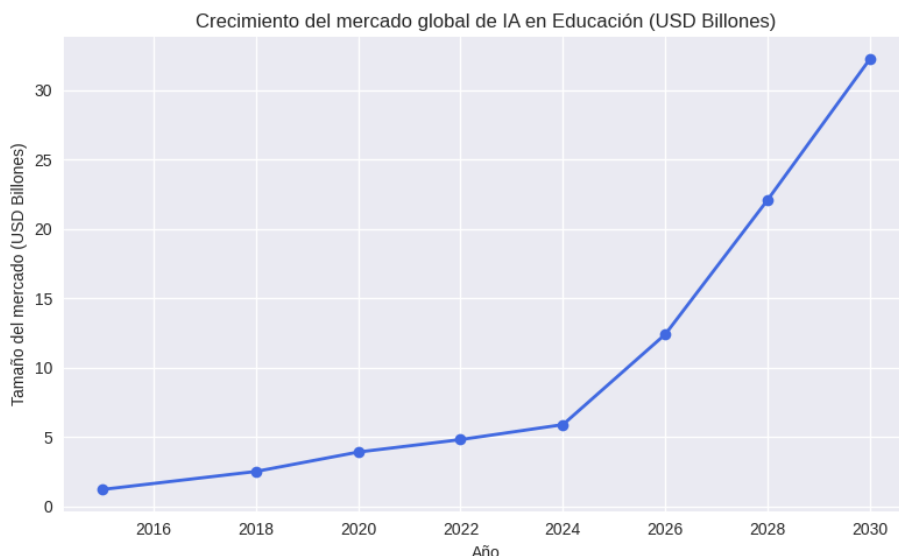


Figura 1. Crecimiento del mercado global de IA en educación (~2015–2030) (EDUCAUSE, 2025) Este gráfico muestra cómo el mercado global de IA en educación pasa de **1.2 mil millones USD en 2015** a más de **32 mil millones USD proyectados para 2030** (UNESCO, 2025) (EDUCAUSE, 2025). La curva ascendente es casi exponencial, lo que evidencia:

- una aceleración en la inversión institucional,
- la proliferación de plataformas basadas en IA generativa,
- y la creciente dependencia de sistemas automatizados para tutoría, evaluación y personalización.

La pendiente pronunciada entre 2024 y 2030 simboliza el “calor del sol”: cuanto más rápido ascendemos, mayor es el riesgo de que las alas —en este caso, las capacidades humanas críticas— se vuelvan frágiles si no se fortalecen con marcos éticos y pedagógicos robustos.

Personalización del aprendizaje: hacia una educación centrada en el estudiante

La IA ha abierto la puerta a una personalización del aprendizaje sin precedentes. Plataformas adaptativas y sistemas de tutoría inteligente permiten ajustar el ritmo, el contenido y la metodología a las necesidades, intereses y estilos de cada estudiante (Thomás Borja, 2025) (Innoversia, 2025). Herramientas como Khan Academy, ALEKS, MATHia y DreamBox Learning utilizan algoritmos para identificar lagunas de conocimiento, proponer ejercicios personalizados y ofrecer retroalimentación inmediata (Innoversia, 2025) (i360, 2025) .

Estudios recientes muestran que la personalización basada en IA puede mejorar el rendimiento académico entre un 15% y un 25% en pruebas estandarizadas, reducir el tiempo necesario para dominar conceptos complejos y aumentar la retención y la motivación estudiantil (Thomás Borja, 2025) (Innoversia, 2025). Además, la IA libera

tiempo docente al automatizar tareas administrativas y de corrección, permitiendo a los profesores centrarse en la interacción humana y el acompañamiento emocional. Sin embargo, la personalización no debe confundirse con una individualización extrema que aisle al estudiante. El reto es encontrar un equilibrio entre rutas personalizadas y experiencias compartidas, fomentando tanto la autonomía como la colaboración y el sentido de comunidad (Thomás Borja, 2025) (Bartolomé Pina, 2026).

Tutoría automatizada y asistentes conversacionales en el aula

Los asistentes conversacionales y tutores virtuales, basados en IA generativa, se han convertido en aliados pedagógicos en todos los niveles educativos (Cabeza-Rodríguez, 2025) (Aivo, 2025). Chatbots como Watson (IBM Watson), Copilot (Microsoft) y Khanmigo (Khan Academy) responden preguntas, guían la resolución de problemas y ofrecen explicaciones adaptadas al nivel del estudiante (Innoversia, 2025) (Catholic, 2024) (Education, Brisbane Catholic, 2025).

Estos sistemas permiten una atención más personalizada, especialmente en grupos numerosos o en contextos con escasez de docentes especializados (Thomás Borja, 2025) (i360, 2025). Además, fomentan el desarrollo de habilidades de “prompt engineering”, es decir, la capacidad de formular preguntas precisas y evaluar críticamente las respuestas de la IA, lo que potencia el pensamiento crítico y la alfabetización digital (Aivo, 2025).

Casos como el de Brisbane Catholic Education en Australia, pionero en la integración ética de IA en escuelas, muestran que la tutoría automatizada puede reducir la carga administrativa docente, mejorar la alfabetización y numeración de los estudiantes y aumentar el bienestar general, siempre que se base en principios éticos y supervisión humana (Catholic, 2024) (Education, Brisbane Catholic, 2025).

Acceso equitativo y herramientas de inclusión

Uno de los mayores potenciales de la IA en educación es su capacidad para reducir brechas de aprendizaje y promover la inclusión (i360, 2025). Herramientas de accesibilidad basadas en IA (como el reconocimiento de voz, la conversión de texto a voz, los subtítulos automáticos y los asistentes robóticos) facilitan el acceso a contenidos para estudiantes con discapacidades visuales, auditivas o motoras (i360, 2025).

Ejemplos concretos incluyen dispositivos como OrCam MyEye, que lee textos y reconoce objetos para personas con discapacidad visual; exoesqueletos pediátricos para niños con parálisis cerebral; y aplicaciones inclusivas como 3DTHINKS, que utiliza pictogramas para facilitar la comunicación (i360, 2025). Además, la IA permite adaptar materiales y estrategias a ritmos y capacidades diversas, beneficiando tanto a estudiantes con necesidades educativas especiales como a aquellos en contextos de vulnerabilidad socioeconómica o lingüística (i360, 2025) (Saavedra, 2025).

Sin embargo, el acceso equitativo a la IA sigue siendo un desafío. El auge de herramientas premium y servicios de pago puede ampliar la brecha entre quienes

pueden acceder a las mejores tecnologías y quienes no, por lo que garantizar la equidad debe ser una prioridad en las políticas educativas (Bartolomé Pina, 2026) (UNESCO, 2025).

Evaluación automatizada y analítica del aprendizaje

La IA ha revolucionado la evaluación educativa mediante la automatización de corrección de tareas, pruebas adaptativas y análisis de datos de desempeño (Cabeza-Rodríguez, 2025). Sistemas como e-rater (ETS) y GPTZero permiten calificar ensayos y detectar plagio o uso indebido de IA, facilitando una retroalimentación más rápida y personalizada.

La analítica del aprendizaje, potenciada por IA, ayuda a identificar patrones de riesgo de abandono, dificultades específicas y oportunidades de mejora, permitiendo intervenciones tempranas y más efectivas (Thomás Borja, 2025). Sin embargo, la automatización de la evaluación plantea riesgos de sesgo algorítmico y pérdida de validez si no se supervisa adecuadamente (Comas-Forgas, 2023) (Lozano-Mulet, 2025).

Riesgos y fragilidades de la IA en educación

Dependencia tecnológica e inhibición del aprendizaje

El uso intensivo de IA en el aprendizaje puede generar una dependencia tecnológica que inhiba el desarrollo de habilidades críticas y la autonomía estudiantil (Del Cisne Loján, 2024) (Nataliya Kosmyna, 2025). Estudios recientes muestran que el uso excesivo de chatbots y asistentes de IA reduce la actividad neuronal asociada al esfuerzo cognitivo, la creatividad y la memoria, especialmente cuando los estudiantes delegan tareas complejas en la tecnología (Del Cisne Loján, 2024) (Nataliya Kosmyna, 2025).

Más del 60% de los docentes encuestados perciben que la dependencia de la IA afecta negativamente la capacidad de argumentación, el pensamiento independiente y el compromiso con el aprendizaje. La facilidad para obtener respuestas inmediatas puede desincentivar la exploración autónoma, la investigación y la resolución de problemas, pilares fundamentales de una educación significativa (Del Cisne Loján, 2024) (Nataliya Kosmyna, 2025).

El reto es diseñar estrategias pedagógicas que utilicen la IA como complemento, no como sustituto, promoviendo la reflexión crítica y el aprendizaje *eficiente* (UNESCO, 2025) (Saavedra, 2025).

Desinformación y alucinaciones de los modelos

La IA generativa, al producir contenido a partir de patrones estadísticos, es propensa a cometer errores, generar información falsa (“alucinaciones”) o incluso inventar fuentes y referencias verosímiles, pero inexistentes (Nataliya Kosmyna, 2025) (Anna Mills, 2025). Este fenómeno, lejos de ser anecdótico, representa un riesgo real de desinformación, especialmente cuando los estudiantes o docentes no verifican críticamente las respuestas de la IA (Nataliya Kosmyna, 2025) (Anna Mills, 2025).

Las “alucinaciones de segundo orden”, donde la IA utiliza fuentes reales para argumentar ideas que no aparecen en ellas, complican aún más la detección del error y pueden erosionar la confianza en los procesos académicos y de revisión (Anna Mills, 2025). La UNESCO y expertos en IA recomiendan siempre contrastar la información generada por IA con fuentes fiables y desarrollar competencias de verificación y pensamiento crítico en estudiantes y docentes (UNESCO, 2025).

Sesgos algorítmicos y equidad

La IA hereda y amplifica los sesgos presentes en los datos con los que es entrenada, reproduciendo y, a menudo, exacerbando desigualdades estructurales de género, raza, clase social, discapacidad y contexto geográfico (Comas-Forgas, 2023) (Lozano-Mulet, 2025). Ejemplos documentados incluyen algoritmos de corrección que penalizan a estudiantes de ciertas etnias, sistemas de recomendación que refuerzan estereotipos de género y herramientas de admisión que discriminan a estudiantes de escuelas con bajo rendimiento histórico (Comas-Forgas, 2023) (Lozano-Mulet, 2025) (Dastin, 2018).

El caso del algoritmo de contratación de Amazon, que discriminaba sistemáticamente a mujeres por haber sido entrenado con datos históricos sesgados, es paradigmático y extrapolable a contextos educativos (Dastin, 2018). En educación, los sesgos algorítmicos pueden afectar la asignación de recursos, la evaluación del desempeño y el acceso a oportunidades, perpetuando ciclos de desventaja (Comas-Forgas, 2023) (Lozano-Mulet, 2025).

Mitigar estos riesgos requiere auditorías regulares, uso de datos diversos y representativos, transparencia en los criterios de decisión y supervisión humana en todos los procesos críticos (Comas-Forgas, 2023) (Inspirala, 2025).

Privacidad, seguridad y vigilancia

La implementación de IA en educación implica la recopilación y análisis de grandes volúmenes de datos personales, incluidos datos biométricos, de comportamiento y de rendimiento académico (Lozano-Mulet, 2025) (HispaIA, 2025). Esto plantea riesgos significativos de privacidad, seguridad y vigilancia, especialmente en poblaciones vulnerables como menores de edad (Lozano-Mulet, 2025) (HispaIA, 2025).

Casos como el uso de reconocimiento facial en aulas para monitorizar emociones y atención, o la recopilación de datos biométricos sin consentimiento explícito, han generado controversias éticas y legales en varios países (HispaIA, 2025) (Lozano-Mulet, 2025). La protección de la privacidad y la transparencia en el uso de datos deben ser principios innegociables en cualquier política de IA educativa (HispaIA, 2025) (Inspirala, 2025).

Gobierno, ética y políticas públicas

A pesar del avance tecnológico, la mayoría de los sistemas educativos carecen de políticas formales y marcos regulatorios claros para el uso de IA (UNESCO, 2025) (Dr. Manuel Antonio Fernández, 2024). Menos del 10% de las instituciones

educativas a nivel mundial cuentan con directrices específicas sobre IA, lo que deja a docentes y estudiantes en una situación de incertidumbre y riesgo (UNESCO, 2025).

Organismos como la UNESCO han desarrollado recomendaciones y marcos éticos globales, enfatizando la necesidad de un enfoque centrado en el ser humano, la equidad, la transparencia y la supervisión docente (UNESCO, 2025). Países como Australia y España han implementado marcos nacionales para la integración ética de la IA en las escuelas, priorizando la protección de datos, la equidad y la formación docente continua (Dr. Manuel Antonio Fernández, 2024) (Australian Government, 2024).

Impactos de la IA en el ámbito empresarial

Automatización y eficiencia: el salto audaz

La automatización impulsada por IA ha transformado radicalmente los procesos empresariales, permitiendo una eficiencia operativa y una reducción de costes sin precedentes (Global Analytics, 2025) (El Economista, 2025). Herramientas de aprendizaje automático, procesamiento de lenguaje natural y robótica permiten automatizar tareas repetitivas, optimizar cadenas de suministro, personalizar el marketing y mejorar la atención al cliente mediante chatbots y asistentes virtuales (El Economista, 2025) (Global Analytics, 2025) (Hostinger, 2026).

Casos de éxito incluyen la implementación de chatbots en servicios financieros, que han reducido el tiempo de respuesta en un 60% y los costes operativos en un 25%; el uso de IA predictiva en la gestión de inventarios, que ha disminuido los costes de almacenamiento en un 20%; y la automatización de tareas administrativas con RPA, que ha ahorrado hasta un 40% del tiempo dedicado a procesos manuales (El Economista, 2025) (Global Analytics, 2025) (Hostinger, 2026).

La *hiperautomatización*, que integra IA, RPA y plataformas low-code/no-code, permite a las empresas responder en tiempo real a las demandas del mercado, liberar talento humano para tareas estratégicas y escalar operaciones sin aumentar la complejidad operativa (Hostinger, 2026) (El Economista, 2025).

La adopción de inteligencia artificial en el ámbito empresarial no solo crece año a año: **su ritmo trimestral revela una aceleración constante**, impulsada por la automatización, la presión competitiva y la disponibilidad de modelos avanzados (McKinsey & Company, 2025).

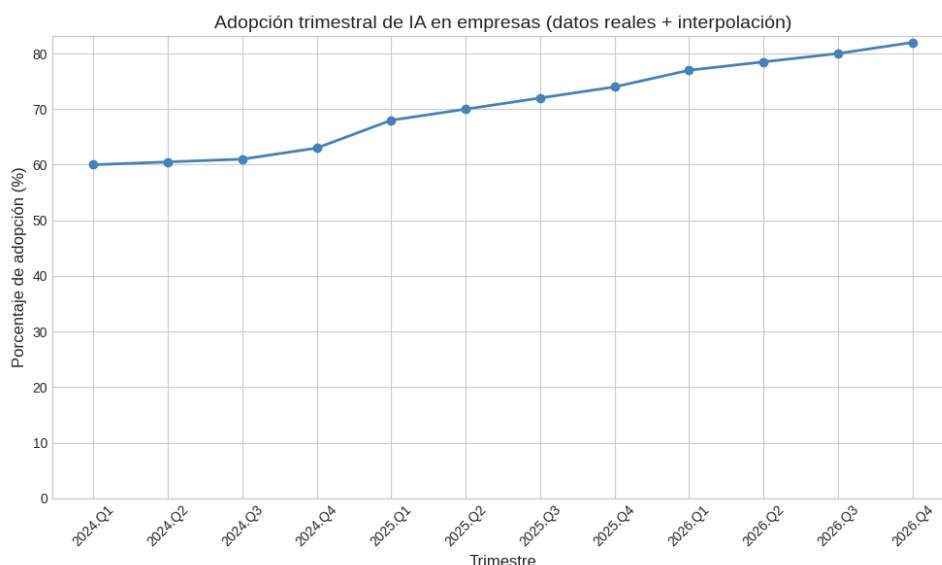


Figura 1. Adopción de IA en empresas por trimestre (2024.Q1 – 2026.Q4)
(McKinsey & Company, 2025)

El gráfico muestra un crecimiento sostenido:

- 60% de adopción en 2024.Q1
- 68% en 2025.Q1
- 77% en 2026.Q1 (proyección)

Este ritmo refleja una transición acelerada hacia la automatización inteligente. En términos de la metáfora de Ícaro, las empresas están reforzando sus alas con materiales más sofisticados, pero también están volando más cerca del sol: la velocidad de adopción supera, en muchos casos, la velocidad de desarrollo de marcos regulatorios, auditorías algorítmicas y capacidades internas de gobierno.

Nuevos modelos de negocio y productos IA

La IA no solo mejora la productividad, sino que redefine cómo se crea, entrega y captura el valor en las empresas (Hostinger, 2026) (Martínez-Polo, 2025). Modelos de negocio emergentes incluyen la personalización masiva de productos y servicios, la oferta de “servicios como software” (SaaS potenciados por IA), la creación de agentes autónomos (“agentic AI”) que resuelven problemas proactivamente y la integración de robots proveedores de servicios en sectores como la salud, el mantenimiento y la logística (Hostinger, 2026) (Martínez-Polo, 2025).

La IA generativa permite a las empresas crear contenido, diseños y soluciones creativas a una velocidad y escala inéditas, abriendo oportunidades en marketing, desarrollo de productos y atención al cliente (Hostinger, 2026) (Martínez-Polo, 2025). Plataformas de comercio electrónico con subasta inversa, entregas autónomas y sistemas de monitorización predictiva son ejemplos de cómo la IA está eliminando barreras tradicionales y generando nuevas fuentes de ingresos (Hostinger, 2026) (Martínez-Polo, 2025).

Sin embargo, la consolidación de estos modelos depende de la confianza en la tecnología, la gobernanza ética y la capacidad de verificar y validar datos y transacciones en tiempo real (Martínez-Polo, 2025) (Inspirala, 2025).

Fragilidades empresariales: riesgos éticos y reputacionales

El uso de IA en la empresa expone a riesgos éticos y reputacionales significativos. El sesgo algorítmico puede llevar a decisiones discriminatorias en contratación, concesión de créditos o asignación de recursos, generando litigios, sanciones regulatorias y pérdida de confianza pública (Inspirala, 2025) (HispaIA, 2025) (Dastin, 2018). Casos como el de Amazon, que abandonó su herramienta de reclutamiento por discriminar a mujeres, ilustran el impacto reputacional y legal de no abordar estos riesgos desde el diseño (HispaIA, 2025) (Inspirala, 2025).

La falta de transparencia y explicabilidad en los algoritmos (“cajas negras”) dificulta la rendición de cuentas y la identificación de errores o injusticias, especialmente en sectores regulados como la banca, la salud y los seguros (HispaIA, 2025) (Inspirala, 2025) (SafeAI-Aus, 2026). Además, la explotación indebida de datos personales y la vulneración de la privacidad pueden derivar en sanciones y pérdida de clientes (HispaIA, 2025) (Inspirala, 2025) (SafeAI-Aus, 2026).

La gestión ética de la IA requiere auditorías regulares, políticas de transparencia, mecanismos de supervisión humana y una cultura organizacional orientada a la responsabilidad y la equidad (Inspirala, 2025) (Agent Mode AI, 2025).

Sesgos algorítmicos en decisiones empresariales

El sesgo algorítmico en la empresa no es solo un problema ético, sino también económico y estratégico (HispaIA, 2025) (Inspirala, 2025). Algoritmos entrenados con datos históricos sesgados pueden perpetuar discriminaciones de género, raza o clase, afectando la diversidad, la innovación y la competitividad de la empresa (Dastin, 2018).

Ejemplos incluyen sistemas de crédito que penalizan a minorías, algoritmos de precios que discriminan por ubicación o perfil, y herramientas de selección de personal que excluyen a candidatos por características no relevantes (Dastin, 2018) (Inspirala, 2025). La OCDE y la UNESCO advierten que el sesgo en la IA limita el potencial positivo de la tecnología y puede costar a las empresas su reputación y la confianza de los usuarios (UNESCO, 2025).

Mitigar estos riesgos implica el uso de datos diversos, auditorías de equidad, supervisión humana y la participación de equipos multidisciplinarios y diversos en el diseño y evaluación de los sistemas de IA (Inspirala, 2025) (Agent Mode AI, 2025).

Dependencia de proveedores y concentración del mercado

La rápida expansión de la IA ha generado una concentración de poder en manos de unos pocos proveedores globales, especialmente en el ámbito del cloud computing y los modelos fundacionales de IA (Esteban, 2025) (UNESCO, 2025). Empresas como Google, Amazon, Microsoft y Apple controlan la infraestructura, los modelos y los servicios críticos, generando una dependencia tecnológica que puede poner en

riesgo la continuidad del negocio ante fallos, ciberataques o cambios en las condiciones contractuales (UNESCO, 2025).

El incidente de Crowdstrike en 2024, que paralizó servicios críticos por un fallo de un proveedor, evidenció la fragilidad de depender de un único actor para funciones esenciales (UNESCO, 2025). La concentración del mercado limita la capacidad de negociación de las empresas, incrementa los riesgos de ciberseguridad y plantea desafíos de soberanía digital y competencia justa (UNESCO, 2025).

Las estrategias de resiliencia incluyen la diversificación de proveedores, la portabilidad de modelos y datos, la exigencia de auditorías independientes y la negociación de contratos que garanticen la continuidad y el control interno sobre los sistemas de IA (UNESCO, 2025) (Agent Mode AI, 2025).

Impacto en el empleo y reconfiguración laboral

La automatización impulsada por IA está redefiniendo el mercado laboral, desplazando tareas rutinarias y generando nuevas demandas de competencias y adaptabilidad (Erik Brynjolfsson, 2025). Estudios recientes muestran que los trabajadores jóvenes en ocupaciones más expuestas a la IA han experimentado una caída del 13% en el empleo desde 2022, especialmente en áreas como desarrollo de software y atención al cliente (Erik Brynjolfsson, 2025).

La IA tiende a reemplazar el “conocimiento codificado” propio de los trabajadores en etapas iniciales, mientras que el “conocimiento tácito” y la experiencia siguen siendo menos sustituibles (Erik Brynjolfsson, 2025). Sin embargo, la automatización también puede liberar tiempo para tareas de mayor valor, fomentar la creación de nuevos roles y aumentar la productividad global (UNESCO, 2025) (Erik Brynjolfsson, 2025).

El reto es gestionar la transición laboral mediante políticas de reciclaje profesional, formación continua en habilidades humanas (pensamiento crítico, creatividad, empatía) y la promoción de empleos en sectores menos automatizables, como los cuidados y la atención personalizada (UNESCO, 2025) (Erik Brynjolfsson, 2025).

Herramientas y metodologías para evaluar impacto y riesgos

La evaluación del impacto y los riesgos de la IA requiere enfoques multidimensionales que integren métricas técnicas, pedagógicas, éticas y sociales (Shi Ding, 2025) (Agent Mode AI, 2025). En educación, marcos como TEACH-AI proponen diez componentes clave para evaluar sistemas de IA: explicabilidad, utilidad, adaptabilidad, consistencia, fomento de la exploración, usabilidad, responsabilidad ética, accesibilidad, integración en el flujo de trabajo y capacidad de refinamiento (Shi Ding, 2025).

En el ámbito empresarial, los marcos de gobierno como el NIST AI Risk Management Framework, el Databricks AI Governance Framework y la norma ISO/IEC 42001 establecen pilares para la gestión de riesgos, cumplimiento legal,

estándares éticos, gestión de datos y supervisión operativa (Agent Mode AI, 2025).

Las mejores prácticas incluyen:

- Auditorías regulares de sesgo y equidad.
- Evaluaciones de impacto ético y social.
- Supervisión humana en decisiones críticas.
- Transparencia y explicabilidad de los algoritmos.
- Protección de datos y privacidad.
- Diversificación de proveedores y resiliencia operativa.
- Formación continua en ética y competencias digitales.

La colaboración entre tecnólogos, educadores, reguladores y sociedad civil es esencial para desarrollar herramientas de evaluación alineadas con los valores humanos y las necesidades de cada contexto (Agent Mode AI, 2025) (Shi Ding, 2025).

Recomendaciones y principios para un vuelo sostenible y ético

A la luz de la paradoja de Ícaro, es imprescindible construir alas más robustas para volar cerca del sol de la IA sin caer. A continuación, se proponen principios y estrategias para una integración sostenible y ética de la IA en educación y empresa:

Principios generales

- **Centrar la IA en el ser humano:** La tecnología debe potenciar, no reemplazar, la creatividad, el pensamiento crítico y la autonomía humana (Agent Mode AI, 2025).
- **Equidad y justicia:** Garantizar el acceso inclusivo a la IA, corregir sesgos y evitar la reproducción de desigualdades estructurales (Comas-Forgas, 2023) (UNESCO, 2025).
- **Transparencia y explicabilidad:** Los sistemas de IA deben ser comprensibles, auditables y sujetos a supervisión humana en decisiones críticas (HispaIA, 2025) (Inspirala, 2025) (Agent Mode AI, 2025).
- **Responsabilidad y rendición de cuentas:** Las organizaciones y desarrolladores deben asumir la responsabilidad de los impactos de la IA, con mecanismos claros de revisión y corrección de errores (HispaIA, 2025) (UNESCO, 2025) (Agent Mode AI, 2025).
- **Privacidad y protección de datos:** Salvaguardar la información personal y garantizar el consentimiento informado en la recopilación y uso de datos (HispaIA, 2025) (Inspirala, 2025) (Agent Mode AI, 2025).
- **Gobierno y participación:** Involucrar a todos los actores (docentes, estudiantes, empleados, sociedad civil) en el diseño, implementación y evaluación de la IA (El Economista, 2025) (UNESCO, 2025).

- **Sostenibilidad y resiliencia:** Diversificar proveedores, fortalecer la infraestructura y preparar a las organizaciones para responder a incidentes y cambios tecnológicos (Esteban, 2025) (UNESCO, 2025).

Estrategias prácticas para educación

- **Formación docente continua** en competencias digitales, ética de la IA y diseño de experiencias de aprendizaje que integren la tecnología de manera crítica y creativa (Dr. Manuel Antonio Fernández, 2024).
- **Alfabetización digital crítica** para estudiantes, promoviendo la capacidad de evaluar, cuestionar y utilizar la IA de forma informada y responsable (Lozano-Mulet, 2025) (Bartolomé Pina, 2026).
- **Políticas institucionales claras** sobre el uso de IA, protección de datos y equidad, alineadas con marcos nacionales e internacionales (Dr. Manuel Antonio Fernández, 2024) (Australian Government, 2024).
- **Evaluación y seguimiento** del impacto de la IA en el aprendizaje, la equidad y la inclusión, con ajustes basados en evidencia y participación de la comunidad educativa (Hostinger, 2026) (Innoversia, 2025).
- **Fomento de la colaboración** entre humanos y máquinas, priorizando la interacción, el acompañamiento emocional y el desarrollo de habilidades de orden superior (Cabeza-Rodríguez, 2025) (Saavedra, 2025).

Estrategias prácticas para empresas

- **Gobierno robusto de la IA**, con comités multidisciplinarios, auditorías de sesgo, transparencia y mecanismos de supervisión humana en decisiones de alto impacto (Agent Mode AI, 2025) (El Economista, 2025) (Inspirala, 2025).
- **Diversificación de proveedores** y portabilidad de modelos y datos para reducir la dependencia y aumentar la resiliencia operativa (Esteban, 2025) (Agent Mode AI, 2025).
- **Formación y reciclaje profesional** en habilidades humanas, pensamiento crítico, ética y gestión de la IA, preparando a la plantilla para la colaboración hombre-máquina (UNESCO, 2025).
- **Auditorías y evaluaciones de impacto ético** en todos los procesos automatizados, con participación de equipos diversos y mecanismos de corrección de errores (Inspirala, 2025) (Agent Mode AI, 2025).
- **Protección de la privacidad y la seguridad** en el manejo de datos, cumpliendo con las normativas locales e internacionales y garantizando la confianza de clientes y empleados (Inspirala, 2025) (HispaIA, 2025) (Agent Mode AI, 2025).

Conclusión: Hacia un vuelo más sostenible y ético en la era de la IA

La paradoja de Ícaro nos recuerda que el progreso tecnológico, por audaz que sea, siempre está acompañado de fragilidades y riesgos que deben ser reconocidos y

gestionados con humildad y visión crítica. La inteligencia artificial, en su despliegue vertiginoso en la educación y la empresa, ofrece oportunidades transformadoras para personalizar el aprendizaje, automatizar procesos, crear nuevos modelos de negocio y democratizar el acceso al conocimiento y la innovación.

Sin embargo, estas alas son frágiles si no se refuerzan con principios éticos, políticas inclusivas, transparencia, responsabilidad y una gobernanza participativa y resiliente. Los riesgos de dependencia tecnológica, desinformación, sesgos algorítmicos, pérdida de habilidades críticas, concentración de poder y exclusión social no son inevitables, pero sí requieren acción deliberada y colectiva.

El vuelo sostenible y ético en la era de la IA exige un equilibrio entre la ambición y la prudencia, entre la innovación y la reflexión, entre el poder de las máquinas y la dignidad humana. Solo así podremos aprovechar el sol de la inteligencia artificial sin derretir nuestras alas, construyendo un futuro en el que la tecnología sea aliada de la equidad, la creatividad y el bien común.

Tablas comparativas y esquemas sugeridos

Tabla 1. Oportunidades y riesgos de la IA en educación

Oportunidades	Riesgos y fragilidades
Personalización del aprendizaje	Dependencia tecnológica
Tutoría automatizada y asistentes IA	Inhibición del aprendizaje autónomo
Acceso equitativo e inclusión	Desinformación y alucinaciones
Evaluación automatizada y analítica	Sesgos algorítmicos y discriminación
Liberación de tiempo docente	Privacidad y vigilancia
Fomento del pensamiento crítico (<i>prompt</i>)	Falta de políticas y gobernanza

Esta tabla resume los principales beneficios y riesgos identificados en la integración de la IA en la educación. La personalización, la inclusión y la eficiencia son contrapesadas por riesgos de dependencia, desinformación y sesgos, lo que subraya la necesidad de políticas y prácticas responsables.

Tabla 2. Saltos audaces y fragilidades en el ámbito empresarial

Saltos audaces (Oportunidades)	Alas frágiles (Fragilidades)
Automatización y eficiencia operativa	Sesgos algorítmicos en decisiones
Nuevos modelos de negocio IA	Riesgos éticos y reputacionales
Personalización masiva de servicios	Dependencia de proveedores tecnológicos
Optimización de cadena de suministro	Concentración del mercado
Creación de contenido generativo	Impacto en el empleo y desigualdad

Mejora en la toma de decisiones

Vulnerabilidad a ciberataques

Esta tabla ilustra cómo los avances en IA empresarial generan ventajas competitivas, pero también exponen a las organizaciones a riesgos sistémicos, éticos y de dependencia que requieren estrategias de resiliencia y gobernanza.

En suma, la paradoja de Ícaro aplicada a la IA nos invita a volar alto, pero con alas reforzadas por la ética, la equidad y la responsabilidad colectiva. Solo así podremos transformar la educación y la empresa en motores de progreso humano y social en la era de la inteligencia artificial.

Referencias

Agent Mode AI. (2025). *Enterprise AI Governance Framework - World-Class Edition*.

Aivo. (2025). *Cómo las universidades utilizan los chatbots educativos para mejorar el sistema*. Retrieved from Aivo: <https://es.aivo.co/blog/how-universities-are-using-education-chatbots-to-enhance-the-system>

Anna Mills, N. A. (2025). *Are We Tripping? The Mirage of AI Hallucinations*. <https://ssrn.com/abstract=5127162>.

Australian Government. (2024). *Review of the Australian Framework for Generative Artificial Intelligence in Schools*.

Bartolomé Pina, A. P.-E. (2026). *Informe EDUTEC sobre Inteligencia Artificial y Educación*. EDUTEC .

Cabeza-Rodríguez, M.-Á. (2025, Julio). Asistentes ChatGPT en educación superior en línea y satisfacción del alumnado: un caso de estudio. *Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*.

Catholic, B. (2024). *Brisbane Catholic Education leads world in AI call*. Retrieved from Newsreel: <https://newsreel.com.au/article/education/world-first-ai-push-in-brisbane-catholic-education-schools/>

Comas-Forgas, R. (2023). Sesgos algorítmicos en educación. *8th Virtual International Conference on Education, Innovation and ICT*, (pp. 29-30).

Dastin, J. (2018). *Reuters*. Retrieved from <https://www.reuters.com/article/world/insight-amazon-scrap-secret-ai-recruiting-tool-that-showed-bias-against-women-idUSKCN1MK0AG/>

Del Cisne Loján, M. A. (2024). Consecuencias de la Dependencia de la Inteligencia Artificial en Habilidades Críticas y Aprendizaje Autónomo en los Estudiantes. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(2), 2368-2382.

Dr. Manuel Antonio Fernández, D. N. (2024). *Guía para el uso de Inteligencia Artificial en Educación*. dide.org.

Education, Brisbane Catholic. (2025). *Brisbane Catholic schools lead AI learning backed by Vatican*. Retrieved from The Catholic Leader: <https://catholicleader.com.au/news/education/brisbane-catholic-schools-lead-ai-learning-backed-by-vatican/>

EDUCAUSE. (2025). *Horizon Report | Teaching and Learning Edition*.

El Economista. (2025). *IA, automatización y eficiencia: la nueva era empresarial*. Retrieved from El Economista: <https://www.eleconomista.com.mx/empresas/ia-automatizacion-eficiencia-nueva-empresarial-20250312-20250318-746422.html>

Erik Brynjolfsson, B. C. (2025). Canaries in the Coal Mine? Six Facts about the Recent Employment Effects of Artificial Intelligence. *Stanford Digital Economy Lab*.

Esbrí-Blasco, M. (2024). Conceptualización metafórica de la IA en el discurso digital.

Esteban, D. S. (2025). *La amenaza silenciosa de la concentración en proveedores de IA en LATAM*. Retrieved from LinkedIn.

Global Analytics. (2025). *Automatización de Procesos con IA*. Retrieved from Global Analytics: <https://globalanalytica.org/como-la-automatizacion-de-procesos-con-ia-esta-revolucionando-las-empresas-en-2025-guia-completa-casos-de-exito/>

HispaIA. (2025). *Ética y Riesgos de la Inteligencia Artificial: lo que debes saber en 2025*. Retrieved from HispaIA: <https://hispaia.com/etica-y-riesgos-inteligencia-artificial-2025/>

Hostinger. (2026). *25 ideas de negocios con IA para iniciar en 2026*. Retrieved from Hostinger.

- i360, I. (2025). *Uso de la Inteligencia Artificial para la Educación Inclusiva*. Retrieved from Fundación Prodis: <https://hedia.ai/2025/05/27/la-ia-como-aliada-en-la-inclusion-educativa-casos-practicos-y-herramientas-accesibles/>
- Innoversia. (2025). *Tutoría Inteligente con IA: Cómo está transformando la educación en 2025*. Retrieved from Innoversia: <https://innoversia.net/tutoria-inteligente-con-ia-como-esta-transformando-la-educacion-en-2025/>
- Inspirala. (2025). *Ética en inteligencia artificial: desafíos, casos y futuro*. Retrieved from Inspirala: <https://inspiraia.com/inteligencia-artificial/etica-inteligencia-artificial/>
- Lozano-Mulet, P. (2025). Sesgos algorítmicos desde una perspectiva interseccional. La necesidad de una alfabetización digital crítica en educación. *Izquierdas*, 54-40.
- Martínez-Polo, A. (2025). Nueve modelos de negocio impulsados por la IA que no puedes ignorar. *PWC*.
- McKinsey & Company. (2025). *Superagency in the workplace: Empowering people to unlock AI's full potential*.
- Naciones Unidas. (2025). *Informe sobre tecnología e innovación*.
- Nataliya Kosmyna, E. H.-H. (2025). *Your Brain on ChatGPT: Accumulation of Cognitive Debt when Using an AI Assistant for Essay Writing Task*. <https://arxiv.org/abs/2506.08872>.
- Saavedra, J. (2025). *La IA en el aula: tu aliada pedagógica. Guía práctica para su uso inteligente y responsable*. Ministerio de Educación de Perú. Retrieved from aprendoencasa.org.
- SafeAI-Aus. (2026). *AI Risks by Industry (Australia)*. Retrieved from SafeAI-Aus: <https://safeaiaus.org/governance-templates/ai-risks-by-industry/>
- Shi Ding, B. M. (2025). Rethinking AI Evaluation through TEACH-AI: A Human-Centered Benchmark and Toolkit for Evaluating AI Assistants in Education. *39th Conference on Neural Information Processing Systems (NeurIPS 2025)*.

- Thomás Borja, W. F. (2025). *Educación Personalizada: Tutorías Inteligentes Impulsadas por IA*. Retrieved from Dirección de Gestión Académica, Universidad Estatal de Bolívar (UEB – Ecuador): <https://blogs.ead.unlp.edu.ar/boletinacavila/2025/06/23/educacion-personalizada-tutorias-inteligentes-impulsadas-por-ia/>
- UNESCO. (2025). *Informe sobre tecnología e innovación 2025 (Panorama general)*. UNESCO.
- Zia, T. (2025). El estado de la IA en 2025: conclusiones clave del último informe del Índice de IA de Stanford. *Unite.ai*.

INGENIERÍA DE CONOCIMIENTO, SISTEMAS BASADOS EN CONOCIMIENTO, RAZONAMIENTO APROXIMADO, TEORÍA DE AGENTES: PILARES INSUSTITUIBLES DE LA IAG ¿EVOLUCIÓN?

Jorge E. SAGULA

Jorgesagula@gmail.com

División Matemática y División Estadística, Departamento Ciencias Básicas

Universidad Nacional de Luján, Argentina

Director Equipo COIN, DCB-Universidad Nacional de Luján, Argentina

Asesor Rectorado, Universidad Nacional de Luján, Argentina

Director Científico, Workshop INCOIN

CEO y Consultor-Investigador, INCOIN-LEARNING

Resumen

La Ingeniería de Conocimiento (IC) corresponde a un campo, en esencia, interdisciplinar, que comprende la identificación, la adquisición (o captura), la organización, la representación y la implementación de conocimiento en forma efectiva, con el propósito de representar distintas aplicaciones basadas en conocimiento en el contexto de los Sistemas Basados en Conocimiento, en la macro-disciplina correspondiente a la Inteligencia Artificial (IA). Su aporte a la IA es invaluable, y ya ha superado la edad de sesenta (60) años, y es transversal, desde todo punto de vista, y no sólo fundamental dentro la IA clásica, sino en la actualidad. Pero, claramente, la interacción permanente IA-IH, presenta un enfoque interdisciplinario, combinando IA, Gestión del Conocimiento, Ciencias Cognitivas, Ciencias de la Computación y Modelos Matemáticos de Resolución de Incertidumbre; en esta última instancia, surge el concepto de Razonamiento Aproximado, expandido a Razonamiento Plausible. El Razonamiento es Aproximado si la calidad propia de la Información contiene rasgos de: Imprecisión (al resultar imposible determinar los atributos de ciertos objetos al nivel requerido de detalle), Incertidumbre (cuando la verdad de ciertas proposiciones no se conoce en forma fehaciente), Ignorancia (cuando son desconocidos en forma exacta la frecuencia de ciertos eventos); o bien, cuando existen Restricciones Lingüísticas y Computacionales, tanto en problemas de complejidad como en la búsqueda misma de soluciones, debido a la presencia de explosión combinatoria. El Razonamiento Aproximado es un concepto clave en los Sistemas Basados en Conocimiento (SBC) (otro, en los famosos Sistemas Expertos), y en general, en la Inteligencia Artificial (IA), pues permite manejar la incertidumbre y la incompletitud en los procesos de búsqueda y toma de decisiones, vinculado naturalmente con heurísticas y metaheurísticas, aplicadas tanto en modelos bio-inspirados como en arquitecturas de conocimiento. En general, es un tipo de razonamiento que no deviene en la

búsqueda de soluciones exactas, sino suficientemente buenas, cuando la información es incompleta, incierta o demasiado compleja, consecuentemente, incrementa la eficiencia y la calidad de los procesos de búsqueda y decisión, aunque implique aceptar cierto margen de error, no significativo para quien es experto en la cuestión, por tanto, tales valores son umbrales de aceptación; por tal razón, junto a la Teoría de Agentes, iniciada en el contexto de “La Sociedad de la Mente” (**Marvin Minsky, 1986**), sustentan como grandes pilares, en la actualidad, a la IAG.

Palabras Clave: IA. Ingeniería de Conocimiento. Sistemas Basados en Conocimiento. Razonamiento Aproximado. Teoría de Agentes. IAG.

Interacción Humano-Computadora (HCI)

La **interacción humano-computadora** (HCI) es la disciplina dedicada a diseñar, evaluar e implementar sistemas informáticos interactivos para el uso humano, y a estudiar los fenómenos relacionados más significativos. Es el estudio sobre cómo se diseñan, implementan y usan los sistemas informáticos interactivos y la forma en que influyen las computadoras en las personas, las organizaciones y la sociedad, en términos generales; la temática cubre una especialización en el campo de la Ergonomía. En forma amplia, HCI estudia el intercambio de información mediante software entre individuos y computadoras, consecuentemente, la disciplina congrega varias disciplinas, tales como: ciencias de la comunicación, psicología cognitiva y social, sociología, lingüística y diseño, en general, para posibilitar el acercamiento con sistemas operativos, lenguajes de programación y computación gráfica.

La evolución del concepto, con la aparición de los trabajos: Simbiosis Humano-Máquina (Licklider, 1960); Aumento del intelecto humano (Engelbart, 1963) y Smalltalk (Kay & Goldberg, 1977), fueron las causas de las primeras tecnologías HCI: Mouse, Pantallas con mapas de bits, PC, Escritorio, Ventanas, Punteros.

Si bien, inicialmente, la investigación en HCI se focalizó en estudiar el comportamiento racional del usuario, sin enfocarse en su comportamiento emocional (estados afectivos, estados de humor y sentimientos), los cambios de paradigmas, los avances de las ciencias y las tecnologías permitieron considerar la importancia de los aspectos emocionales en la interacción del usuario, tanto en cuanto al uso en sí mismo como en motivaciones de uso, la valoración del producto, los procesos cognitivos, la capacidad de atención y memorización y el rendimiento del usuario. La investigación actual se concentra en las siguientes temáticas: Personalización del usuario; Computación embebida; Realidad Aumentada; Computación social; HCI a partir del conocimiento; HCI y emociones.

Al hablar de la cadena de valor entre la Inteligencia Humana (IH) (expansiva a la Inteligencia Animal) y la Inteligencia Artificial (IA), surge HCI (Human-Computer Interaction), razón por la cual toma un rol clave la Ingeniería de Conocimiento (IC),

“la ciencia del cómo”, en términos de adquisición, modelado, representación, e implementación del conocimiento.

Contextualmente, enfatizo en “la importancia de la Percepción”, así, las cosas, considero focalizar el análisis en la Heurística y la Meta-Heurística, conceptos inherentes al Know-How Humano, que responden al pensamiento y tienen injerencia en la Resolución de Problemas. Por necesidad de las ciencias de la computación, específicamente la Inteligencia Artificial, la Ingeniería de Conocimiento las captura, en términos de “algoritmización”, a fin de resolver problemas de complejidad variada, sustentándose en “la Percepción de la Realidad a través de la Matemática, en su forma más amplia ...”.

Ingeniería de Conocimiento (IC)

La Ingeniería de Conocimiento (IC) corresponde a un campo, en esencia, interdisciplinar, que comprende la identificación, la adquisición (o captura), la organización, la representación y la implementación de conocimiento en forma efectiva, con el propósito de representar distintas aplicaciones basadas en conocimiento en el contexto de los Sistemas Basados en Conocimiento, en la macro-disciplina correspondiente a la Inteligencia Artificial (IA). Su aporte a la IA es invaluable, y ya ha superado la edad de sesenta (60) años, y es transversal, desde todo punto de vista, y no sólo fundamental dentro la IA clásica, sino en la actualidad. Pero, claramente, la interacción permanente IA-IH, presenta un enfoque interdisciplinario, combinando IA, Gestión del Conocimiento, Ciencias Cognitivas, Ciencias de la Computación y Modelos Matemáticos de Resolución de Incertidumbre.

El conocimiento implica interpretación, contexto y aplicación.

Esencialmente, las metodologías de la Ingeniería de Conocimiento se sustentan en un marco metodológico para modelar tareas, agentes y procesos de conocimiento; así como, las ontologías, estructuras formales que representan conceptos y relaciones en un dominio; siendo claves los modelos de representación, tales como los sistemas de producción (basados en reglas lógicas), las redes semánticas, los frames y los scripts (**García Martínez, R., Sagula, J. E., et als., 1991**).

Los procesos clave son: Adquisición o Captura (identificación de conocimiento tácito y explícito), Formalización (transformación en modelos computacionales), Almacenamiento y gestión (uso de las bases de conocimiento) y Aplicación (implementación en sistemas de soporte a decisiones, automatización y aprendizaje organizacional).

La Ingeniería de Conocimiento sobrepasa a técnica computacional, se trata de una metodología integral que conecta datos, personas y tecnología para crear sistemas capaces de aprender, razonar y apoyar la acción humana. Su relevancia crece en un mundo en el cual el conocimiento es el recurso estratégico más importante.

Entonces, la Ingeniería de Conocimiento es una disciplina que busca transformar información en conocimiento útil y aplicable, integrando inteligencia artificial, informática y gestión del conocimiento para apoyar la toma de decisiones, la innovación y la automatización de procesos, por tanto, excede lo meramente procedimental, pues es la visión anticipatoria de la fundamentación de los procesos HCI (Human-Computer Interaction), vistos en los últimos años como PI (Prompt Engineering), y en la actualidad como CI (Context Engineering).

En síntesis, la Ingeniería de Conocimiento es una disciplina aplicada que conecta la informática, la inteligencia artificial y la investigación de operaciones con la resolución de problemas complejos en ámbitos diversos; es la ciencia del “Cómo”, desde “cómo adquirir o capturar conocimiento”, hasta “cómo implementar conocimiento en un sistema computacional”. Sus aportes destacan la importancia de modelos decisionales proactivos y de estrategias pedagógicas para transformar información en conocimiento útil.

Así las cosas, desde mi postura el conocimiento es un recurso estratégico que debe ser gestionado con rigor científico; en consecuencia, la Ingeniería de Conocimiento debe ser proactiva y aplicada, no meramente teórica; la formalización del conocimiento en modelos y sistemas basados en conocimiento es esencial para su transferencia y uso; por tanto, la disciplina tiene un impacto social directo, desde la sostenibilidad ambiental hasta la formación de profesionales en ciencias de la computación.

Desde un enfoque personal, la Ingeniería de Conocimiento es una herramienta transformadora que permite capturar, estructurar y aplicar conocimiento en múltiples campos. Su aporte se centra en mostrar cómo esta disciplina puede anticipar problemas, mejorar la educación y apoyar la toma de decisiones en sistemas complejos, en forma amplia y generalizada.

La Gestión de Conocimiento, tecnicismo moderno de una disciplina mayor, la Ingeniería de Conocimiento, no se orienta directamente a responder preguntas del tipo “cuando, dónde o qué” sino a “cómo”; así, la Ingeniería de Conocimiento surge como proceso de búsqueda de conocimiento, cuyo objetivo principal es “la explicitación” del conocimiento encapsulado (o encriptado), que mediante un análisis adecuado permite generar dos conceptos específicos: conocimiento público y conocimiento privado; así, desencriptar el conocimiento encapsulado permite llegar al nivel de Aprendizaje de Maestros y a los Principios, Leyes y Axiomas, que en sus niveles máximos representan las Heurísticas (o know-how) y las Teorías Generales. En este contexto, una incipiente definición de Ingeniería de Conocimiento, expresa que se trata de “un conjunto de principios, métodos y herramientas que permiten aplicar el saber científico y el conocimiento heurístico al uso del conocimiento y de sus fuentes mediante ideas útiles al hombre”.

En base a estos conceptos, puede resumirse que la introducción de las bases para una Ingeniería del Conocimiento, estructura de contención de la Gestión (o

administración) del Conocimiento constituye el proceso de diseñar y lograr la operatividad de los sistemas basados en conocimiento; destacando que una falla en el proceso de adquisición y/o de representación y/o de implementación, generará una falla en la construcción del sistema basado en conocimiento tornando en inadecuado el uso del mismo.

Conforme a estos lineamientos, es posible advertir que la mancomunidad entre las Neurociencias, en general, y la Gestión de Conocimiento, como subdisciplina de Ingeniería de Conocimiento, tiende a la mejora de la Toma de Decisión, particularmente a la Toma de Decisión Inteligente.

Sistemas Basados en Conocimiento

Los sistemas basados en conocimiento (SBC) corresponden a software de Inteligencia Artificial (IA) que incluyen: Base de Conocimiento, Memoria de Trabajo (o Base de Hechos) y Motor de Inferencia (o Búsqueda), cuyo propósito es razonar y resolver problemas complejos, por lo general, de carácter específico en un dominio o contexto bien determinado. Su objetivo es emular el razonamiento humano para tomar decisiones, diagnosticar, predecir o brindar sugerencias, por tanto, trascienden el procesamiento de datos. Lo esencial es la Base Conocimiento (BC) y el Motor de Inferencia (MI) componentes cruciales para “emular” el cerebro humano, en búsqueda de conclusiones. Así, tanto SI (Sistemas Inteligentes), STI (Sistemas Tutores Inteligentes), SE (Sistemas Expertos), SDI (Sistemas Decisionales Inteligentes), SA (Sistemas Agentes), SMA (Sistemas Multiagentes), entre otros, son SBC (Sistemas Basados en Conocimiento).

Los núcleos de los SBC clásicos, en el contexto de los Sistemas Expertos (década del '60 en el siglo XX), tales como Dendral, Mycin y Prospector, son evidencias exitosas de modelado de incertidumbre y razonamiento simbólico.

En tanto que los SBC modernos, aun considerando a la IA Generativa actual, tienen raíces en la lógica y la estadística, y para evitar "temer a lo artificial" hay que comprender tales soportes vitales.

Razonamiento Aproximado

Los Procesos de Decidibilidad cubren la resolución de la ambigüedad, siendo sinónimos de Decidibilidad Matemática. En Inteligencia Artificial, un Proceso de Decidibilidad lleva al planteo de un Modelo basado en Razonamiento Abductivo que, en general puede asociarse a la Teoría General del Razonamiento Aproximado y particularmente, a la generación de modelos, tanto de Razonamiento Aproximado como de Razonamiento Plausible.

El Razonamiento es Aproximado si la calidad propia de la Información contiene rasgos de: Imprecisión (al resultar imposible determinar los atributos de ciertos objetos al nivel requerido de detalle), Incertidumbre (cuando la verdad de ciertas proposiciones no se conoce en forma fehaciente), Ignorancia (cuando son desconocidos en forma exacta la frecuencia de ciertos eventos); o bien, cuando existen Restricciones Lingüísticas y Computacionales, tanto en problemas de

complejidad como en la búsqueda misma de soluciones, debido a la presencia de explosión combinatoria (**García Martínez, R., Sagula, J. E., et als., 1991**).

Mi perspectiva sobre el Razonamiento Aproximado, me permite expresar que en los inicios (décadas 1960-1980) surgió como respuesta a las limitaciones de la lógica formal y los sistemas expertos clásicos, que exigían información completa y precisa, en cierta forma, podía verse como un “mecanismo heurístico”, con el propósito de “acercarse” a soluciones viables cuando la exactitud era inalcanzable, su presencia, esencialmente estaba enmarcada en la Ingeniería de Conocimiento, sustentando a los Sistemas Basados en Conocimiento (SBC), teniendo la prioridad de construir sistemas capaces de operar en entornos reales, con datos incompletos o inciertos, por tal razón, los modelos probabilísticos, sobre todo, Bayesianos y la Matemática Difusa, a través de la Lógica Difusa, fueron pilares esenciales del concepto. En la década 2000-2010, el concepto se amplía hacia metaheurísticas y modelos bio-inspirados (redes neuronales, algoritmos genéticos, enjambres), constituyendo una estrategia adaptativa que refleja cómo los seres humanos y los animales toman decisiones rápidas y efectivas. Esto evidencia la percepción de “un puente” entre teoría y práctica, capaz de posibilitar soluciones “suficientemente buenas” en tiempo razonable (**Sagula, Jorge E., 2022**) (**Zadeh, Lofti, 1992**).

El Razonamiento Aproximado en el contexto de la Inteligencia Artificial Moderna (2010-2020) se expande hacia la Minería de Datos y el Aprendizaje Automático, convirtiendo a la aproximación en “norma”, considerando: modelos probabilísticos, redes profundas y sistemas híbridos. Esto permite evidenciar que el Razonamiento Aproximado deja de ser un recurso auxiliar, para transformarse en un principio rector de la IA contemporánea, extendiendo también los campos de aplicación.

En la actualidad, en el curso de esta década, el Razonamiento Aproximado se ha redefinido como “un ecosistema de técnicas adaptativas”, entre ellas: heurísticas, metaheurísticas, aprendizaje profundo, razonamiento difuso y modelos híbridos. Además, la propia evolución del término lo convierte en un marco conceptual más que en una técnica aislada, posibilitando un modo de entender cómo los sistemas inteligentes deben operar en un mundo incierto. Así las cosas, mi visión permite encuadrar al Razonamiento Aproximado con la eficiencia cognitiva, en términos de “la capacidad de hallar soluciones útiles sin necesidad de perfección u optimalidad, reflejando la forma en que la mente humana equilibra rapidez y precisión (**Simon, H. A., 1957**).

El Razonamiento Aproximado busca soluciones viables, aunque no exactas, apoyándose en heurísticas y metaheurísticas en aras de reducir la complejidad, reflejando la forma humana de decidir rápidamente en entornos inciertos y a su vez, cómo los humanos procesan información incompleta; consecuentemente, el Razonamiento Aproximado aporta eficiencia cognitiva, rapidez y adaptabilidad.

En cierta forma, puedo distinguir que el Razonamiento Aproximado tiene una estrecha vinculación con la forma en la cual los seres humanos razonan en

condiciones de incertidumbre e imprecisión, o bien con carencia de datos, y en forma pragmática, constituye un recurso indispensable para que los Sistemas Basados en Conocimiento y, en general, la IA sea aplicable en la resolución de situaciones reales.

El propósito, es considerar al Razonamiento Aproximado en “permanente evolución” hacia un paradigma, principio transversal de la Inteligencia Artificial y la Toma de Decisiones. Consecuentemente, esta búsqueda, comenzada en Sistemas Expertos, continuada en su capa superior, los Sistemas Basados en Conocimiento, lleva al Razonamiento Aproximado a convertirse en un paradigma central de la Inteligencia Artificial Moderna, reflejando la forma en que los seres humanos y las máquinas enfrentan la complejidad y la incertidumbre.

Sintetizando, el Razonamiento Aproximado puede verse como un puente entre la matemática aplicada y la realidad compleja, procurando la búsqueda de soluciones viables, siendo más importante que la perfección absoluta, con umbrales de aceptación sub-óptimos.

Expansión del Razonamiento Aproximado al Razonamiento Plausible

Mi visión sobre el Razonamiento Aproximado y el Razonamiento Plausible se centra en la Educación Matemática y en cómo los estudiantes construyen conocimiento en contextos de incertidumbre, cuando las respuestas no son exactas, pero sí significativas y justificables. Este enfoque busca integrar la lógica matemática con procesos cognitivos flexibles que permitan aprender y decidir en escenarios abiertos. Así, el Razonamiento Aproximado favorece la resolución de problemas cuando los datos son incompletos, o bien, imprecisos; de tal forma, en cuanto a los estudiantes esta situación les permite trabajar con estimaciones, aproximaciones numéricas y modelos simplificados, posibilitando el logro, en términos de objetivo pedagógico, de desarrollar la capacidad de tolerar la incertidumbre y valorar la utilidad de una respuesta “suficientemente buena” en lugar de una respuesta exacta. En tanto que, el Razonamiento Plausible se sustenta en la verosimilitud y la coherencia lógica, aunque no exista una formal demostración, en esta instancia, se vincula con la construcción de conjeturas, hipótesis y explicaciones, que parecen adecuadamente razonables; este tipo de razonamiento se orienta a la estimulación de la creatividad y la capacidad de argumentar con fundamentos parciales, en tanto que el objetivo pedagógico se centra en promover la exploración de ideas y la validación social del conocimiento, más allá de la prueba estricta. **(García Martínez, R., Sagula, J. E., et als., 1991).**

El Razonamiento Aproximado y el Razonamiento Plausible son esenciales en la formación matemática moderna, debido a que la vida cotidiana y aún, la ciencia, no siempre ofrecen datos exactos ni pruebas concluyentes. La enseñanza utilizando estos tipos de razonamiento debe equilibrar la rigurosidad matemática con la flexibilidad cognitiva, en aras que los estudiantes aprendan a desarrollar su pensamiento en escenarios inciertos.

Estos tipos de razonamiento se vinculan a la Teoría de Juegos (**Von Neumann, J., & Morgenstern, O., 1944**) y la Teoría de Agentes Inteligentes, donde las decisiones se toman disponiendo de información incompleta, y también en Neurociencias aplicadas a la Educación, estudiando cómo el cerebro maneja la plausibilidad y la aproximación.

De alguna forma, considerar al Razonamiento Aproximado y al Razonamiento Plausible es una invitación a ampliar la Educación Matemática allende la exactitud, integrando la incertidumbre como parte del aprendizaje, permitiendo que los estudiantes estén en condiciones de enfrentarse a situaciones reales, donde más allá de obtener respuestas correctas, el objetivo trasciende y se orienta al pensamiento crítico y el análisis crítico, desarrollando las capacidades de argumentar, estimar y decidir con fundamentos sólidos aunque se tenga cierta incompletitud. De tal modo, el Razonamiento Aproximado y el Razonamiento Plausible convergen en la formación de estudiantes capaces de pensar críticamente, decidir con fundamentos y adaptarse a contextos reales.

Teoría de Agentes

Un *Agente* es una Entidad que puede percibir por medio de *sensores* y realizar *acciones* sobre el *ambiente* produciendo *efectos* sobre el mismo.

Los Agentes son Sistemas Computacionales que habitan dinámicamente, sus ambientes son impredecibles; interpretan datos producidos por sensores que reflejan situaciones en tal ambiente y ejecutan comandos, produciendo efectos en el ambiente. Un agente no solamente decide las acciones a ejecutar por el sistema y además controla sus recursos a través de técnicas multimediales bien precisas y definidas; en consecuencia, los agentes disponen la integración de *bases de conocimiento*, *procesos de decisión* y *multimedia*.

Marvin Minsky (**1985**) postuló: “Un *Agente* es un Sistema que puede servir como un ir-entre, debido a que dispone de algunas destrezas especializadas” y puntualizó que, en tal situación, un Programa Computacional con cierta inteligencia es un Agente.

En el siglo XX, en la década del ‘90 se realizaron desarrollos e implementaciones de Agentes, como *Interface Agents*, programas que empleaban técnicas de Inteligencia Artificial para proveer asistencia a un usuario. Los Agentes cambiaban radicalmente la experiencia actual del usuario, mediante la metáfora que un Agente puede actuar como un *Asistente Personal*; en tal instancia, los Agentes adquirían su competencia aprendiendo del usuario como también de otros agentes que asistían a otros usuarios. La metáfora de interacción, era la Manipulación Directa (**B. Schneiderman: Direct Manipulation, 1983**) requiriendo al usuario iniciar explícitamente todas las tareas y monitorear todos los eventos.

Escalarmente, los agentes fueron tomando diferentes direcciones, y al mismo tiempo fueron siendo desarrollados sobre distintas concepciones de los paradigmas originales. Por caso, singulares concepciones, planteaban que:

- “Los Sistemas Inteligentes auxilian a la toma de posiciones intencionales, donde ‘intencional’ no sólo involucra intenciones sino otros conceptos, tales como: deseos, confianza y conocimiento” (**Mc Carthy, 1979; Denneth, 1987**).
- “Los Sistemas Inteligentes se caracterizan por disponer de un nivel de conocimiento distintivo” (**Newell, 1982**).
- “Un sistema es inteligente si es necesario, tanto con propósitos científicos o intuitivos, atribuir conceptos cognitivos tales como intenciones y confianzas en orden de analizar, caracterizar, comprender o predecir comportamientos” (**Singh, 1991**).
- “Un Agente es un sistema de software con ciertas propiedades: *Autonomía*, pues opera sin la directa acción humana, disponiendo de una forma de control sobre a sus acciones y al estado interno; *Capacidad Social*, un agente interactúa con otros agentes y/o con personas mediante algún expresivo lenguaje de comunicación de agentes; *Reactividad*, dado que un agente percibe su ambiente y responde en tiempo y forma a cambios que ocurren en tal ambiente; *Pro-actividad*, pues un agente no actúa simplemente en respuesta a su ambiente sino que además dispone de la capacidad de exhibir el comportamiento de una meta dirigida, tomando la iniciativa” (**Wooldridge & Jennings, 1995**).
- “Un Agente es ‘alguna cosa’ que puede percibir su ambiente mediante sensores y actuar sobre tal ambiente a través de efectores” (**Norvig & Russell, 1995, 2004**)

La Teoría de Agentes, consecuentemente, se concibe como un marco para modelar entidades autónomas que interactúan en un entorno; con la particularidad que los agentes disponen de capacidad de percepción y acción, objetivos, y estrategias decisionales; y fundamentalmente, un agente no es simplemente reactivo, sino que debe ser proactivo, anticipando escenarios y adaptarse a cambios en el ambiente. La Teoría de Agentes puede vincularse con la Teoría de Juegos, mostrando cómo los agentes pueden cooperar o competir en entornos dinámicos.

Los agentes inteligentes deben ser capaces de evaluar estrategias óptimas tanto en situaciones de conflicto como de colaboración o colaboración. Este enfoque es compatible en distintos ámbitos, desde el amplio arco de la gestión de recursos naturales como a la modelización de procesos económicos o sociales.

Los agentes pueden representar distintos niveles de comprensión y ayudar a diseñar estrategias didácticas adaptativas; consecuentemente, la Teoría de Agentes representa una herramienta invaluable en el marco de la Ingeniería de Conocimiento Pedagógico.

Por caso, si se procede a integrar, por caso, en una visión multimetodológica a las Neurociencias, con la Decisión y la Inteligencia Artificial, es posible conceptualizar

a los agentes como entidades cognitivas que permiten producir la integración de neurociencias con inteligencia artificial. En tal instancia, la Teoría de Agentes es un factor clave para la modelización de procesos cognitivos y decisionales en entornos virtuales.

Teoría de Agentes, base del Aprendizaje por Refuerzo

El **Aprendizaje Profundo por Refuerzo (DRL)** constituye una Neo-Evolución, un nuevo paradigma, pero desde ideas previas, inspiradas en **Alan Turing (1950)** y proseguidas por **Marvin Minsky (1951, 1968, 1986)**, proveyendo líneas de transdisciplinariedad entre Machine Learning (ML) y Deep Learning (DL), por un lado y la Teoría de Agentes y Multiagentes Inteligentes, por el otro. Mediante Aprendizaje Profundo por Refuerzo, un Agente Inteligente aprende a optimizar un Proceso de Decisión.

Los sistemas de Aprendizaje por Refuerzo exploran y adquieren datos sobre el problema por propia iniciativa, diseñando automáticamente estrategias en busca del objetivo.

A efectos que la máquina aprenda, el agente interactúa con “un entorno”, que puede ser el proceso de decisión real, o bien, una simulación del mismo. El agente trabaja observando el entorno, y tomando una decisión para comprobar qué efectos produce. Siguiendo un proceso de Aprendizaje por Condicionamiento similar al de los seres humanos, el agente aprenderá qué decisiones son más apropiadas, conforme a la situación, desarrollando estrategias a largo plazo, con el propósito de maximizar los beneficios.

Por cierto, que, todos estos trabajos, como más salientes, permitieron plasmar el futuro, en general, de la Inteligencia Artificial, brindando las ideas que elucubraron y que, con distintos avatares en términos de implementación, llevaron a campos promisorios, que hoy por hoy, siguen alimentando a sub-disciplinas tales como Machine Learning, Deep Learning y Deep Reinforcement Learning, en las líneas más vinculadas con las Neurociencias e Inteligencia Artificial (**Sagula, 2021**).

Inteligencia Artificial Generativa (IAG)

Las ideas son ideas, y los hechos son hechos; esta mínima construcción lingüística es para reflejar que cuando a la Inteligencia Artificial, en los últimos años, se la denomina, “Generativa”, es bastante contradictorio, pues adjetivar de esta forma, es ciertamente “una redundancia”, en virtud que “todo aquello que evidencia Aprendizaje”, de por sí, ya es Inteligente.

Así las cosas, sin embargo, el inicio de la IA Generativa se refiere a la generación de texto usando IA basada en redes neuronales profundas. El antecedente más remoto es Eliza (primer chatbot, MIT, 1966), en años dorados de nacimiento de muchos hitos; Eliza simulaba ser un psicólogo, estableciendo un diálogo con el usuario.

El desarrollo de lenguajes de programación y computadoras que procesan textos avanzó desde ese momento con pasos muy significativos notables, afinando en la

IA el Procesamiento del Lenguaje Natural (NLP); procesando palabras, y generándose textos en base a algoritmos matemáticos.

Investigadores de Google (2017) publicaron un artículo con “una nueva arquitectura para una red neuronal para modelar secuencias de palabras”; así, nació Transformer, y esta arquitectura superó rápidamente a las redes neuronales recurrentes en la traducción de textos, tanto en la calidad de la traducción como en el costo de entrenamiento de la red neuronal.

Estos avances provocaron el surgimiento del Transformer más conocido: GPT (Generative Pretrained Transformer); desde ese momento comenzaron a develarse varios “grandes modelos de lenguaje” (LLMs) en varios núcleos de investigación en varias empresas. La primera versión de GPT (OpenAI, 2018) correspondió a una red neuronal con 117 millones de parámetros (el número de parámetros está relacionado al número de conexiones entre neuronas en la red); luego, GPT-2 (2019) dispuso de 1.500 millones de parámetros, GPT-3 (2020) dispuso de 175 mil millones de parámetros, GPT-4 (2023) cuenta, aproximadamente, con 1,76 billones de parámetros, en tanto que GPT-5 (2025), basado en una arquitectura mixta “Mixture of Experts”, tiene entre 2 y 5 billones de parámetros. En paralelo, por caso, Google (2021) liberó LaMDA (Language Model for Dialogue Applications), en 2022 PaLM (Pathways Language Model), y Bard (2023).

Cuando irrumpe en los medios, “la nueva IA”, en su versión IAG, fue el 30 de noviembre de 2022, en el anuncio de OpenAI de ChatGPT; entonces millones de usuarios comenzaron a interactuar directamente con una computadora, escribiendo un texto en lenguaje natural, incluso con faltas de ortografía y ausencia de signos de puntuación. Los resultados, sorprendieron a expertos, desarrolladores y novatos, pues con un breve texto como input en el prompt de la computadora, se generaba rápidamente un texto de varias líneas con cierta coherencia y con una gramática y sintaxis adecuadas. Era una auténtica revolución. Por primera vez se tenía al alcance de los dedos la posibilidad de interactuar directa con una computadora, en el idioma elegido, que podría generar textos como si se tratara de una persona empática, generosa y sensible. **(Sagula, Jorge E.; 2024).**

¿Cómo era posible? La red neuronal estaba entrenada con millones de textos de múltiples temas, y ahora más allá de los textos, con GPT-4 y GPT-5, tanto input como output, imágenes, videos y audio. Esto último ha permitido el surgimiento de arte y diseño usando la IA.

La evolución de Machine Learning (**ML**) y Deep Learning (**DL**) representa Deep Reinforcement Learning (**DRL**), cuyos modelos exploran y adquieren datos sobre el problema por propia iniciativa, diseñando automáticamente estrategias en busca del objetivo, en cierta forma, con similaridad al proceso de razonamiento humano. **DRL** evidencia claramente la “importancia de la Percepción”, pues desde el punto de vista humano sin intervención de los órganos sensoriales no hay “reconocimiento del contexto”, y este es un tema crucial no sólo para el presente, sino para el futuro, en

la IA, dado que la propia evolución de la IA, en el surgimiento de la **Inteligencia Artificial Generativa (IAG)**, en la referencia a “la generación de texto” usando IA basada en Redes Neurales Profundas, permitió la creación de “una nueva arquitectura para una red neuronal en aras de modelar secuencias de palabras”, concepto que posibilitó el nacimiento de **Transformer**, que permitió superar muy rápidamente a las Redes Neuronales Recurrentes en cuanto a “traducción de textos”, no sólo en lo inherente a la calidad sino en entrenamiento de la red neuronal. Pero, aquí, ¿qué hay detrás? Cada algoritmo combina las resoluciones de cada uno de los términos, desde la experticia humana, a partir de la interacción humana, y esto evidencia que ese conocimiento no siempre es preciso, determinístico, sino refleja el conocimiento empírico, las conjeturas, las opiniones, distintas apreciaciones, enfoques, ..., detrás están los árboles de probabilidad, los modelos basados en estadística y en probabilidad, reflejando en el mejor de los escenarios, conclusiones plausibles....

¿Por qué cabe cuestionar a **Prompt Engineering (PE)**? Porque **PE** actual está centrado en “ajustar” entradas, en procura de obtener salidas útiles de modelos de lenguaje; y esto, es evidentemente insuficiente, pues deja de abordar lo esencial, el núcleo de la **IA**, la Resolución de Problemas, dejando de manifiesto que, sin la previa definición del contexto y el análisis del problema, los prompts no constituyen más que una interfaz superficial, no representando en modo alguno una metodología robusta como es condición sine qua non de la ingeniería.

Aquí, se posiciona, un nuevo paradigma, que está asomando como “algo esencial” y más poderoso, la **Ingeniería de Contexto (IC)**, cobijando a **Prompt Engineering (PE)**, brindando la posibilidad de sentar las bases de la **IA** del futuro, a menos inmediato, pues el contexto es lo que posibilita la diferenciación entre un dato aislado y un problema definido adecuadamente; así, las cosas, la **Ingeniería de Contexto** puede considerarse como “el eslabón perdido” en la evolución, en este caso, entre la formulación del problema y la aplicación de metodologías, técnicas y herramientas de la IA. De esta forma se pone de manifiesto que la IA no se puede reducir tan sólo a “prompting” o a sesgar los datos, efectuando inadecuadas manipulaciones, sino que requiere, esencialmente, Conocimiento Estructurado, Reconocimiento de Patrones, Heurísticas y Metaheurísticas, y centralmente, contexto, ... Y si esto no ocurre, la brecha en la **Inteligencia Humana (IH)** y la **Inteligencia Artificial (IA)** seguirá existiendo.

El Cerebro Humano, ¿sólo a modo de ejemplo?

¿Cuántas neuronas tiene, en promedio, un cerebro adulto? En promedio, entre 80.000.000.000 y 95.000.000.000; pero estos valores suelen aproximarse, diciendo que el cerebro de un adulto tiene cerca de 100.000.000.000 de neuronas.

¿Cuál es el sentido de esta mención, en esta instancia? Simplemente, saber qué tipo de tareas específicas, vinculadas con el pensamiento, el razonamiento y la ciencia, realiza el cerebro humano.

En primer lugar, existen distintos tipos de cerebros, en cuanto al pensamiento y al razonamiento, tales como: Cerebro Lógico, Cerebro Matemático, Cerebro Estadístico, Cerebro Estocástico, Cerebro Bayesiano, entre los conceptos más salientes. Por otro lado, en cuanto al pensamiento, explícitamente, es importante considerar: Pensamiento Lógico, Pensamiento Matemático, Pensamiento Estadístico, Pensamiento Estocástico, Pensamiento Heurístico y Metaheurístico, Pensamiento Computacional, Pensamiento de Orden Superior. Y por supuesto, es capaz de desplegar y desarrollar distintos modelos de razonamiento.

Pero, el cerebro humano, concita talento, know-how (o conocimiento privado), sentido común, creatividad; realiza inferencias sin necesidad de disponer de gran volumen de datos, además con alto nivel de incertidumbre y también, imprecisión, o bien con información incompleta; se manifiesta, objetivamente, y en estos casos, reduce o elimina los sesgos, refleja empatía, emociones, y siempre procura, estar en estado de equilibrio, pues los análisis y las evaluaciones, son procuradas, en contexto.

Lo expuesto, sólo a modo de ejemplo, en cuanto a la Inteligencia Humana, la Inteligencia Natural.

Pero, la Inteligencia Artificial, sobre todo la vertiente actual de la misma, la Inteligencia Artificial Generativa, necesita aproximarse a “ese cerebro humano”, para prepararse a “la comparación”, y entonces, en una carrera desenfundada e inagotable, ..., como en una escalera al cielo, interminable, por cierto, y en particular, Chat GPT-5 “ostenta” entre 2 y 5 billones de parámetros activos, ante la necesidad de responder, con “marcada exactitud” respuestas a preguntas que “un núcleo de expertos” podría esbozar.

Pero, aquí se plantea una interesante pregunta: ¿Se comprenden, cabalmente, las actividades que puede desarrollar un cerebro humano? ¿Se conoce, plenamente, al cerebro humano?

Para responder, en gran parte a estas preguntas hay que remitirse a: Human Brain Project (2013-2023), Blue Brain Project (2005-2024), Brain Research through Advancing Innovative Neurotechnologies (desde 2013), sólo por citar algunos macro-proyectos.

Pues, entonces, esta carrera incremental en cuanto a “la necesidad” de disponer de billones y billones de parámetros y estar en vecindad cercana del cerebro humano es en base a “la imitación” o a la comprensión...

Queda mucho por develar, cuando la tierra se ara,..., un soplo de viento cambia todo,..., de golpe.

Conclusiones

El propósito de verter estas ideas es aportar conceptos provenientes, inicialmente, de distintas disciplinas, en procura de optimizar procesos, modelos mentales, razonamiento y aprendizaje, desde distintas concepciones, en el planteo y la

resolución de problemas con presencia de incertidumbre, y así mejorar la toma de decisión inteligente, desde la Inteligencia Artificial en la simulación de procesos de aprendizaje mediante modelos bio-inspirados, principalmente, tales como Redes Neurales, Machine Learning, Deep Learning y Aprendizaje por Refuerzo, amén de la Teoría de Agentes y Multiagentes, sin olvidar a los Algoritmos Genéticos ni a los modelos de colonias de abejas, hormigas o termitas, ejemplares, en cuanto a la organización, responsabilidad, cooperación y ejecución de tareas.

Es natural, entonces, que, en los procesos de resolución de problemas, es necesario transitar numerosos puentes, en procura de contribuir a mejorar los procesos de aprendizaje y consecuentemente, converger a la toma de decisiones de carácter inteligente.

Y... nada surge porque sí, la causalidad es natural en el Pensamiento Bayesiano; entonces, cabe preguntar: ¿La IAG es la Panacea, es Empática...?

Pero, también, si en esta “escalera” de distintos peldaños, desde la década del '50 en el siglo XX se presentaron distintos paradigmas que continuamente iban siendo reemplazados por otros, pero “el cerebro humano”, y la inteligencia acorde, no se modificaron, claramente se evidencia una descontextualización sobre el foco de estudio, y las líneas de “convergencia”, de modo que cada constructo, “a imagen y semejanza”, estuvo plagado de sesgos y de aproximaciones subjetivas, sin embargo, y tal como se refleja en el título de este artículo **“Ingeniería de Conocimiento, Sistemas Basados en Conocimiento, Razonamiento Aproximado, Teoría de Agentes: pilares insustituibles de la IAG: ¿Evolución?”**, indudablemente, los cuatro conceptos previos son pilares insustituibles de la IAG, pero ha habido “Evolución”?, o simple y llanamente, se trata de “una nueva visión”, un nuevo paradigma, “una nueva simulación del Arquitecto”?

Referencias

- García Martínez, R., Sagula, J. E., et als., (1991); Ingeniería de Conocimiento. Centro de Estudiantes de Ingeniería, Universidad Nacional de La Plata.
- Minsky, M., (1986). The Society of Mind. New York, Simon & Schuster. ISBN 0-671-60740-5.
- Norvig, S. & Russell, P. (2004). Inteligencia Artificial: un enfoque moderno. 2ª edición. Pearson Educación. Madrid. ISBN: 978-84-205-4003-0.
- Sagula, Jorge E. (2021). La importancia creciente de la Heurística y la Metaheurística en la Resolución de Problemas. En Memorias del II SEM-V-Tomo I. Universidad Nacional de Luján. Luján, Buenos Aires, Argentina; 13-14 mayo'2021. ISBN 978-987-3941-66-5. EDUNLU, diciembre'2021.
- Sagula, Jorge E. (2022); Pensamiento Estocástico, un puente entre Neurociencias e Inteligencia Artificial. En Memorias del III SEM-V (Simposio de Educación Matemática-Virtual, Tomo I, ISBN 978-987-3941-86-3, EdUnLu, mayo'2022.
- Sagula, Jorge E. (2024); La Estadística y la Probabilidad, soportes vitales para el desarrollo de la IAG. En Memorias del V SEM-V (Simposio de Educación Matemática-Virtual), "Tendencias en Investigación en Educación Matemática, ISBN 978-631-6582-10-2, Editorial de Universidad Nacional de Luján, mayo'2024. Publicación: agosto'2024.
- Simon, H. A. (1957). Models of man: Social and rational. Wiley.
- Von Neumann, J., & Morgenstern, O. (1944). Theory of games and economic behavior. Princeton University Press. ISBN: 978-0691130613.
- Wooldridge, M. & Jennings, N. (1995). Intelligent Agents; theory and practice. The Knowledge Engineering Review, Vol. 10:2, 1995, 115-152.
- Zadeh, Lofti, (1992); Fuzzy Logic for the Management of the Uncertainty. Wiley-Interscience. ISBN 0471547999.



ISBN: 978-607-5893-94-5

