

La inteligencia artificial, estudio de su evolución y aplicación en México Artificial intelligence, study of its evolution and application in Mexico

V. Baños-Gonzalez ^{a,*}

^a Área Académica de Ingeniería, Universidad Virtual del Estado de Guanajuato, 36400, Purísima del Rincón, Guanajuato, México.

Resumen

La inteligencia artificial (IA) ha emergido como una de las tecnologías más transformadoras del siglo XXI, motivada mayormente por mejorar el día a día de las personas y por esa curiosidad interminable característica de la humanidad, transformando y revolucionando sectores tan diversos que van desde la medicina, la educación, el comercio, la agricultura y la industria entre los principales. México, forma parte de los mercados con gran atracción a nivel global en este tópico donde, ha comenzado también a explorar y a implementar diversas aplicaciones de IA en varias áreas, reconociendo su potencial para lograr impulsar el desarrollo tanto económico como social. El presente trabajo tiene como objetivo analizar la evolución de la IA, así como su aplicación en México, considerando tanto los avances tecnológicos, como las implicaciones socioeconómicas. Aportando una visión amplia sobre la evolución y aplicación de la inteligencia artificial en México, destacando tanto los logros como los desafíos futuros, proporcionando una base sólida para comprender el contexto nacional en torno a esta tecnología emergente.

Palabras Clave: Inteligencia artificial, Internet de las cosas, Agricultura, Salud.

Abstract

Artificial intelligence (AI) has emerged as one of the most transformative technologies of the 21st century, motivated mainly by improving people's daily lives and by that endless curiosity characteristic of humanity, transforming and revolutionizing sectors as diverse as medicine, education, commerce, agriculture and industry among the main ones. Mexico is one of the markets with great global attraction in this topic. It has also begun to explore and implement various AI applications in multiple areas, recognizing its potential to promote economic and social development. This research article aims to analyze the evolution of AI and its application in Mexico, considering both technological advances and socio-economic implications. To provide a broad vision of the evolution and application of artificial intelligence in Mexico, highlighting both achievements and future challenges. To provide a solid foundation to understand the national context around this emerging technology.

Keywords: AI, IoT, Edge, Agriculture, e-Health.

1. Introducción

La inteligencia artificial (IA) ha emergido como una de las tecnologías más transformadoras del siglo XXI, revolucionando sectores tan diversos que van desde la medicina, hasta la educación, el comercio y la industria entre otros. México, como parte de este entorno global, ha comenzado también a explorar y a implementar diversas aplicaciones de IA en varias áreas, reconociendo su potencial para lograr impulsar el desarrollo

tanto económico como social del país. En este artículo de investigación analizaremos la evolución de la IA, así como su aplicación en México, considerando tanto los avances tecnológicos, como las implicaciones socioeconómicas.

Mediante este artículo de investigación ofrecemos ampliar la visión que se tiene sobre la evolución y la aplicación de la inteligencia artificial en México, destacando tanto los logros como los desafíos futuros. Se incluyen estudios de caso y referencias a políticas públicas proporcionando una base sólida

*Autor para la correspondencia: vibanos@uveg.edu.mx

Correo electrónico: vibanos@uveg.edu.mx (Victor Baños-Gonzalez).

para comprender el contexto nacional en torno a esta tecnología emergente.

1.1. Evolución de la inteligencia artificial

La evolución de la inteligencia artificial en México ha experimentado un crecimiento significativo en los últimos años. Sectores, como la salud, educación, industria y el sector gubernamental, entre otros, están adoptando cada vez más tecnologías de IA para mejorar la eficiencia, precisión y toma de decisiones además de otros beneficios. Muchas empresas mexicanas están utilizando la inteligencia artificial para desarrollar productos más innovadores y mejorar sus procesos internos y externos, llegar a más mercados, etc. Además, en México existen universidades e instituciones de investigación que están trabajando en proyectos relacionados con la inteligencia artificial, lo que también contribuye al avance de esta tecnología en el país.

1.1.1. Orígenes y desarrollo temprano

La IA tiene sus orígenes en la década de 1950 con los trabajos pioneros de científicos como John McCarthy y Alan Turing.

Alan Turing fue un matemático, lógico y criptógrafo británico, reconocido como uno de los padres de la IA. Sus principales contribuciones son: el concepto de la “Máquina de Turing”, un modelo abstracto que formaliza el proceso de computación y la “Prueba de Turing”, el cual es una forma de evaluar si una máquina puede exhibir un comportamiento inteligente distinguible o indistinguiblemente del humano (Turing, A. M., 1950).

John McCarthy fue un aclamado científico informático estadounidense considerado el otro padre de la IA. Pionero en la formalización de la IA como disciplina académica, acuñando el término durante la primera conferencia sobre el tema en Dartmouth en el año 1956, dicha conferencia fue organizada por McCarthy y es considerada el inicio formal del campo de la IA (McCarthy, et al, 1956). Otra de sus contribuciones más relevantes es el lenguaje de programación Lisp, el cual es uno de los lenguajes de programación más antiguos y ampliamente utilizados en IA.

1.1.2. Desarrollo de técnicas y algoritmos

El desarrollo de técnicas y algoritmos en IA ha avanzado significativamente a lo largo de las décadas de 1950 a la actualidad. Durante las décadas de 1960 y 1970, se desarrollaron los primeros algoritmos de IA, mediante métodos de búsqueda y planificación, sistemas de lógica y razonamiento, y redes neuronales artificiales (Minsky, M. L., 1961. Sin embargo, la falta de potencia computacional y de datos limitó su progreso. En las décadas de los 80 y 90, el enfoque se desplazó hacia sistemas expertos y aprendizaje automático, aprovechando el aumento de la capacidad computacional, así como la mayor disponibilidad de grandes conjuntos de datos (Waterman, D. A., 1986), ver Figura 1.

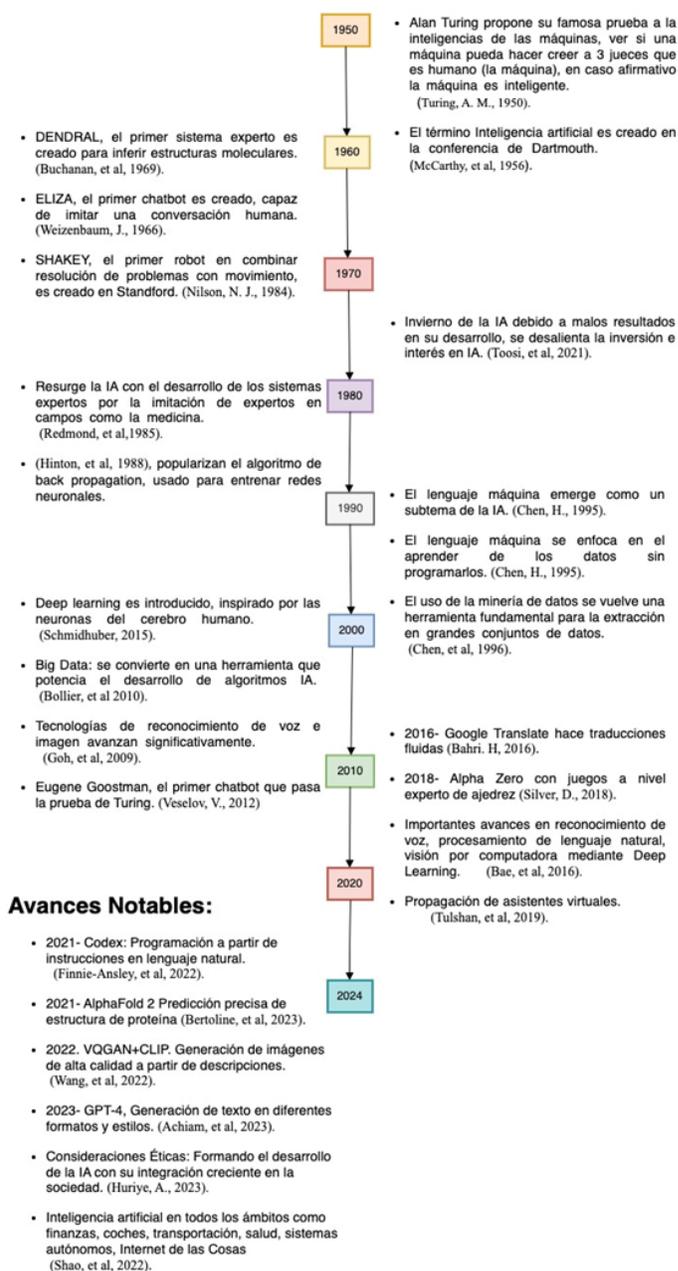


Figura 1: Evolución de la IA.

Los algoritmos de IA pueden clasificarse en varias categorías, entre las que destacan:

1. Algoritmos de búsqueda: Son fundamentales para la resolución de problemas (Caviedes-Olmos, et al, 2022).
2. Algoritmos de aprendizaje supervisado: Estos son utilizados en tareas como clasificación y regresión (Rouhiainen, L. (2018).
3. Algoritmos de aprendizaje no supervisado: Utilizados para agrupar datos y encontrar patrones sin etiquetas (Rouhiainen, L. (2018).

4. Algoritmos de aprendizaje por refuerzo: Estos algoritmos ayudan a un agente a aprender a tomar decisiones secuenciales (Tortosa Zango, D., 2023).
5. Redes neuronales y aprendizaje profundo: El aprendizaje profundo (deep learning) ha revolucionado la IA en la última década. Entre los más destacados se encuentran el Perceptrón, las Redes Neuronales Convolucionales (CNNs), Redes Neuronales Recursivas LSTM (Quirumbay Yagual, et al, 2022).
6. Algoritmos de procesamiento de lenguaje natural (NLP) (Moreira, D., et al, 2021).

procesamiento masivo de datos. Tecnologías como el reconocimiento de voz, la visión por computadora y otros sistemas de reconocimiento han encontrado aplicaciones prácticas en numerosos sectores, que van desde el uso personal como industrial.

A continuación, se encontrarán diversas tablas descriptivas en las que se detallan el tipo de algoritmos y aplicaciones, así como sus usos en los campos de la salud, educación, la industria y la agricultura. Ver Tabla 1, Tabla 2, Tabla 3 y Tabla 4

La IA se utiliza en la detección temprana de enfermedades como cáncer y diabetes, mediante la implementación de programas como DiabetIMSS (You, Y., et al, 2019). OncoCrean (Duque-Molina, et al, 2022), programas implementados en el Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS) entre otros, mediante el diagnóstico por imagen, así como en la personalización de tratamientos médicos. Dichos proyectos están integrando herramientas de IA para mejorar la atención médica y para que más población se vea beneficiada por la misma.

1.1.3. Avances recientes de la IA

El siglo XXI ha sido testigo de avances significativos en la IA, impulsados por el aprendizaje profundo (deep learning) y el

Tabla 1: Principales algoritmos de lenguaje máquina usados en distintas aplicaciones (Mahesh, B, 2020).

Algoritmos / Aplicaciones	Salud	Educación	Industria	Agricultura
Lenguaje Máquina				
Aprendizaje supervisado	Clasificación y regresión	Análisis predictivo y aprendizaje personalizado	Regresión, clasificación, árboles de decisión, bosque aleatorio, máquinas de vectores de soporte (SVM)	Clasificación y regresión
Aprendizaje no supervisado	Agrupamiento y reducción dimensional Aplicado en planeación de tratamientos y medicina personalizada	Agrupamiento y reducción dimensional	Agrupación, reducción dimensional, aprendizaje de reglas de asociación	Agrupamiento y reducción dimensional
Aprendizaje por refuerzo		Aprendizaje gamificado y optimización de la ruta de aprendizaje	Automatización de tareas q-learning, administración de recursos	Automatización de tareas, administración de recursos, desarrollo de controles de pesticidas

Tabla 2: Principales algoritmos de aprendizaje profundo usados en distintas aplicaciones (Mu, et al, 2019).

Algoritmos / Aplicaciones	Salud	Educación	Industria	Agricultura
Aprendizaje profundo				
Redes neuronales convolucionales (CNNs)	Análisis de imágenes y video	Análisis de video e imágenes	Análisis de imágenes y video, mantenimiento preventivo	Detección de enfermedades en cultivos y plantas, identificación de malezas, agricultura de precisión
Redes neuronales recurrentes (RNNs)	Usado en datos secuenciales registros electrónicos de salud	Aplicaciones de procesamiento del lenguaje natural (PLN), traducción de idiomas, reconocimiento de voz, análisis de datos secuenciales	Optimización de procesos pronósticos de series de tiempo	Análisis de datos a través del tiempo, modelado del crecimiento de la cosecha
Redes generativas de confrontación (GANs)	Mejoran las imágenes médicas	Creación de contenidos, transferencia de estilos	Aumento de datos, diseño y prototipado, síntesis de imágenes	Generación de datos sintéticos, mejora de imágenes de baja resolución

Tabla 3: Principales algoritmos de procesamiento de lenguaje natural usados en distintas aplicaciones (Khuraba, et al, 2023).

Algoritmos / Aplicaciones	Salud	Educación	Industria	Agricultura
Procesamiento de lenguaje natural (NLP).				
Minería de texto	Obtención de información de notas clínicas no estructuradas	Calificación automatizada, análisis de textos y resúmenes	Procesamiento de documentos	Calificación automatizada, análisis de textos y resúmenes
Chatbots y asistentes virtuales	Brindar asistencia y responder preguntas clínicas al paciente	Proveer asistencia en tiempo real a los estudiantes	Proveer soporte e información a operadores, personal de mantenimiento y clientes en tiempo real	
Sistemas de soporte de decisiones clínicas	Uso de NLP para analizar el expediente del paciente y literatura de soporte de la decisión			

Tabla 4: Otras técnicas de IA usadas en distintas aplicaciones (El-Komi, et al, 2022).

Algoritmos / Aplicaciones	Salud	Educación	Industria	Agricultura
Otras técnicas de IA				
Visión por computadora	Para registro de imágenes y detección de objetos	Para supervisión y evaluación, con herramientas de aprendizaje interactivo, mejora de contenido educativo con realidad aumentada y realidad virtual	Reconocimiento avanzado de imágenes y reconocimiento de objetos en 3D	Redes neuronales gráficas, optimización de cadena de suministro, predicción de propagación de enfermedades
Robótica	Para asistir cirugías, entrega de medicina	Con robots educativos	Hardware y software para la realización de tareas específicas	
Sistemas expertos	Usados como sistemas basados en conocimientos médicos y planificación de tratamientos			

Otro de los programas del IMSS se llama “mírame a los ojos” (IMSS, 2022) mediante el cual los médicos tienen la posibilidad de brindar mejor servicio y atención a los pacientes, mediante el uso de un software y hardware, que les permite dictar al ordenador las notas médicas sin dejar de escuchar al paciente, o manteniendo el contacto visual con el mismo, mejorando su experiencia en el servicio y atención. Gracias a este programa de dictado los médicos cuentan ahora con la posibilidad de mejorar su atención a la comunidad sorda, ya que pueden dictar su pregunta o comentario al ordenador y mostrarlo al paciente para que este pueda leerlo y responder (IMSS, 2024).

1.2. Educación

En México, la IA se aplica para analizar el rendimiento escolar, personalizar el aprendizaje y optimizar la gestión educativa. Durante los últimos años se ha usado ampliamente como herramienta de apoyo para mejorar el aprendizaje.

Plataformas como CONALEP utilizan tecnologías de IA para mejorar la experiencia educativa (Bosch Rué, et al, 2018).

La inteligencia artificial tiene diversas aplicaciones y usos en el sector educativo en México. Las Tablas 1 a 4 ejemplifican los algoritmos usados en aplicaciones en el ámbito de la educación; la Tabla 1 incluye algoritmos de lenguaje natural, la Tabla 2 se centra en los de aprendizaje profundo, la Tabla 3 detalla los algoritmos basados en procesamiento de lenguaje natural y finalmente la Tabla 4 presenta otros algoritmos frecuentemente empleados en ámbitos como la educación. Algunos ejemplos prácticos reales incluyen:

- Personalización del aprendizaje: Plataformas educativas basadas en inteligencia artificial pueden adaptarse a las necesidades individuales de los estudiantes, ofreciendo contenido personalizado y recomendaciones de estudio. Algunos ejemplos: Duolingo, que permite personalizar tu experiencia y aprendizaje a tu propio ritmo, teniendo incluso aprendizaje de Maya (Duolingo, n.d.). Por otro

lado, jóvenes mexicanos crearon una aplicación para masificar el aprendizaje de las 68 lenguas indígenas que existen en México, antes que la globalización acabe con la herencia de sus antepasados (Miyotl, n.d.).

- **Tutores virtuales:** Sistemas de inteligencia artificial pueden actuar como tutores virtuales, brindando asistencia personalizada a los estudiantes en tiempo real, respondiendo preguntas y ofreciendo explicaciones adicionales.

Entre los tutores virtuales destaca el uso de aplicaciones como Socratic: aplicación que utiliza IA para ayudar a estudiantes a comprender mejor los conceptos académicos. Mediante la captura de fotografías de problemas matemáticos proporciona explicaciones y recursos relacionados a la resolución de los mismos (Socratic, n.d.).

Autores como: Hernández, Arroyo-Figueroa y Sucar han desarrollado y probado un modelo integral el cual incluye afecto en un sistema de aprendizaje inteligente (ITS por sus siglas en inglés) (Hernández, Y, et al, 2015).

Existen también otros modelos en los que presentan un sistema basado en la web con el objetivo de enseñar matemáticas básicas, este sistema basado en web incluye componentes distintos como: redes sociales para la educación, y un sistema de tutorías inteligentes con reconocimiento de emociones (Zatarain-Cabada, R, et al, 2014).

MateLog, por ejemplo, es un sistema de aprendizaje inteligente (ITS) para aprender lógica matemática para estudiantes de universidad y de maestría (Jiménez, S, et al, 2018).

- **Evaluación automatizada:** Herramientas de inteligencia artificial pueden agilizar el proceso de evaluación y retroalimentación de trabajos y exámenes, proporcionando análisis detallados sobre el desempeño de los estudiantes. Como por ejemplo el sistema de Evaluación Automática de Exámenes (EAE), sistema desarrollado por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) en algunas de sus facultades, utiliza IA para evaluar automáticamente exámenes de opción múltiple, reduciendo el tiempo de corrección y proporcionando resultados en tiempo real. Este sistema es utilizado tanto en escuelas como en universidades para mejorar y agilizar el proceso de evaluación (Bustamante, P., 2023).
- **Predicción de desempeño:** Mediante el análisis de datos, la inteligencia artificial puede predecir el rendimiento académico de los estudiantes e identificar posibles áreas de mejora. Herramientas como Cleverideas permiten a los profesores y estudiantes tener acceso a diversas herramientas de aprendizaje mediante una sola interfaz, personalizando la experiencia educativa y facilitando la gestión del aula. Se usa en diversas escuelas en México

para la gestión de plataformas y recursos educativos. (Cleverideas, n.d.).

- **Detección de plagio:** Sistemas de inteligencia artificial pueden detectar de manera eficiente posibles casos de plagio en trabajos académicos, ayudando a mantener la integridad académica (González-González, C. S., 2023).

1.3. *Industria y manufactura*

Cada vez más, las empresas mexicanas están adoptando IA para optimizar sus procesos de producción, utilizándola para el mantenimiento predictivo y la gestión de la cadena de suministro. La industria automotriz mexicana, por ejemplo, emplea la IA para mejorar la eficiencia y la calidad de los procesos de producción, reduciendo los tiempos de manufactura, cuellos de botella y mermas, entre otros. (Laguna, 2024).

En la industria y manufactura en México, la inteligencia artificial se utiliza para mejorar la eficiencia operativa, la calidad del producto y la toma de decisiones. Las Tablas 1 a la Tabla 4 presentan una clasificación de algoritmos utilizados en la industria como los algoritmos de lenguaje natural, aprendizaje profundo, procesamiento de lenguaje natural y otros. Algunos usos y aplicaciones de la inteligencia artificial en este sector incluyen:

- **Mantenimiento predictivo:** Utilizando algoritmos de inteligencia artificial, las empresas pueden predecir cuándo es probable que ocurran fallas en maquinaria o equipos, permitiendo programar mantenimiento preventivo y reducir tiempos de inactividad. Como por ejemplo IBM Maximo, software el cual sirve para gestionar activos empresariales que permite optimizar el mantenimiento preventivo y predictivo, y utilizar inteligencia artificial para analizar datos y prever fallos en los equipos (IBM, n.d).
- **Optimización de la cadena de suministro:** La inteligencia artificial puede analizar grandes volúmenes de datos para optimizar la cadena de suministro, desde la planificación de la producción hasta la gestión de los inventarios, mejorando la eficiencia y reduciendo costos. Aquí se destaca SAP IBP que sirve para la planificación, brindando capacidades para mejorar la visibilidad y la colaboración en la cadena de suministro. Utiliza inteligencia artificial para optimizar la planificación de la demanda, gestión de inventarios y programación de la producción. Esto ayuda a las empresas a responder de manera más efectiva a las fluctuaciones del mercado y a mejorar la eficiencia operativa (SAP, n.d.). Para determinar los factores críticos de éxito que influyen la implementación de los procesos de sistema de planificación de recursos empresariales (ERP por sus siglas en inglés) como sistemas SAP dentro del campo de estudio de compañías mexicanas (García-Sánchez, et al, 2007).

- Control de calidad: Mediante el uso de visión por computadora y algoritmos de aprendizaje automático, las empresas pueden automatizar el proceso de control de calidad, identificando defectos en tiempo real y mejorando la precisión.
- Planificación de la producción: Herramientas de inteligencia artificial pueden ayudar a optimizar la planificación de la producción, considerando factores como la demanda del mercado, la disponibilidad de recursos y las restricciones operativas, entre otros factores. Por ejemplo, Odoos es un software de código abierto que ofrece diversas aplicaciones para la planificación de producción, gestión de inventarios, ventas, finanzas, y más rubros relacionados a la gestión empresarial. Su capacidad para personalizar flujos de trabajo y facilitar la colaboración lo convierte en una opción popular (Odoos, n.d.).
Una investigación del grupo de investigadores en el año 2023 liderado por de la Paz, se centra en la selección de un sistema ERP a través de una metodología denominada Ayuda Sistemática para la Adquisición de ERP (SHERPA) y mediante un análisis multicriterio denominado Evaluación de Producto de Suma Agregada Ponderada (WASPAS), utilizando métodos de entropía y el proceso de jerarquía analítica (AHP por sus siglas en inglés), integrando criterios tanto objetivos como subjetivos para determinar sus pesos. La combinación de estos métodos permite establecer una herramienta de selección sistemática de ERP. A través del análisis realizado en este estudio, seleccionaron Odoos como sistema ERP, en el cual algunos de los factores más influyentes fueron que contempla las necesidades comerciales de la Pymes (de la Paz, et al, 2023).
- Aplicación en tiempo real: Programas como "Sherpa AI" en México se utilizan para optimizar procesos en la industria manufacturera, ofreciendo soluciones inteligentes para la toma de decisiones basadas en datos en tiempo real (Sherpa AI, n. d.).

Un ejemplo de la aplicación de la Inteligencia Artificial en la industria es la optimización de las rutas de entrega. Logrando determinar la ruta más eficiente para una flota de vehículos es un problema que ha desafiado a los ingenieros durante décadas, aquí la IA ha demostrado ser una herramienta invaluable en este contexto, mediante algoritmos de optimización, como el Algoritmo de Colonias de Hormigas, inspirado en el comportamiento de las hormigas para encontrar la ruta más corta, considerando múltiples variables, como la distancia entre puntos, tráfico para encontrar una solución óptima. La IA no solo optimiza rutas de entrega y reparto, también contribuye a la gestión de inventarios, pronósticos de demanda y mantenimiento predictivo. Estos avances reducen costos y mejoran la satisfacción del cliente. Permite también la creación de sistemas

autónomos y la simulación de escenarios antes de implementarlos.

1.4. Agricultura

La IA está revolucionando la industria agrícola en todo el mundo, y por supuesto México no es una excepción. Diversas aplicaciones de IA se están implementando para mejorar la eficiencia, la productividad y la sostenibilidad de la agricultura como, por ejemplo:

- Monitoreo y análisis del cultivo: Sensores y drones: Mediante sensores instalados en los campos y drones equipados con cámaras podemos lograr recopilar datos en tiempo real sobre el estado de los cultivos, el crecimiento de las plantas, la salud del suelo, la presencia de plagas y enfermedades, estrés hídrico, entre otros.
Análisis de imágenes: La IA se utiliza para analizar las imágenes obtenidas por sensores y drones para identificar patrones, detección temprana de problemas potenciales y generar recomendaciones para los agricultores.
Mediante la utilización de programas de IA como CropX, que en alianza con riego (de grupo rototoplas) proporciona recomendaciones basadas en datos en tiempo real sobre la humedad del suelo, el clima y las características del cultivo (CropX, n.d.).
- Gestión del riego: Mediante la implementación de sistemas de riego inteligentes podemos optimizar el uso del agua, adaptando la cantidad de agua para las necesidades específicas de cada cultivo, tomando en cuenta también la época del año, la zona de siembra, la calidad del suelo local, etc. AgroSmart, por ejemplo, es una empresa mexicana que ofrece soluciones tecnológicas para el monitoreo de cultivos y sistemas de riego, usando IA para analizar datos y hacer recomendaciones precisas sobre el riego y el uso de insumos (Inventum, n.d.).
- Predicción de la sequía: La IA juega un papel fundamental en la lucha contra la sequía en México, ya que se puede utilizar para predecir la sequía en tiempo real y ayudar a los agricultores a tomar medidas para proteger sus cultivos. Sistemas, como Irrigation Management System (IMS) el cual ha sido desarrollado por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), integra modelos de inteligencia artificial para el monitoreo y control del riego. Permite a los agricultores ajustar sus prácticas de riego de acuerdo con las condiciones meteorológicas y las necesidades hídricas de sus cultivos (IFIMAP, 2017).

Algunas de sus aplicaciones más prometedoras incluyen:

- Predicción de la sequía: Los modelos de IA pueden analizar datos climáticos e históricos para predecir la probabilidad y la severidad de las sequías futuras, permitiendo tomar medidas preventivas.

- Optimización de la gestión del agua: La IA puede analizar datos de consumo, disponibilidad de agua y otros factores para desarrollar estrategias de gestión más eficientes y sostenibles (Rincón, J. C., 2006).
 - Desarrollo de nuevas tecnologías: La IA puede ayudar a desarrollar nuevas tecnologías para la captación, almacenamiento, tratamiento y reutilización del agua.
 - Control de plagas y enfermedades: Gracias a la IA podemos analizar imágenes de cultivos para detectar plagas y enfermedades en sus primeras etapas, permitiendo a los agricultores tomar medidas de control oportunas y minimizar las pérdidas de producción (Constante, P., et al, 2016).
 - Aplicación precisa de pesticidas: Los robots y drones controlados por IA pueden aplicar pesticidas y herbicidas de manera precisa y eficiente, reduciendo el uso de productos químicos y su impacto ambiental (Zavaleta, G., et al, 2024).
 - Optimización de la cosecha: Mediante aplicaciones de IA podemos predecir el rendimiento de los cultivos, lo que ayuda a los agricultores a planificar la cosecha y la comercialización de manera más efectiva (Sarimehmet, B., et al, 2023).
 - Logística de la cosecha: La IA se utiliza para optimizar las rutas de cosecha y la logística, reduciendo el tiempo y el costo de la cosecha (Solís-Quinteros, et al, 2020).
 - Agricultura de precisión: La agricultura de precisión es un enfoque de gestión agrícola que utiliza datos y tecnología para optimizar la producción y reducir el impacto ambiental. La IA juega un papel fundamental en la agricultura de precisión, ya que permite analizar grandes cantidades de datos y generar recomendaciones precisas para cada campo o incluso para cada planta. Ejemplos de aplicaciones de IA en la agricultura en México:
 1. Rurusi: Aplicación de IA desarrollada por mexicanos que sirve para ayudar a los agricultores a identificar plagas y enfermedades, optimizar el riego y acceder a información de mercado actualizada (Microsoft, 2022).
 2. AgroPrecisión: Es una empresa mexicana que ofrece servicios de agricultura de precisión, incluyendo análisis de imágenes satelitales, monitoreo de cultivos y recomendaciones de fertilización (Red Agrícola, 2024).
 3. John Deere: Es una empresa global que ofrece tractores y muchas otras maquinarias agrícolas, algunas ya equipadas con tecnología de IA para la siembra, el monitoreo de cultivos y la cosecha. Jorge Aldana, Branch Manager México & Central América de John Deere, señaló que el gran reto de la industria consistirá en democratizar la tecnología entre los productores. (Usla H. 2023).
- Beneficios de la IA en la agricultura mexicana (Oliveira, R. C. D., et al, 2023).
- Mayor productividad: La IA ayuda a aumentar la productividad de los cultivos, lo que es fundamental para satisfacer la creciente demanda de alimentos en México.
 - Menor uso de recursos: La IA puede ayudar a reducir el uso de agua, fertilizantes y pesticidas, lo que contribuye a la mayor sostenibilidad de la agricultura mexicana.
 - Mejor calidad de los productos: La IA puede ayudar a mejorar la calidad de los productos agrícolas, reduciendo las pérdidas por plagas, enfermedades, así como también ayuda a combatir las condiciones ambientales adversas.
 - Mayor rentabilidad para los agricultores: La IA puede ayudar a los agricultores a aumentar sus ganancias al mejorar la eficiencia, la productividad y la calidad de sus productos.
- Desafíos para la adopción de la IA en la agricultura mexicana (Vargas-Canales, J. M., 2023).
1. Acceso a la tecnología: El acceso a la tecnología de IA puede ser un desafío para los pequeños agricultores en México, quienes a menudo carecen de los recursos financieros y técnicos necesarios.
 2. Conectividad a internet: La conectividad a internet en las zonas rurales de México puede ser deficiente, lo que dificulta el uso de aplicaciones de IA que requieren acceso a internet.
 3. Falta de capacitación: Existe una necesidad de capacitación para que los agricultores logren comprender y utilizar las tecnologías de IA de manera efectiva.
 4. Preocupaciones éticas: Existen algunas preocupaciones éticas relacionadas con el uso de la IA en la agricultura, como la posible pérdida de empleos y la dependencia de las grandes empresas tecnológicas.
 5. La Figura 2 nos muestra una arquitectura de visión general la cual puede ser aplicada a distintos sectores prioritarios nacionales donde la seguridad y la conformidad de la aplicación junto con el ciclo de retroalimentación y mejora son características fundamentales en el desarrollo de las mismas.
 6. Finalmente son presentados los algoritmos más utilizados en la agricultura como los basados en lenguaje natural

(véase Tabla 1) los centrados en aprendizaje profundo (véase Tabla 2), los enfocados en procesamiento de lenguaje natural (véase Tabla 3) y en la Tabla 4 otros algoritmos frecuentemente empleados en este campo.

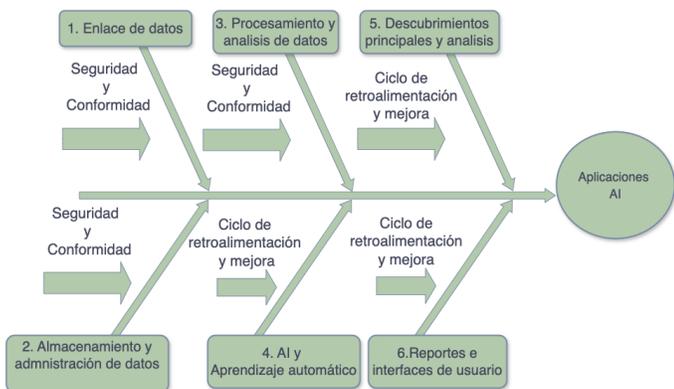


Figura 2: Arquitectura general de aplicaciones IA.

1.5. Iniciativas y políticas públicas

El gobierno de México ha lanzado varias iniciativas para fomentar la investigación y el desarrollo de la IA. En 2018, la Secretaría de Economía, de la mano del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) presentaron la Estrategia Nacional de Inteligencia Artificial (Gobierno de México, 2018), la cual busca promover el desarrollo y la adopción de tecnologías de IA en México. Programas como el Sistema Nacional de Investigadores (SNI) (CONAHCYT, n.d) programas de fortalecimiento de las comunidades de Humanidades, ciencia, tecnología e innovación tanto nacionales como en el extranjero (CONAHCYT, n.d.), programas de consolidación, apoyos complementarios, y repatriaciones y postdoctorados (CONAHCYT, n.d) cuentan con la inteligencia artificial como uno de los referentes comunes en la mayoría de estos programas e iniciativas públicas (CONAHCYT, n.d.).

2. La IA y los pueblos originarios

Por supuesto los pueblos originarios mexicanos no pueden quedarse atrás con la implementación de la IA y las Tecnologías de la Información y Comunicaciones (TIC). Gracias a la implementación de estas tecnologías estas comunidades que viven alejadas tienen la posibilidad de mejorar sus condiciones de vida y la promoción de su autonomía. Ayudando a promover la diversidad e inclusión en todo el ciclo de vida de la IA, para lograrlo se propone que el ciclo de vida de la IA sea consistente con el derecho internacional mediante la inclusión y participación de todos los grupos, basado en el principio de justicia y la no discriminación para minimizar sesgos. (González, UNESCO, 2023).

Algunos de los usos de la IA en los pueblos originarios van desde la agricultura (para conocer el estado meteorológico, como para conocer y analizar el estado de la tierra, de la cosecha, etc. Otro uso de la IA es para realizar bases de datos de usos y

costumbres de grupos indígenas, así como de sus artesanías, símbolos relevantes, para ayudar a preservar, y difundir sus lenguas, entre otros.

Herramientas informáticas como Atlas.ti pueden ser utilizadas para analizar y calcular distancias entre identidades culturales de pueblos indígenas, y mediante mapas auto organizados, los cuales son un tipo de Red Neuronal Artificial que proporciona un aprendizaje no supervisado que permite agrupar características multidimensionales en grupos más pequeños (Atlas.ti, n.d.).

En Oaxaca el 35% de las personas mayores de 5 años hablan alguna lengua indígena, lo cual pone en riesgo de desaparición alguna de las 16 lenguas originarias del estado, por lo que investigadores del Instituto Tecnológico de Oaxaca han desarrollado una aplicación móvil para el aprendizaje de lenguas mixtecas de forma interactiva, ver Figura 3. Dicha aplicación utiliza cómputo visual en un modelo de IA en cámaras de teléfonos móviles que brinda información sobre pronunciación y escritura asociadas a la imagen del objeto capturado, además cuenta con módulos para aprender, recomendaciones turísticas, leyendas traducidas al español o en su lengua original recopiladas por el Instituto Nacional de Lenguas Indígenas (INPI) (González, UNESCO, 2013).

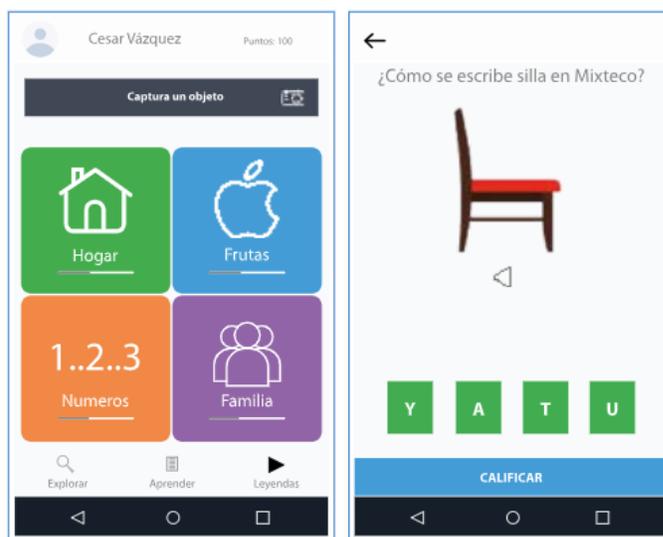


Figura 3: Interfaz de usuario de la aplicación Fuente: Pérez, et. al (2019).

Para facilitar la comunicación entre mexicanos (aunque hablen distintas lenguas) y derribar barreras culturales investigadores del Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas (IIMAS) de la Universidad Autónoma de México (UNAM) generaron sistemas de traducción automáticos entre las 11 familias reconocidas de lenguas originarias en México utilizando aprendizaje profundo, mediante traducción estadística y Traducción Automática basada en Redes Neuronales (NMT por sus siglas en inglés) en un sistema OpenNMT de código abierto, logrando traducir del wixarika, náhuatl, yorem nokki, purépecha y mexicano al español. (González, UNESCO, 2023).

3. Otros usos de la inteligencia artificial

3.1. Detección de fraudes

Gracias a la IA y sus algoritmos complejos empresas como MAPFRE pueden detectar fraude en sus seguros, éstos sirven para analizar grandes cantidades de datos, incluyendo:

- Historial de reclamos: fechas, montos, tipos de reclamos.
- Información del asegurado: edad, sexo, ocupación, historial de crédito.
- Detalles de la póliza: tipo de cobertura, deducibles, límites.

Estos algoritmos pueden identificar tanto patrones como anomalías que podrían indicar un intento de fraude por parte del asegurado. (The Conversation, El economista, 2024).

3.2. Astronomía

Gracias a la IA los científicos pueden analizar datos astronómicos más efectivamente que al realizarlo de manera manual, acelerando el ritmo de los descubrimientos astronómicos, permitiendo lograr realizar nuevos descubrimientos los cuales no serían posibles con métodos tradicionales, como por ejemplo identificar nuevos planetas, exoplanetas o incluso galaxias, estimación de desplazamientos, entre otros.

También podemos decir que gracias a la IA ha mejorado la comprensión del universo mediante el estudio, formación y evolución de las galaxias, así como el estudio de la materia y la energía oscura. (Duarte, Carlos, 2019).

Una de las herramientas más utilizadas en la detección de exoplanetas son las Redes Neuronales Convolucionales (CNNs) al analizar curvas de luz estelares. Estas redes aprenden a identificar los patrones característicos de los tránsitos planetarios, permitiendo detectar exoplanetas de manera automática y precisa (Rodney, 2024), pudiendo encontrar estos casos de uso en estudios que se realizan en la UNAM (IA, UNAM, 2021).

4. Grupos mexicanos de investigación enfocados a la inteligencia artificial

En México la investigación centrada en relación con la IA es mayormente impulsada por instituciones educativas y el Consejo Nacional de Ciencia, Humanidades y Tecnología (CONAHCYT) (CONAHCYT, n.d), así como el Instituto de Investigaciones Aplicadas y de Sistemas (IIMAS) (IIMAS, n.d) y el Centro de Ciencias Matemáticas (CCM) por parte de la UNAM principalmente (CCM UNAM, n.d).

También se realizan investigaciones relacionadas a la IA en el Centro de Investigación y Estudios Avanzados (CINVESTAV) (IPN, n.d), en el Departamento de Ciencias de la Computación en su laboratorio de sistemas inteligentes, por parte del Instituto

Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE) (INAOE, n.d) en el departamento de Inteligencia Artificial. En el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM) se cuenta con el Grupo de Investigación en Inteligencia Artificial y el Centro de Inteligencia Artificial (CAI) (ITESM, n.d).

Por su parte, el Instituto Politécnico Nacional (IPN) integra su investigación en IA en la Escuela de Computación (ESCOM) (IPN, n.d) y el Centro de Investigación en Computación (CIC) (CIC, n.d). La Universidad de Guadalajara (UDG) centra sus estudios de IA en el Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías (CUCEI). Mientras que la Universidad Autónoma de Puebla (BUAP) la IA se concentra en el Laboratorio de Sistemas Robóticos (SIRO) (BUAP, n.d).

Cabe mencionar que la mayoría de los grupos y centros de investigación de IA mexicanos cuentan con activa participación tanto en proyectos nacionales como internacionales, en colaboración cercana tanto con la industria privada como el gobierno para contribuir al avance de la IA en el país.

5. Conclusiones

La inteligencia artificial se encuentra en un momento cumbre donde puede ser un gran impulso para el avance de la humanidad y su desarrollo ha acelerado, teniendo el deber de hacer notar las ventajas tangibles para la población de cualquier sector social, siendo aquí donde temores infundados o no como la pérdida de empleos y de oportunidades para los sectores más vulnerables, donde el motivo principal es impulsar el desarrollo de habilidades especializadas para un fortalecimiento y aprovechamiento en conjunto de todos los sectores del país probando con esto la plusvalía de la inteligencia artificial, la cual representa una oportunidad en México de impulsar el desarrollo económico y mejorar la calidad de vida de los ciudadanos.

En el sector agrícola uno de los sectores fundamentales para el desarrollo sostenible se prevé que el uso de la IA sea fundamental al incorporarse a aplicaciones con drones Big data y comunicaciones terrestres con comunicaciones no terrestres para poder realizar un mejor aprovechamiento de los territorios para producir alimentos y tener un rendimiento óptimo en el consumo de agua requerido para los cultivos.

La medicina es otro sector el cual puede dar el salto requerido desde hace décadas y llegar finalmente a la medicina personalizada donde se hacen estudios y tratamientos dirigidos específicamente a un paciente en particular y de acuerdo a sus condiciones actuales.

La industria 4.0 es un sector que por su propio impulso ya ha adoptado a la inteligencia artificial como una de sus características, donde día a día la implementación y uso de la misma va permeando en los procesos tanto las grandes empresas como de las pequeñas y medianas empresas.

Aunque se han logrado avances significativos en la implementación de tecnologías de IA en sectores clave como la salud, la educación, agricultura, finanzas y la industria 4.0, es de suma importancia abordar los desafíos pendientes nacionales como la inversión en infraestructura tecnológica, la formación de talento y la creación de un marco jurídico regulatorio adecuado

serán determinantes para el éxito presente y futuro de la IA en México.

Referencias

- Achiam, J., Adler, S., Agarwal, S., Ahmad, L., Akkaya, I., Aleman, F. L., ... & McGrew, B. (2023). Gpt-4 technical report. arXiv preprint arXiv:2303.08774.
- Atlas.ti. (n.d.) <https://atlasti.com/es>
- Bae, H. S., Lee, H. J., & Lee, S. G. (2016, June). Voice recognition based on adaptive MFCC and deep learning. In 2016 IEEE 11th Conference on Industrial Electronics and Applications (ICIEA) (pp. 1542-1546). IEEE.
- Bahri, H., & Mahadi, T. S. T. (2016). Google Translate as a supplementary tool for learning Malay: A case study at Universiti Sains Malaysia. *Advances in Language and Literary Studies*, 7(3), 161-167.
- Bertoline, L. M., Lima, A. N., Krieger, J. E., & Teixeira, S. K. (2023). Before and after AlphaFold2: An overview of protein structure prediction. *Frontiers in bioinformatics*, 3, 1120370.
- Bollier, D., & Firestone, C. M. (2010). *The promise and peril of big data* (pp. 1-66). Washington, DC: Aspen Institute, Communications and Society Program.
- Bosch Rué, A., Casas Roma, J., & Lozano Bagén, T. (2018). *Deep learning: principios y fundamentos*. Editorial UOC.
- Buchanan, B., Sutherland, G., & Feigenbaum, E. A. (1969). Heuristic DENDRAL: A program for generating explanatory hypotheses. *Organic Chemistry*, 30.
- Bustamante Patricio. (2023). *Inteligencia Artificial en Evaluación Educativa: Cómo está transformando el aprendizaje*. Aula Simple.ai. <https://aulasimple.ai/blog/inteligencia-artificial-en-evaluacion-educativa-como-esta-transformando-el-aprendizaje/>
- Caviedes-Olmos, M., & Roco-Videla, Á. (2022). Algoritmos de búsqueda e inteligencia artificial, una ayuda imprescindible en el desarrollo de revisiones sistematizadas. *Nutrición Hospitalaria*, 39 (6), 1434-1435.
- Centro de Ciencias Matemáticas, (n.d.), UNAM. <https://www.matmor.unam.mx/>
- Centro de Investigación en Computación, (n.d.) IPN. <https://www.cic.ipn.mx/>
- Centro de Investigación y Estudios Avanzados, (n.d.) <https://www.cinvestav.mx/>
- Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingeniería. (n.d.) UDG. <https://www.cucei.udg.mx/>
- Chen, H. (1995). Machine learning for information retrieval: Neural networks, symbolic learning, and genetic algorithms. *Journal of the American society for Information Science*, 46(3), 194-216.
- Chen, M. S., Han, J., & Yu, P. S. (1996). Data mining: an overview from a database perspective. *IEEE Transactions on Knowledge and data Engineering*, 8(6), 866-883.
- CleverIdeas, (n.d). *Educación* <https://www.cleverideas.com.mx/educacion>
- Cobo Cano, M., & Lloret Iglesias, L. (2023). *Inteligencia artificial y medicina*. Editorial CONAHCYT, (n.d.) <https://conahcyt.mx/>
- CONAHCYT, (n.d.) *Becas Nacionales* https://conahcyt.mx/becas_posgrados/becas-nacionales/
- CONAHCYT, (n.d.) *Convocatorias para la consolidación institucional, repatriaciones y retenciones* <https://conahcyt.mx/convocatorias/convocatorias-para-la-consolidacion-institucional-repatriaciones-y-retenciones/>
- CONAHCYT, (n.d.) *Programas e iniciativas públicas* <https://conahcyt.mx/conahcyt/peciti/>
- CONAHCYT, (n.d.) *Sistema Nacional de Investigadores* <https://conahcyt.mx/sistema-nacional-de-investigadores/>
- Conocimiento, I. D. I. del. (2021). *La Inteligencia Artificial transformará la medicina*. Instituto de Ingeniería del Conocimiento. <https://www.iic.uam.es/lasalud/inteligencia-artificial-transformara-la-medicina/>
- Constante, P., Gordon, A., Chang, O., Pruna, E., Acuna, F., & Escobar, I. (2016). Artificial vision techniques to optimize Strawberry's industrial classification. *IEEE Latin America Transactions*, 14(6), 2576-2581.
- CropX, (n.d.) <https://cropx.com/>
- de la Paz, J. V. B., Rodríguez-Picón, L. A., Pérez-Olguín, I. J. C., & Méndez-González, L. C. (2023). An Approach to Select an Open Source ERP for SMEs Based on Industry 4.0 and Digitization Considering the SHERPA and WASPAS Methods. In *Innovation and Competitiveness in Industry 4.0 Based on Intelligent Systems* (pp. 123-143). Cham: Springer International Publishing.
- Duarte Muñoz, C. (2019). *La inteligencia artificial y astronomía. Hacia el espacio. Una revolución en los cielos al alcance de todos*. <https://hacialespacio.aem.gob.mx/revistadigital/articul.php?interior=1036>
- Duolingo, (n.d), <https://duolingo.com>
- Duque-Molina, C., Borrayo-Sánchez, G., Avilés-Hernández, R., & Herrera-Reyna, P. (2022). Proyecto PRIISMA: transformación hacia un IMSS más preventivo, resiliente, integral, innovador, sostenible, moderno y accesible. *Revista Médica del Instituto Mexicano del Seguro Social*, 60 (Suppl 2), S54.
- El-Komy, A., Shahin, O. R., Abd El-Aziz, R. M., & Taloba, A. I. (2022). Integration of computer vision and natural language processing in multimedia robotics application. *Inf. Sci*, 7(6), 1-12.
- Escuela Superior de Cómputo, (n.d.) IPN. <https://www.escom.ipn.mx/>
- Finnie-Ansley, J., Denny, P., Becker, B. A., Luxton-Reilly, A., & Prather, J. (2022, February). The robots are coming: Exploring the implications of openai codex on introductory programming. In *Proceedings of the 24th Australasian Computing Education Conference* (pp. 10-19).
- García-Sánchez, N., & Pérez-Bernal, L. E. (2007). Determination of critical success factors in implementing an ERP system: A field study in Mexican enterprises. *Information Technology for Development*, 13(3), 293–309. <https://doi.org/10.1002/itdj.20075>
- Gobierno de México, (2018), <https://www.gob.mx/epn/articulos/estrategia-de-inteligencia-artificial-mx-2018>.
- Goh, C., & Leon, K. (2009, June). Robust computer voice recognition using improved MFCC algorithm. In 2009 international conference on new trends in information and service science (pp. 835-840). IEEE.
- González-González, C. S. (2023). *El impacto de la inteligencia artificial en la educación: transformación de la forma de enseñar y de aprender*.
- González Zepeda. L. E, Martínez Pinto C. E. (2023). *Inteligencia artificial centrada en los pueblos indígenas: perspectivas desde América Latina y el Caribe*. Unesco <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000387814>
- Hernández, Y., Arroyo-Figueroa, G., & Sucar, L. E. (2015). A Model of Affect and Learning for Intelligent Tutors. *J. Univers. Comput. Sci.*, 21(7), 912-934).
- Hinton, G., LeCun, Y., Touresky, D., & Sejnowski, T. (1988, June). A theoretical framework for back-propagation. In *Proceedings of the 1988 connectionist models summer school* (Vol. 1, pp. 21-28).
- Huriye, A. Z. (2023). The ethics of artificial intelligence: examining the ethical considerations surrounding the development and use of AI. *American Journal of Technology*, 2(1), 37-44.
- IA UNAM (Octubre 16 2021). *La IA en la astronomía* [Archivo de video] YouTube <https://www.youtube.com/watch?v=NImSen7OC8E>
- IBM (n.d) *Maximo*, <https://www.ibm.com/cloud/maximo>
- IFIMAP (2017). *Technified irrigation, together with strategies to trigger the development of the Mexican countryside, has permitted a new stage of productivity*. <https://www.gob.mx/epn/prensa/technified-irrigation-together-with-strategies-to-trigger-the-development-of-the-mexican-countryside-has-permitted-a-new-stage-of-productivity-epn>
- IIMAS, UNAM, (n.d) <https://www.iimas.unam.mx/>
- IMSS, (2022) <https://www.imss.gob.mx/prensa/archivo/202203/133>
- INAOE, (n.d.) <https://www.inaoe.mx/>
- Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), (2024). *Seguro Social trabaja para ser la gran agencia de tecnología del sector salud: Zoé Robledo* <https://www.imss.gob.mx/prensa/archivo/202407/354>
- Inventum, (n.d), *Agrosmart*. <http://inventum.com.mx/inven/>
- ITESM, (n.d.) *Centro de Inteligencia Artificial*. <https://tec.mx/es/integridad-academica/inteligencia-artificial>
- Jiménez, S., Juárez-Ramírez, R., Castillo, V. H., Licea, G., Ramírez-Noriega, A., & Inzunza, S. (2018). A feedback system to provide affective support to students. *Computer Applications in Engineering Education*, 26(3), 473-483.
- Khurana, D., Koli, A., Khatter, K., & Singh, S. (2023). Natural language processing: state of the art, current trends and challenges. *Multimedia tools and applications*, 82(3), 3713-3744.
- Laguna, Nelson. (2024). *La Revolución de la IA y la Robótica en la Industria Automotriz: Un Futuro de Colaboración, No de Sustitución*. <https://www.linkedin.com/pulse/la-revoluci%C3%B3n-de-ia-y-rob%C3%B3tica-en-industria-un-futuro-nelson-laguna-kmuhe/>

- Mahesh, B. (2020). Machine learning algorithms-a review. *International Journal of Science and Research (IJSR)*. [Internet], 9(1), 381-386.
- McCarthy, J., Minsky, M. A., Rochester, N., & Shannon, C. E. (1956). "A Proposal for the Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence". En **Dartmouth Conference Proceedings**.
- Microsoft News, (2022), Mexicanos crean una solución para ayudar a agricultores con inteligencia artificial. <https://news.microsoft.com/es-xl/mexicanos-crean-una-solucion-para-ayudar-a-agricultores-con-inteligencia-artificial/>
- Minsky, M. L., (1961) Agroprecisión: tecnología y experiencia en la toma de decisiones de la empresa. <https://redagricola.com/agroprecision-tecnologia-experiencia-la-toma-decisiones-empresa/>
- Moreira, D., Cruz, I., González, K., Quirumbay, A., Magallán, C., Guarda, T., & Castillo, C. (2021). Análisis del estado actual de procesamiento de lenguaje natural. *Revista Ibérica de Sistemas y Tecnologías de la Información*, (E42), 126-136.
- Mu, R., & Zeng, X. (2019). A review of deep learning research. *KSI Transactions on Internet and Information Systems (TIIS)*, 13(4), 1738-1764.
- Nilsson, N. J. (Ed.). (1984). *Shakey the robot* (Vol. 323). Menlo Park, California: Sri International
- Oliveira, R. C. D., & Silva, R. D. D. S. E. (2023). Artificial intelligence in agriculture: benefits, challenges, and trends. *Applied Sciences*, 13 (13), 7405.
- Proyecto Miyotl, (n.d.) <https://proyecto-miyotl.web.app/>
- Quirumbay Yagual, D. I., Castillo Yagual, C. A., & Coronel Suárez, I. A. (2022). Una revisión del aprendizaje profundo aplicado a la ciberseguridad. *Revista Científica y Tecnológica UPSE (RCTU)*, 9(1), 57-65.
- Redmond, J. A., & Gleeson, J. F. (1985). Expert systems in computer and electronic systems. *Velika kapaciteta malega mikroracunalnika*, 8, 36.
- Rincón, J. C. (2006). Aplicación de algoritmos genéticos en la optimización del sistema de abastecimiento de agua de Barquisimeto-Cabudare. *Avances en Recursos Hidráulicos*, (14), 25-38.
- Rodney, (2024). El papel de la Inteligencia artificial en la Astronomía moderna. *Leyes del Universo*. <https://leyesdeluniverso.es/el-papel-de-la-inteligencia-artificial-en-la-astronomia-moderna/>
- Rouhiainen, L. (2018). *Inteligencia artificial*. Madrid: Alienta Editorial, 20-21.
- SAP, n.d. *Integrated Business Planning*. <https://www.sap.com/products/integrated-business-planning.html>
- Sarımehmet, B., Pınarbaşı, M., Alakaş, H. M., & Eren, T. (2023). Harvest optimization for sustainable agriculture: The case of tea harvest scheduling. *Artificial Intelligence in Agriculture*, 10, 35-45.
- Schmidhuber, J. (2015). Deep learning. *Scholarpedia*, 10(11), 32832.
- Shao, Z., Yuan, S., Wang, Y., & Xu, J. (2022). Evolutions and trends of artificial intelligence (AI): research, output, influence and competition. *Library Hi Tech*, 40(3), 704-724.
- Sherpa, (n.d.), <https://sherpa.ai/>
- Silver, D., Hubert, T., Schrittwieser, J., Antonoglou, I., Lai, M., Guez, A., & Hassabis, D. (2018). A general reinforcement learning algorithm that masters chess, shogi, and Go through self-play. *Science*, 362(6419), 1140-1144.
- SIRO, (n.d.) BUAP. <https://siro.cs.buap.mx/index.html>
- Socratic, (n.d.) <https://socratic.org/>
- Solís-Quinteros, M.M., Ávila-López, L.A. (2020). Effective Design of Service Supply Chains in México. In: García-Alcaraz, J., Sánchez-Ramírez, C., Avelar-Sosa, L., Alor-Hernández, G. (eds) *Techniques, Tools and Methodologies Applied to Global Supply Chain Ecosystems*. Intelligent Systems Reference Library, vol 166. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-26488-8_11.
- The Conversation, (2024). La inteligencia artificial y la economía. *El Economista*. <https://www.economista.com.mx/arteseideas/La-inteligencia-artificial-y-la-economia-20240308-0107.html>
- Toosi, A., Bottino, A. G., Saboury, B., Siegel, E., & Rahmim, A. (2021). A brief history of AI: how to prevent another winter (a critical review). *PET clinics*, 16 (4), 449-469.
- Tortosa Zango, D. (2023). *Estudio del aprendizaje por refuerzo aplicado a los videojuegos* (Doctoral dissertation Universitat Politècnica de València).
- Turing, A. M. (1950). *Computing Machinery and Intelligence*. *Mind*. Recuperado <https://doi.org/10.1093/mind/LIX.236.433>
- Usla, H. (2023). Inteligencia artificial y drones ‘alimentarán’ a 150 millones de mexicanos para 2050. *El Financiero*. <https://www.elfinanciero.com.mx/economia/2023/05/17/inteligencia-artificial-y-drones-alimentaran-a-150-millones-de-mexicanos-para-2050/>
- Vargas-Canales, J. M. (2023). Technological capabilities for the adoption of new technologies in the agri-food sector of Mexico. *Agriculture*, 13 (6), 1177.
- Veselov, V. (2012). Eugene Goostman. *Princeton AI*. <http://www.princetonai.com/bot/bot.jsp>
- Wang, Z., Liu, W., He, Q., Wu, X., & Yi, Z. (2022). Clip-gen: Language-free training of a text-to-image generator with clip. *arXiv preprint arXiv:2203.00386*
- Waterman, D. A., (1986), *A Guide to Expert Systems*. Addison-Wesley, Reading, MA
- Weizenbaum, J. (1966). ELIZA—a computer program for the study of natural language communication between man and machine. *Communications of the ACM*, 9 (1), 36-45.
- You, Y., Doubova, S. V., Pinto-Masis, D., Pérez-Cuevas, R., Borja-Aburto, V. H., & Hubbard, A. (2019). Application of machine learning methodology to assess the performance of DIABETIMSS program for patients with type 2 diabetes in family medicine clinics in Mexico. *BMC Medical Informatics and Decision Making*, 19, 1-15.
- Zavaleta, G. J. J., Arroyo, M. M., Hernández, J. L. H., & Valverde, J. A. M. (2024). Avances en la Detección de la Mosca Blanca mediante la Aplicación de Técnicas de Inteligencia Artificial: Un Comprensivo Estado del Arte. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8 (2), 3194-3204.
- Zatarain-Cabada, R., Barrón-Estrada, M. L., Alor-Hernández, G., & Reyes-García, C. A. (2014). Emotion recognition in intelligent tutoring systems for android-based mobile devices. In *Human-Inspired Computing and Its Applications: 13th Mexican International Conference on Artificial Intelligence, MICAI 2014, Tuxtla Gutiérrez, Mexico, November 16-22, 2014. Proceedings, Part I* 13 (pp. 494-504). Springer International Publishing.