

Inteligencia artificial y datos masivos en archivos digitales sonoros y audiovisuales

Perla Olivia Rodríguez Reséndiz
Coordinadora



Q335 Inteligencia artificial y datos masivos en archivos digitales
I57 sonoros y audiovisuales / Coordinadora Perla Olivia Rodríguez
Reséndiz. - México: UNAM. Instituto de Investigaciones
Bibliotecológicas y de la Información, 2020.

xviii, 182 p. - (Tecnologías de la información)

ISBN:

Investigación realizada gracias al programa

DGAPA - PAPIIT IT400118.

1. Inteligencia artificial - Procesamiento de datos. 2. Internet
de las cosas. 3. Archivos sonoros. 4. Big data. I. Rodríguez
Reséndiz, Perla Olivia, coordinadora. II. ser.

Diseño de portada: Oscar Fernando Arcos Casañas

Imágenes:

Envato Elements

(<https://elements.envato.com/es-419/>)

Primera edición, 2020

D.R. © UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Ciudad Universitaria, 04510, México D.F.

Impreso y hecho en México

ISBN: En trámite

Publicación dictaminada

El papel de la inteligencia artificial en la Industria 4.0

JUAN HUMBERTO SOSSA AZUELA
Instituto Politécnico Nacional

INTRODUCCIÓN

La Inteligencia Artificial (IA) es, hoy en día, una disciplina con un nivel de madurez muy alto. No se puede poner en tela de duda su potencial, aplicabilidad e impacto en nuestra sociedad. Prácticamente todos en nuestras casas, oficinas de trabajo, negocios, escuelas, etcétera, sin darnos cuenta, utilizamos algún dispositivo “inteligente” que nos hace la vida más fácil, extiende nuestras capacidades, nos libera de actividades engorrosas, nos da seguridad. En resumen, nos brinda una mejor calidad de vida.

Los avances logrados hasta el momento, en esta área del conocimiento, permiten que un gran número de personas, hogares y empresas, cuenten con sistemas capaces de auxiliarlos en la toma de decisiones atinadas, y en situaciones que antes hubiera sido muy difícil, incluso imposible de lograr. Entre otros, podemos referirnos a los sistemas aconsejadores, los llamados chatbots, etcétera. En ambos casos, se trata de un tipo particular de robot de servicio, no necesariamente electromecánico, que permite seleccionar, por ejemplo, el mejor lugar para comer, la película a ver en la siguiente semana, el próximo libro a comprar; todo esto de acuerdo con los gustos personales, o simplemente completar un trámite en alguna entidad del gobierno.

En el caso particular de los robots asistenciales, se trata de máquinas con capacidades especiales para poder interactuar con los seres

humanos, atender algunas de sus necesidades y, por ejemplo, auxiliar a una persona con una incapacidad, en su alimentación, baño, etcétera.

En las fábricas, los robots inteligentes cooperantes (*cobots*), auxilian a los seres humanos en la realización de las tareas difíciles con menor riesgo y con una eficiencia y eficacia que no sería posible lograr con únicamente grupos de personas.

En materia de vigilancia y seguridad, grupos de robots, aéreos, submarinos y terrestres, ya monitorean los accesos, las acciones y actividades que pudieran ocurrir en espacios cerrados y abiertos. Un uso inmediato de los robots inteligentes voladores podría ser para rastrear el robo de combustible.

La IA, en muchos países es un campo de investigación y aplicación con bastante avance: China y Estados Unidos, por ejemplo. Esta tecnología coadyuva al desarrollo sustentable de estos países. Constituye un espacio de grandes oportunidades para el desarrollo científico, pero sobre todo tecnológico e innovador, para la apertura de nuevos mercados y de nuevos negocios.

La IA ha transitado por diferentes concepciones e intereses. En sus primeros años (la década de los cincuenta), la investigación en IA pretendía reproducir procesos de inteligencia humana para dar soluciones a problemas formulados en ambientes controlados, por ejemplo, en prueba de teoremas y la solución de juegos estratégicos con reglas previamente definidas.

En los últimos años la IA se ha expandido y diversificado hasta ser considerada como una rama de las ciencias orientada a la creación de máquinas inteligentes, con habilidades para aprender, adaptarse y actuar con autonomía. Además, el nivel de madurez en IA le confiere ya la calidad de una ingeniería, igual como sucedió, en su momento, con la Electrónica, que al principio era un campo de investigación de los físicos. Con el devenir del tiempo se transformó en una ingeniería, lo que coadyuvó en la creación de carreras tan solicitadas y útiles como la de Ingeniero en Electrónica e Ingeniero en Comunicaciones y Electrónica.

Los problemas que actualmente la IA aborda están relacionados con el manejo de grandes volúmenes de datos para derivar información útil que permita la generación automática de algoritmos y, con ello, la

solución de problemas complejos asociados al razonamiento, la percepción, la planeación, el aprendizaje y la habilidad de manipular objetos.

La IA se ha convertido en un campo multidisciplinario, con un amplio potencial para generar beneficios para la sociedad. Se requiere articular grupos de investigación interdisciplinaria que reúnan a investigadores, técnicos académicos y estudiantes, capaces de desarrollar fundamentos y metodologías orientadas a la modelación de fenómenos y a la resolución de problemas sociales, en campos tan vastos como la medicina, la seguridad, la movilidad y el transporte, la previsión y la gestión de desastres naturales y la formación de capital humano, para beneficio de todos los sectores, público, social y privado.

En lo general, las acciones encaminadas a potenciar el desarrollo y uso de la IA se llevan a cabo de manera individualizada, descoordinada y desarticulada. Se cuenta con pocos programas de licenciatura y de posgrado especializados en IA, aún así, estos planes de estudio permitirían formar los recursos humanos altamente capacitados que el mercado laboral requiere actualmente. Existe pocos consorcios o clústeres que aglutinen, coordinen y, por tanto, potencialicen, los esfuerzos individuales logrados hasta el momento.

Los avances alcanzados hasta ahora, apuntan en varias direcciones, muchas veces opuestas, porque si bien, los resultados obtenidos son buenos, no tienen el impacto social y económico deseado. Es necesario poner en operación más programas de licenciatura, posgrado, redes y consorcios, que potencien la asimilación y el uso de esta tecnología. En nuestro país, acciones de este tipo, permitirían identificar y localizar a los grupos que llevan a cabo labores en este campo, y a partir de ahí, organizarlos para definir nichos de oportunidad y coordinar eventos relacionados, a fin de atraer fondos y, lo más importante, proponer soluciones adecuadas a quienes lo demanden.

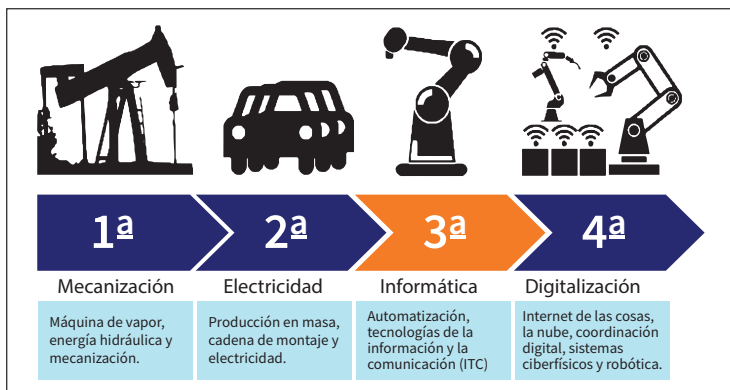
Para resolver los problemas complejos de los sectores de la sociedad es necesario transitar de, llevar a cabo investigaciones aisladas realizadas por investigadores con acceso a infraestructura limitada con pertinencia regional pero poco impacto nacional, a grupos con altos desempeños y masas críticas, de pertinencia regional e impacto nacional, y cuyos investigadores tengan acceso a infraestructura y redes de clase mundial.

En este capítulo, después de hacer mención de varios temas, como el estado del arte relativo a la IA, algunas definiciones del término, los tipos de IA en estudio actualmente, los enfoques para la construcción de máquinas inteligentes, los momentos clave y un breve recuento histórico de este fulgurante tema de investigación, se muestran las potenciales aplicaciones de esta tecnología, además de explicar cómo está siendo usada en el mundo y en nuestro país. También se enlistan algunos ejemplos ilustrativos y se abordan los retos para su implementación, así como, algunas consideraciones para las empresas y la ética en su uso. Después, se habla un poco del porqué, hoy por hoy, es el tiempo de la IA y de los países líderes en su desarrollo y uso. Antes de terminar se presenta un conjunto de datos útiles y una reflexión. Finalmente, se formulan las conclusiones.

ESTADO DEL ARTE

La IA, actualmente, es una tecnología que está influyendo fuertemente en los puestos de trabajo de prácticamente todas las industrias. Durante siglos se ha visto a la automatización como algo maligno que amenaza nuestros empleos y altera el statu quo. Esto ha sido notorio, particularmente, durante la primera, segunda y tercera revoluciones industriales (Figura 1).

Figura 1. Etapas o revoluciones por las cuales ha avanzado el proceso de la automatización.



La introducción de la automatización en todas estas revoluciones ha impulsado a los trabajadores a aprender nuevas habilidades, para adaptarse a las nuevas circunstancias. La automatización sigue creciendo y generando beneficios para las empresas en todo el mundo. Esto, hoy, se hace patente en la llamada Revolución 4.0 o Industria 4.0, donde de manera natural se conjuntan las tecnologías: 1) Internet de las cosas (IoT) y sistemas ciberfísicos, 2) grandes datos, minería de datos y analítica de datos, 3) simulación y fabricación aditiva (impresión 3D), 4) sistemas de integración horizontal y vertical, 5) ciberseguridad, 6) realidad virtual y la realidad aumentada, 7) cómputo en la nube y 8) robótica autónoma y colaborativa (*cobots*).

Sin duda, la automatización cambiará el lugar de trabajo de muchas maneras. Hará obsoletos algunos trabajos, hará que aparezcan otros. Para obtener un trabajo de tecnología, un aspirante debe desarrollar un nivel sofisticado de habilidades en temas difíciles.

En esta nueva revolución industrial surge un nuevo actor: la inteligencia artificial (IA). Ésta puede ayudar mucho, entre otras cosas, facilitar el proceso de aprendizaje y simplificar tareas computacionales al quitar parte de la carga a su homólogo humano.

La IA es, sin duda, una de las tendencias definitorias de nuestros días. En los últimos 10 años, diversos tipos de máquinas (programas y robots) han sido entrenadas para resolver problemas cada vez más complejos. Hoy, las máquinas son capaces de llevar a cabo tareas solo atribuibles, en otros tiempos, al ser humano, por ejemplo, en la identificación de personas en medio de la multitud [Co kun, 2017; Syafeeza, 2014; Wang, 2020], el guiado autónomo de autos [Davis, 2018; Gadam, 2018] y el intervenir en juegos complejos como el ajedrez, el Go, el Shogi [Ross, 2018], el póker [Brown, 2017]. StarCraft II [Jones, 2019], entre otros. Estos ejemplos bastan para demostrar que algunas veces las máquinas hacen mejor las cosas que nosotros los seres humanos.

Las máquinas pensantes no son nuevas por supuesto, datan de hace más de 75 años. Entre los programas más antiguos se encuentran el juego de damas, diseñado por Christopher Strachey [Galvan, 2019], y el de ajedrez, de Dietrich Prinz [Jodra, 2015]. Ambos, desarrollados en la computadora Ferranti Mark 1 de la Universidad de Manchester en 1951.

Actualmente son enunciadas de manera continua las siguientes preguntas: ¿sistemas basados en IA nos desplazarán de nuestros trabajos?, ¿sistemas basados en IA nos sobrepasarán en actividades recreativas como los juegos y en otras creativas que por muchos años han dado significado a nuestras vidas? Como ejemplo, está la referencia del pintor basado en IA que inventa nuevos estilos de arte [Marti, 2017].

Figuras públicas como Stephen Hawking y Elon Musk, en su momento, fueron muy lejos al dejar ver al mundo un posible IA apocalíptico, donde máquinas súper inteligentes pudieran pisotearnos siguiendo sus insondables metas [Musk, 2017].

¿QUÉ ES LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL?

Antes de definir el término inteligencia artificial, se debe primero hablar acerca de lo qué es la inteligencia natural o simplemente la inteligencia, término vago, cuya definición ha dependido del individuo involucrado en un determinado momento, incluso, de las circunstancias.

Platón, por ejemplo, decía que la inteligencia es la actividad que permite adquirir ciencia, lo cual, por supuesto, es muy restrictivo. Él propuso dos tipos de inteligencia, mientras que Howard Gardner hace referencia de nueve [Garner, 2018], y la psicología de doce [Muenste, 2020]. Se puede decir que la inteligencia es una capacidad mental muy general que implica: 1) habilidad para razonar, 2) planificar, 3) resolver problemas, 4) pensar de forma abstracta, 5) comprender ideas complejas, 6) aprender con rapidez, y 7) aprender de la experiencia. No supone el mero aprendizaje de un texto, una habilidad académica específica, o resolver un test de forma habilidosa. Refleja una capacidad amplia y profunda para comprender el entorno y ser capaz de capturar el significado de las cosas y darles un sentido, o ingenárselas, para en un momento dado, saber qué hacer.

Con base en lo anterior, la inteligencia artificial pudiera ser definida como la ciencia e ingeniería de las máquinas que actúan de manera inteligente. En este sentido, una máquina es inteligente cuando es capaz de tomar decisiones apropiadas en circunstancias inciertas.

Otra manera de ver lo mismo, es cuando una máquina –que se dice ser inteligente– es capaz de aprender a mejorar su comportamiento con base en sus experiencias.

TIPOS DE IA

De acuerdo con estudios como los referenciados [Bostrom, 2016; Godoy, 2020; López 2019, Perez, 2019], se pueden identificar cinco tipos de IA:

Inteligencia General (IG) o Inteligencia Fuerte. Llamada también Inteligencia Artificial General (IAG) (comparada con la inteligencia humana), N. Bostrom. Consiste en enseñarle a la máquina a aprender, a razonar y a planificar. No cubre todo el campo de la inteligencia, faltaría agregar a la máquina una mente, así como una conciencia, lo que implicaría estar consciente y dotarla de un carácter propio, lo cual no es fácil de simular. Una posible solución para resolver este problema sería hacer ingeniería inversa del cerebro. Muchos piensan que un 90% de una inteligencia comparable con la inteligencia humana (inteligencia artificial con nivel humano, IANH) podría alcanzarse durante este siglo, aproximadamente en el año 2075.

Súper Inteligencia Artificial (SIA). Un paso más allá es la llamada súper inteligencia artificial, que podría lograrse relativamente rápido, una vez que la IAG haya sido alcanzada, supuestamente porque los mayores obstáculos han sido sobrellevados.

Inteligencia Artificial Débil (IAD) o aplicada. Se limita a afrontar tareas específicas, enfocadas a ayudar al ser humano. No intenta simular el rango completo de las habilidades cognitivas humanas. Este es el tipo de IA que actualmente se está desarrollando en los ámbitos académico y empresarial.

Después de la IAG y la SIA se encuentran otros dos tipos de inteligencia: **La Súper Inteligencia-Súper Consciente IA (SI-SC-IA)**, y aquella proveniente de los seres de nuestra imaginación.

ENFOQUES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE MÁQUINAS INTELIGENTES

En la construcción de máquinas inteligentes se habla de dos enfoques: el de arriba hacia abajo, y el de abajo hacia arriba.

En el marco del enfoque de arriba hacia abajo (también llamado formal), el diseño de una máquina inteligente involucra la solución de los siguientes dos problemas: 1) el del Reconocimiento de Patrones (RP), y 2) el del Sentido Común (SC). Si, por ejemplo, se quiere diseñar y poner en operación un robot que sirva como mesero en un restaurante, éste deberá ser capaz de reconocer patrones, por ejemplo, palabras, objetos, personas, etcétera.

El segundo problema, el del sentido común, es todavía más fundamental. Una persona, por ejemplo, sabe lo siguiente: 1) el agua está mojada, 2) las madres son más viejas que las hijas, 3) a los animales no les gusta el dolor, 4) uno no regresa después de la muerte, y 5) el tiempo no va hacia atrás. Pero, ¿no hay todavía matemáticas que expresen estos hechos!

Sabemos que cualquier niño aprende de su realidad. Las máquinas apenas empiezan a experimentar esto. En general hacen lo que se les ha programado de antemano. Ha habido proyectos para poner en operación un sistema que tome en cuenta todas las leyes del sentido común. Fue el proyecto CYC, que inició en 1984 por Douglas Lenat, de la empresa Cycorp. El proyecto CYC fue el equivalente al proyecto Manhattan. El objetivo del proyecto CYC era alcanzar el momento en el cual una máquina, por sí misma, fuera capaz de digerir más información al leer revistas y libros. Se predijo que en 10 años CYC sería capaz de alcanzar un 50% de conciencia. Hoy se sabe que CYC estuvo muy lejos pese al gran número de líneas de código escritas. La última versión de CYC abarca unos 47,000 conceptos y 506,000 hechos. El intentar producir un programa que incluya las leyes del sentido común es aparentemente inalcanzable, ya que hay demasiadas leyes. Es bien sabido que los seres humanos lo hacemos sin esfuerzo [Cope-land, Lenat, 1990].

Para los robots es muy difícil decir cuando una puerta está abierta y cuando lo está una ventana. Esto no impide, sin embargo, que haya grandes proyectos en esta dirección, por ejemplo, el auto autónomo.

En resumen, el enfoque de arriba hacia abajo presenta muchas limitaciones para la construcción de robots. Con base en ello, surge el llamado enfoque de abajo hacia arriba, cuyos seguidores tratan de imitar la manera en la que los bebés aprenden.

Uno de los promotores más reconocidos del enfoque (abajo-arriba) es el profesor Rodney Brooks del MIT [Brooks, 1989]. En lugar de usar programas de cómputo elaborados para calcular las posiciones precisas, los “insectoides” de Brooks, se valen de prueba y error para coordinar los movimientos de sus patas con mucho menos poder de cómputo. Genghis, por ejemplo, es capaz de navegar sin la ayuda de un sistema de cómputo centralizado. Varios de los diseños del Dr. Brooks son usados por los robots de la NASA para recolectar y analizar materiales en el planeta rojo. Otro proyecto de Brooks es COG, a través del cual intenta crear un robot con la inteligencia de un niño de seis años. A COG no se le programó ninguna inteligencia. Usa sus ojos para enfocar a un humano que le enseña con ejemplos.

Uno de los ingredientes que, muchos piensan, debiera incluir una máquina son las emociones. De hecho, muchos científicos consideran que una máquina requiere experimentar emociones para que sea eficiente.

Ejemplos de emociones que una máquina pudiera experimentar: querer algo, celos, vergüenza, remordimiento y soledad. Es muy probable que los robots avanzados vengán equipados con emociones. Incluso, hay quienes piensan que el sentir podría ser un puente crucial entre la inteligencia y la conciencia.

Uno puede preguntarse por qué las emociones son importantes. Sabemos que en el caso de los seres humanos, las emociones guían la toma de decisiones. Las máquinas del futuro, muy probablemente necesitarán de emociones para fijarse metas y así tomar decisiones, de otra forma, quedarían paralizadas ante un mar de posibilidades.

MOMENTOS CLAVE QUE HAN DADO FORMA A LA IA

Históricamente, la IA ha pasado por muchos momentos importantes que le han ido dando la forma que ahora tiene. Los siguientes ocho son los más importantes [Simonite, 2018]:

1. 1956. El proyecto de investigación de Dartmouth en Inteligencia Artificial, que tuvo lugar en el verano, y donde se acuñó el nombre de un nuevo campo relacionado con el quehacer de *software* habilidoso, como los humanos.
2. 1965. Joseph Weisenbaum, en el MIT, crea Eliza, el primer chatbot útil como psicoterapeuta.
3. 1975. En Stanford se desarrolla META-DENDRAL, *software* útil para interpretar análisis químicos, el cual es publicado en una revista.
4. 1987. Por primera vez una Van Mercedes, equipada con dos cámaras y varias computadoras, navega sola en terreno alemán, unos 20 km a más de 55 mph, proyecto dirigido por el ingeniero Ernst Dickmanns.
5. 1997. La computadora Deep Blue desarrollada por IBM derrota al campeón mundial de ajedrez, Garry Kasparov.
6. 2004. El Pentágono establece el proyecto DARPA Grand Challenge, una carrera para autos autónomos que da pie a esta industria.
7. 2012. Los investigadores encuentran un nicho en lo que se conoce como aprendizaje profundo, lo que abre un interés muy fuerte en IA y muestra que sus ideas pueden hacer más preciso el reconocimiento del habla y de las imágenes.
8. 2014. AlphaGo, creado por Google y DeepMind, derrota al campeón del mundo del entonces muy difícil juego del Go.

BREVE HISTORIA DE LA IA

Un recuento histórico de la IA, con los hechos más relevantes [NAT-GEO, 2019]:

- 384-322 a. C.: Las ideas más básicas se remontan a Aristóteles (384-322 a. C.). Fue el primero en describir un conjunto de reglas que describen una parte del funcionamiento de la mente para obtener conclusiones racionales.
- 250 a. C.: Ctesibio de Alejandría (250 a. C.) construye la primera máquina auto-controlada a través de un regulador del flujo de agua (racional, pero sin razonamiento).

- 1315: Ramon Llull en su libro *Ars magna generalis et ultima* tiene la idea de que el razonamiento podía ser efectuado de manera artificial.
- 1936: Alan Turing diseña formalmente la Máquina Universal que demuestra la viabilidad de un dispositivo físico para implementar cualquier cómputo formalmente definido.
- 1943: Warren McCulloch y Walter Pitts presentan su modelo de neurona artificial.
- 1955: Herbert Simon, Allen Newell y J. C. Shaw, desarrollan el primer lenguaje de programación orientado a la resolución de problemas, el IPL-11. Un año más tarde desarrollan el Logic Theorist, el cual era capaz de demostrar teoremas matemáticos.
- 1956: Se inventa el término Inteligencia Artificial por John McCarthy, Marvin Minsky y Claude Shannon en la Conferencia de Dartmouth.
- 1957: Newell y Simon continúan su trabajo con el desarrollo del General Problem Solver (GPS). GPS era un sistema orientado a la resolución de problemas.
- 1958: John McCarthy desarrolla en el Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT) LISP. Su nombre se deriva de LISt Processor. LISP fue el primer lenguaje para procesamiento simbólico.
- 1959: Rosenblatt introduce el Perceptron.
- 1959-1961: Robert K. Lindsay desarrolla Sad Sam, un programa para la lectura de oraciones en inglés y la inferencia de conclusiones a partir de su interpretación.
- 1963: Quillian desarrolla las redes semánticas como modelo de representación del conocimiento.
- 1964: Bertrand Raphael construye el sistema SIR (Semantic Information Retrieval) el cual era capaz de inferir conocimiento basado en información que se le suministra. En este mismo año, Daniel Bobrow desarrolla el programa STUDENT.
- 1965: Aparecen los sistemas expertos, que predicen la probabilidad de una solución bajo un conjunto de condiciones.
- 1968-1970: Terry Winograd desarrolla el sistema SHRDLU, que permitía interrogar y dar órdenes a un robot que se movía dentro de un mundo de bloques.

- 1968: Marvin Minsky publica *Semantic Information Processing*.
- 1968: Seymour Papert, Danny Bobrow y Wally Feurzeig desarrollan el lenguaje de programación LOGO.
- 1969: Alan Kay desarrolla el lenguaje Smalltalk en Xerox PARC; se publica en 1980.
- 1973: Alain Colmenauer y su equipo de investigación en la Universidad de Aix-Marseille crean PROLOG (del francés PROgrammation en LOGique) un lenguaje de programación ampliamente utilizado en IA.
- 1973: Shank y Abelson desarrollan los guiones, o scripts, pilares de muchas técnicas actuales en inteligencia artificial y la informática en general.
- 1974: Edward Shortliffe escribe su tesis con MYCIN, uno de los sistemas expertos más conocidos, que asistió a médicos en el diagnóstico y tratamiento de infecciones en la sangre.
- 1970-1980: crece el uso de sistemas expertos.
- 1981: Kazuhiro Fuchi anuncia el proyecto japonés de la quinta generación de computadoras.
- 1986: McClelland y Rumelhart publican *Parallel Distributed Processing* (redes neuronales).
- 1988: Se establecen los lenguajes de programación orientados a objetos.
- 1997: Gari Kaspárov, campeón mundial de ajedrez, pierde ante la computadora autónoma Deep Blue.
- 2006: se celebra el aniversario de la Conferencia de Dartmouth, con el congreso en español, 50 Años de Inteligencia Artificial - Campus Multidisciplinar en Percepción e Inteligencia 2006.
- 2009: se desarrollan sistemas inteligentes terapéuticos que permiten detectar emociones para poder interactuar con niños autistas.
- 2011: IBM desarrolla una supercomputadora llamada Watson, la cual gana una ronda de tres juegos seguidos de Jeopardy, y vence a sus dos máximos campeones.
- 2016: Un programa informático gana cinco a cero, al triple campeón de Europa de Go.

- 2018: Se lanza el primer televisor con inteligencia artificial por parte de LG Electronics, con una plataforma denominada ThinQ.

APLICACIONES COMERCIALES DE LA IA Y LA CD

La IA ha sido usada en un amplio número de campos como la robótica, la comprensión y traducción de lenguajes, aprendizaje de palabras, etc. Los principales y más destacados campos donde puede encontrarse una notoria evolución de la IA son en las Ciencias de la Computación, finanzas, hospitales y medicina, industria pesada, servicio de atención al cliente, transportación y juegos. Un estudio llevado a cabo por la empresa Gartner en 2016 muestra que para el 2020, al menos 30% de las todas las compañías usarán IA y CD (Ciencia de Datos), en al menos un fragmento de sus procesos de venta. Algunas áreas de oportunidad de la IA y la CD:

Asistentes personales.	Automóviles autónomos.	Banca y finanzas.
Edificios inteligentes.	Chatbots.	Ciberseguridad.
Comercio electrónico (e-commerce).	Cuidado de la salud.	Diseño de ropa, estilos de zapatos, etcétera.
Electrodomésticos.	Entretenimiento.	Logística y cadenas de suministro.
Manufactura optimizada.	Servicio al cliente en línea.	Sistemas de recomendación.
Telefonía celular.	Turismo.	

EJEMPLOS DE APLICACIÓN DE LA IA EN EL MUNDO

Los siguientes son ejemplos específicos de la aplicación de la IA en nuestro mundo:

1. **Desplazamiento.** De acuerdo a un estudio en 2015 por parte del Instituto de Transporte de Texas y la Universidad de Texas A&M, los tiempos de desplazamiento en EU han aumentado

- drásticamente, año con año. Esto ocasionó una pérdida estimada de unos 160 billones en la productividad en 2014. Los sistemas de predicción basados en GPS, los sistemas de transporte compartido y los sistemas de autopiloto en los aviones ayudan a aminorar el problema un poco. Soluciones futuras: 1) autos autónomos, 2) transporte compartido optimizado, y 3) sistemas de semáforos inteligentes, relacionados con la IOT.
2. **Correo electrónico.** Pareciera que nuestro “inbox de correo” es lugar no apto para la IA, sin embargo, lo es. Los filtros de spam, los clasificadores inteligentes de correos son solo dos ejemplos de los muchos motores inteligentes que pueden ser usados para el manejo optimizado de nuestro correo electrónico. Soluciones futuras: los respondedores automatizados de correo.
 3. **Banca y finanzas personales.** Hoy por hoy, muchas de nuestras transacciones bancarias se llevan a cabo a través de motores basados en IA: 1) depósito de cheques móviles, 2) prevención de fraudes, y 3) otorgamiento de créditos. Soluciones futuras: sistemas aconsejadores inteligentes para recomendar dónde y cuándo invertir nuestro dinero.
 4. **Redes sociales.** En este caso se reportan ejemplos de sistemas: 1) reciben fotos, las analizan y si encuentran personas hacen recomendaciones de etiquetado; 2) reciben como entrada fotografías, las analizan reconociendo los objetos ahí presentes y hacen recomendaciones de objetos similares; 3) son capaces de identificar significado contextual de emojis y pueden, entonces, sugerir en forma automática emojis de respuesta; y 4) son capaces de seguir movimientos faciales y adicionar efectos animados o máscaras digitales cuando dichos rostros se mueven, estos sistemas son usados por doquier en el mundo. Soluciones futuras: conversación con chatbots inteligentes. Estos chatbots deberán incorporar poderosos: procesadores de lenguaje natural, reconocedores de rostros, analizadores de expresiones faciales, etcétera.
 5. **Compras en línea.** Muchas de las compras que uno hace hoy por hoy son a través de internet. Incluye buscadores, recomendadores, detectores de fraudes, etcétera. Soluciones futuras: sistemas de compra completamente personalizados.

6. **Telefonía móvil.** Prácticamente tres de cada cuatro personas en el mundo usan teléfono celular. Muchos de estos móviles actuales incluyen convertidores de voz a texto, asistentes personales inteligentes, capaces de sostener conversaciones sencillas. Ejemplo, Cortana de Microsoft. Soluciones futuras: asistentes personalizados inteligentes que reduzcan la brecha entre el ser humano y las cosas inteligentes. Deberán ser capaces de responder eficiente y eficazmente a comandos verbales para tocar música, responder preguntas en lenguaje natural, enviar reportes, noticias, actualizaciones financieras, llamar al taxi, hacer citas y recordatorios, entre otros.

ÚLTIMAS NOTICIAS SOBRE EL USO DE LA IA EN LA SOLUCIÓN DE PROBLEMAS DE ACTUALIDAD

Las siguientes son algunas de las últimas noticias, entre el 6 de diciembre de 2018 y el 4 de marzo de 2019, del uso de la IA en la solución de diversos problemas a nivel mundial:

1. El Chef que es capaz de preparar hamburguesas gourmet cada 30 segundos [Hambling, 2018].
2. Sistemas basados en IA para predecir erupciones volcánicas [Voosen, 2018].
3. Auto capaz de repartir mercancías [Metz, 2018].
4. El robot repartidor de Amazon [BBC, 2018].
5. Algoritmo capaz de romper texto tipo Captcha [Xinhua, 2018b].
6. Toyota quiere posicionar un robot amigable en cada hogar [Buckland, 2018].
7. Los algoritmos que son capaces de aprender y ganar a los campeones o profesionales en juegos complejos como el ajedrez, el Go, el Shogi, el póker, etcétera [Strogatz, 2018].
8. Los robots capaces de tomar decisiones por sí mismos en ambientes agrestes y desconocidos [Archer, 2019].
9. Los robots repartidores de helados en entornos semicontrolados [Mims, 2019].

10. Los robots que son capaces de aprender por sí mismos a caminar [Simos, 2019].
11. Los robots que realizan tareas antes atribuibles sólo a los humanos en supermercados y restaurantes [O'Brien, 2019].
12. Las prótesis inteligentes que ayudan a las personas con amputaciones a caminar [Hsu, 2019].
13. Los algoritmos que encuentran vulnerabilidades en programas de cómputo y las resuelven [Brumley, 2019].
14. Los *software* que son capaces de escribir noticias falsas y, a la vez, detectarlas [Kahn, 2019; Wiesemann, 2019].
15. Los que son capaces de hacer las funciones de un reportero [Peiser, 2019].
16. Algoritmos capaces de extraer conceptos a partir de dibujos básicos [Hutson, 2019a_].
17. Las máquinas que pueden diagnosticar casos de demencia [Blanchard, 2019].
18. Los robots que pueden cuidar a niños en hospitales [Dingfelder, 2019].
19. Los asistentes que pueden estacionar un auto y, a la vez, optimizar el lugar de estacionamiento [Choi, 2019].
20. Los que inventan lenguajes no verbales para ganar a las cartas [Hutson, 2019b_].
21. Los sistemas asistenciales que ayudan a reducir las fatalidades relacionadas con los peatones [Eisenstein, 2019].
22. Los robots de Fedex que pronto repartirán pizzas [Shaban, 2019].
23. El sistema basado en DeepMind usado para predecir la potencia de salida del viento [Frangour, 2019].
24. En la conservación de especies [Knok, 2019].

CÓMO SE ESTÁN ADOPTANDO LA IA Y LA CD EN MÉXICO

Nuestro país no se ha quedado atrás, ha hecho esfuerzos importantes para asimilar y utilizar la IA y la CD en la solución de problemas de diversa índole. Analicemos algunos ejemplos:

1. **Chatbots. Prospera Digital:** chatbot que permite darle seguimiento a todo el proceso materno infantil gratuito y para el cual se realizó una alianza con la Secretaría de Desarrollo Social [GDM, 2018].
2. **Cobots (robots colaborativos).** Interactúan con el humano de forma directa y están cada vez más presentes en distintos sectores industriales de nuestro país, incorporan tecnología de software desarrollada en México o integran componentes nacionales de la industria de la robótica. Un caso de éxito es YuMi, un *cobot* de dos brazos para la automatización de procesos, actualmente ocupado en áreas de ensamble en la industria de la electrónica de consumo, para la unión y conexión de piezas pequeñas [Tejeda, 2018].
3. **Educación.** Se han cubierto varios puntos con éxito [Universia, 2020]: la realidad virtual que permite a los alumnos interactuar con entornos creados expresamente para los contenidos a enseñar; la robótica educativa que ofrece a los alumnos la posibilidad de aprender a programar robots y, a través de ella, entrar en contacto con la tecnología; los sistemas de tutoría inteligente que guían a los estudiantes en su aprendizaje; los sistemas de aprendizaje en línea que admiten evaluaciones más sencillas; y la analítica del aprendizaje que detecta errores y puntos débiles de los alumnos de forma temprana.
4. **Robótica de servicio.** Diversos tipos de robots ya operan en el hogar, oficinas, fábricas, hoteles, hospitales, museos, restaurantes, aeropuertos, etcétera [Velazco, 2017].

Con el título *En Miras Hacia una Estrategia de Inteligencia Artificial (IA) en México*, la consultoría británica Oxford Insights, con el apoyo financiero de la Embajada de Reino Unido, desarrolló el primer diagnóstico rumbo a una Estrategia Nacional de Inteligencia Artificial. El estudio apareció en septiembre de 2018. Contiene un análisis sobre las ventajas, oportunidades y desafíos de México en la materia, así como recomendaciones en el corto, mediano y largo plazo para todos los sectores de la sociedad [Zapata, 2018a; Zapata, 2018b].

RETOS ACTUALES (2018) PARA IMPLEMENTAR SISTEMAS BASADOS EN IA

Toda técnica, conforme se va estableciendo, experimenta diversos retos. La IA no es la excepción. Aunque ya se cuenta con diversas mejoras en el poder de cómputo (músculo); en las técnicas para el manejo de grandes cantidades de datos; y en las técnicas para el aprendizaje de máquinas (aprendizaje profundo); todavía hay mucho camino que recorrer en materia de datos, inteligencia artificial multitarea y *hardware*.

En cuanto a los datos, la IA necesita miles de veces más datos que los requeridos por el cerebro humano para poder comprender conceptos y características. La capacidad de las máquinas para ver, entender e interactuar con el mundo está creciendo a un ritmo acelerado, apoyado en el volumen de datos que les ayuda a aprender y entender aún más rápido. Cada año la cantidad de datos que producimos se duplica. En la próxima década habrá unos 150 mil millones de sensores conectados a la red, equivalente a más de 20 veces la población de la Tierra. En este sentido, el *big data* ha sido y será un gran aliado de la IA para procesar esta cantidad cada vez más grande de información y volverla útil.

En cuanto a la IA multitarea, una vez que una máquina de IA es entrenada, es muy efectiva para tareas como el reconocimiento facial o de voz. Sólo son capaces de realizar tareas específicas. Actualmente, no hay máquinas inteligentes capaces de cambiar de una tarea a la otra. Este es uno de los retos actuales de la IA. Una propuesta de solución consiste en usar las llamadas “redes neuronales progresivas”, aún en fase de desarrollo y prueba [Rusu, 2016; Zhan, 2018].

Finalmente, en cuanto al *hardware*, a pesar de la gran capacidad de procesamiento que han alcanzado las máquinas y toda la información que se encuentra disponible, esta tecnología aún se encuentra limitada por el *hardware*. La infraestructura necesaria para experimentar con la IA es escasa y costosa. Se necesitan equipos más potentes para tener mejores resultados. Posibles soluciones a este problema son: el cómputo masivamente paralelo, el cómputo cuántico, el cómputo DNA, el cómputo óptico, el cómputo atómico, el cómputo bacteriano, etcétera.

CONSIDERACIONES PARA LAS EMPRESAS

Las consideraciones más importantes de la IA descansan en la formación de recursos humanos calificados y especializados. Se considera que un experto en IA, por ejemplo, aparte de los conocimientos básicos, debería también incorporar a su currícula conocimientos de aprendizaje para máquinas (aprendizaje profundo y análisis predictivo), procesamiento de lenguaje natural (traducción, clasificación y agrupamiento, extracción de información), habla (de habla a texto y de texto a habla), sistemas expertos, planeación y optimización, robótica, visión (análisis de imágenes y reconocimiento de patrones).

Para el desarrollo de la IA, en nuestro país se requiere de personal altamente calificado. Las siguientes instituciones ya cuentan, al menos, con un programa de estudios:

1. Ingeniería en IA, Universidad Panamericana [UP-IIA].
2. Maestría en IA, UNAM [UNAM-MIA].
3. Maestría en Ciencias en IA, UAQ [UAQ-MCIA].
4. Maestría en IA, Universidad Veracruzana [UV-MIA].
5. Maestría en Ciencias con Especialidad en Sistemas Inteligentes, Tecnológico de Monterrey [TM-MCESI].
6. Maestría en Ciencia de Datos, ITAM [ITAM-MCD].
7. Maestría en Ciencia de Datos, UVM [UVM-MCD].
8. Maestría en Ciencia de los Datos y Procesamiento de Datos Masivos (Big Data), Universidad Cuauhtémoc [UC-MCDPDM].
9. Doctorado en IA, Universidad Veracruzana [UV-DIA].
10. Ingeniero en IA. Instituto Politécnico Nacional [IPN-IIA].
11. Licenciado en Ciencia de Datos. Instituto Politécnico Nacional [IPN-LCD].

Otras instituciones que también tienen planeado abrir al público carreras con IA son el Instituto Politécnico Nacional, el Tecnológico Nacional de México, la Benémrita Universidad Autónoma de Puebla y la Universidad del Valle de Atemajac.

En el siguiente sitio se dan detalles de porqué crear carreras relacionadas particularmente con Ciencia de Datos. De acuerdo con

un estudio reciente, realizado por la empresa Gassdoor, la carrera de científico de datos está entre las 50 mejores pagadas en Estados Unidos en 2019. Durante cuatro años consecutivos, el salario medio promedio anual para esta carrera fue de 108,000 dólares, con un nivel de satisfacción de 4.3/5.0 y unas 6,500 posiciones disponibles de trabajo el 2 de enero de 2019 [Dolon, 2019].

Una carrera relacionada con IA, como por ejemplo, un ingeniero en aprendizaje para máquinas o un ingeniero en aprendizaje profundo, puede llegar a obtener un salario promedio de 144,000 dólares [Indeed, 2020]. En ambos casos, esto indica que dichas carreras son, actualmente, de las más solicitadas y de las mejores pagadas a nivel mundial.

ÉTICA EN EL USO DE LA IA

Como toda tecnología, la IA debería ser usada con cautela y con ética, por ejemplo:

1. Debería ser utilizada para construir máquinas para el servicio del ser humano, no para su perjuicio.
2. No debería ser usada para construir máquinas de guerra.
3. No debería ser usada para influenciar las elecciones presidenciales en países.
4. No debería ser usada para no contratar personas para un trabajo determinado.

Para esto es necesario entender los riesgos asociados a la IA, expertos explican las diferencias entre la IA débil y la fuerte, sus usos e implicaciones [Chawla, 2019]. En el artículo “¿Debería regularse la Inteligencia Artificial?” [Etzioni, 2017], se describe con claridad el por qué tecnologías como la IA debieran ser reguladas. En artículos, como los reportados en “Empresas estadounidenses pusieron a trabajar a un número récord de robots en 2018” [Integra Nexus, 2020; Tegmark, 2016], se habla de los beneficios, de los riesgos, así como de lo bueno y lo malo de construir sistemas basados en IA.

POR QUÉ AHORA ES EL TIEMPO DE LA IA

Es indudable que hoy por hoy es el tiempo de la IA, ya que cuenta con más y mejores capacidades de cómputo, de datos, de técnicas de procesamiento y de análisis. De acuerdo con [Logicalis, 2018], 2018 es considerado como el año definitivo en el despegue de las soluciones basadas en la IA.

Consultoras de prestigio han pronosticado un mercado de más de 31 mil millones de dólares en 2019, un 55% más que en 2014. La empresa Gartner ha detectado que una de cada cuatro empresas ya usa IA o tiene planes de hacerlo en el a corto plazo. El 73% de los desarrolladores que no usan IA planifican aprender a usarla en 2018 [Rayome, 2018].

PAÍSES LÍDERES EN EL DESARROLLO DE LA IA

Entre los países que más aportan en el desarrollo y uso de la IA y la CD se puede citar a los siguientes:

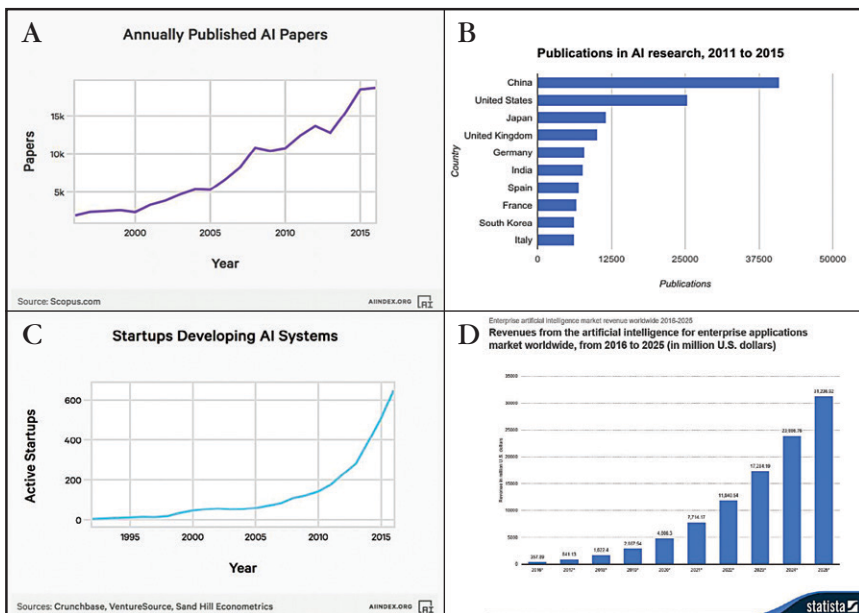
País número o grupo de países	Acción
Estados Unidos	Google anuncia la apertura de un laboratorio de IA en la Universidad de Princeton. Diciembre 18,2018. El presidente Trump anuncia su plan para mantener a EU en primer lugar en IA. Febrero 11, 2019 [74,75].
China	Lanzar su plan nacional para el desarrollo de la IA, marzo de 2017. Un trillón de dólares en IA para 2030.
El grupo de 24 países europeos	Firman convenio en IA para competir con EU y China. Abril, 2018.
Francia	Anuncia dedicar 1.85 billones de dólares para el desarrollo de IA para competir con EU y China. Marzo, 2018.
La Comisión Europea	Anuncia 1.5 billones de euros para el desarrollo de la IA. Abril, 2018.
Canadá	Informa sobre una inversión de 125 millones de dólares para el desarrollo de IA. Marzo, 2017. Montreal quiere ser el centro mundial de desarrollo en IA. Mayo 20, 2017.
Inglaterra, Alemania, Suiza y Suecia	Proponen establecer un IA Hub para competir con EU y China. Abril, 2018.

Noruega	Anuncia la apertura de un Centro de Investigación en IA, Universidad de Adger. Febrero, 2017.
Inglaterra	Anuncia que la Universidad de Cambridge recibirá apoyo de 10 millones de libras para una supercomputadora para IA. Anuncia que Samsung instalará un Laboratorio de Investigación en IA en la Universidad de Cambrige. Mayo, 2018.

ALGUNAS ESTADÍSTICAS

En las figuras 2A a la 2D se muestran algunas estadísticas sobre el crecimiento acelerado en las publicaciones relacionadas con IA, los países con más publicaciones a nivel mundial, empresas con aplicaciones basadas en IA, así como las ganancias de dichas empresas. Como se puede ver, en materia de publicaciones, China ya encabeza las estadísticas.

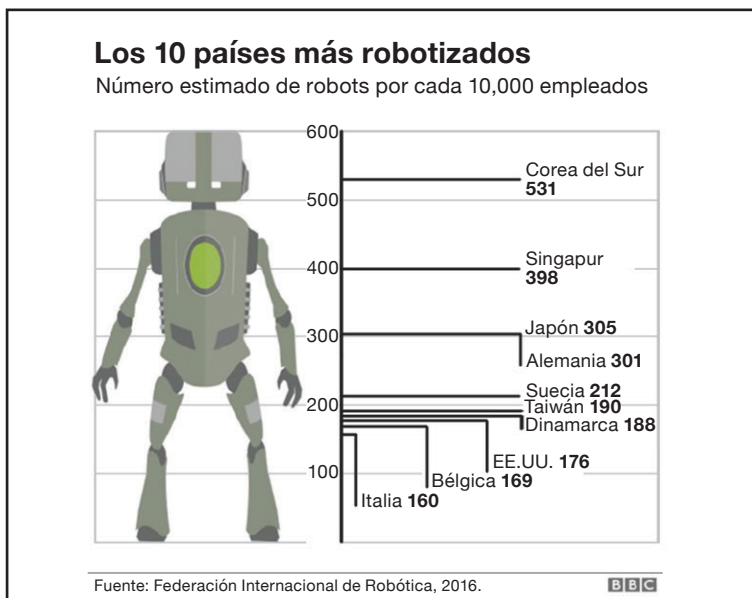
Figura 2. (A) Crecimiento en el número de publicaciones anualizado. (B) Publicaciones por país en IA entre 2011 y 2015. (C) Crecimiento en el establecimiento de empresas de base tecnológica en IA. (D) Crecimiento de las ganancias en millones de dólares para las empresas que invierten en IA.



En materia de patentes, la World Intellectual Property Organization (WIPO) estima que en los últimos cinco años se ha producido un *boom* en IA, con más de 50% de todas las patentes desde 2013. De 2013 a 2017, el crecimiento ha pasado de 18,995 a 55,660 patentes. IBM con 8,290 y Microsoft 5,930, respectivamente. Sin embargo, como se reporta en [Xinhua, 2018a], China ostenta el 22% de patentes a nivel mundial. La proporción de artículos/invenciones ha bajado de 8:1 en 2010 a 3:1 en 2016. Finalmente, el aprendizaje para máquinas se ha convertido en la técnica más usada en patentes, mientras que la visión por computadora es la aplicación más popular.

Periódicos como el Reforma informan a la población sobre el rezago en IA que las universidades, institutos y centros de investigación tienen con respecto a otros países en materia de producción de patentes [González, 2019]. Mientras que instituciones de educación en China tienen unas 2600 solicitudes de patentes, instituciones mexicanas tienen sólo 8 (7 el Tecnológico de Monterrey y una la UNAM).

Figura 3. Países más robotizados.



Las aplicaciones representan un mercado que equivale hoy a 21 mil 400 millones de dólares, pero llegará a 190 mil millones de dólares en 2025, según la firma Markets and Markets.

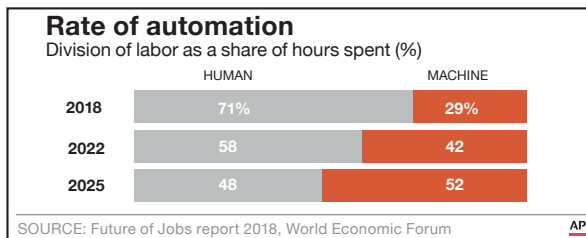
Los países más robotizados por cada 10,000 empleados a nivel mundial son Corea, Singapur, Japón, Alemania, Suecia, Taiwán, Dinamarca, EU, Bélgica e Italia (Figura 3). México ocupa el trigésimo tercer lugar con 33 robots por cada 10,000 empleados, por encima de Argentina que ocupa el lugar trigésimo sexto con 16 robots por cada 10,000 empleados y Brasil, lugar vigésimo octavo, con 11 robots por cada 10,000 empleados. En [Reuters, 2019] se dan otras estadísticas interesantes.

PARA REFLEXIONAR

Con los avances mostrados en el desarrollo de la IA, los seres humanos deberíamos hacernos ya preguntas como las siguientes [Bui, 2015; Ordman, 2017]: 1) ¿Tarde o temprano, un algoritmo nos reemplazará? 2) ¿Mi trabajo será realizado por una máquina?

Se dice que 2025-2035 será un periodo crítico para los trabajos tradicionales. Muchos empleos van a desaparecer, otros van a aparecer. Más del 50% de los trabajos serán realizados por máquinas en 2025. Muchos trabajos desaparecerán y muchos otros aparecerán. Un gran reto será el entrenamiento y reentrenamiento de empleados para el nuevo mundo de trabajos (Figura 4). Este tipo de estudios especializados, por ejemplo, han sido llevados a cabo por la Universidad de Yale y la Universidad de Oxford, instituciones que realizaron una encuesta a 252 investigadores prominentes en IA.

Figura 4. Tasa de automatización de los trabajos actuales.



Información relevante sobre la importancia de la IA en nuestros días, la pertinencia de patentar e innovar, los jugadores más destacados del sector industrial y la academia, así como, la distribución geográfica y de trabajos científicos se pueden encontrar en el reciente reporte de la World Intellectual Property Organization (WIPO) Technology Trend 2019 - Artificial Intelligence [Gurry, 2019].

CONCLUSIONES

De todo lo visto hasta el momento podemos concluir lo siguiente: aunque todavía no se descubren las leyes que rigen el proceso de inteligencia en los seres vivos, ya es posible construir máquinas inteligentes, no hay leyes de la física que se opongan a esto.

Se ha “rascado” la superficie, a través de múltiples ejemplos de la aplicación de la IA en la cotidianidad. El cómo la IA afectará nuestras vidas a gran escala en el futuro cercano, lo expresa Kevin Kelly, quien predice que la IA conforme se va integrando más profundamente en nuestras vidas, vendrá a ser, sin duda, la nueva infraestructura que impulse la siguiente revolución industrial [Kelly, 2016].

Muchas otras interesantes referencias al tema pueden consultarse en [Adidas 2018; Bostrom 2016; Ford 2016; Heaven 2017; Tegmark 2018; West 2018].

Agradecimientos. Juan Humberto Sossa Azuela agradece a la Academia de Ingeniería y al Instituto Politécnico Nacional por el apoyo brindado para la realización de esta investigación. Esta investigación fue financiada con apoyos económicos bajo los proyectos SIP 20190007 y 20200886 y 65 en el marco de la convocatoria: Fronteras de la Ciencia del CONACyT.

REFERENCIAS

Adidas, W. and J. Ledezma Millán. *El Ascenso de la Automatización: La Tecnología y los Robots Reemplazarán a los humanos*. Adidas Wilson. 2018.

Archer, J. *Martian robot will explore the Red Planet with mind of its own*. *The Telegraph*. Enero 2 de 2019. Disponible en: <https://www.telegraph.co.uk/technology/2019/01/02/uk-tests-autonomous-martian-robot/>.

BBC News. *Amazon Scout robots take to pavements in Washington State*. Diciembre 17 de 2018. Disponible en: <https://www.bbc.com/news/amp/technology-46987779>.

Blanchard, S. *'Robbie the Robot' can spot worsening dementia after watching 13 episodes of Emmerdale (and next the scientists want to make it view Friends...)*, Mail Online. Febrero 6 de 2019. Disponible en: <https://www.dailymail.co.uk/health/article-6673115/Robbie-Robot-spot-worsening-dementia-watching-13-episodes-Emmerdale.html>.

Bostrom, N. *Superinteligencia: Caminos, peligros y estrategias*. TEELL. Febrero 25 de 2016. Tercera Edición.

Brooks, R. *A Robot that Walks; Emergent Behaviors from a Carefully Evolved Network, Neural Computation*, 1989, 1(2):253-262, DOI:10.1162/neco.1989.1.2.253.

Brown, N. and T. Sandholm. Libratus: *The Superhuman AI for No-Limit Poker*. *Proceedings of the Twenty-Sixth International Joint Conference on Artificial Intelligence. Demos*. Pp. 5226-5228. Disponible en: <https://doi.org/10.24963/ijcai.2017/772>. 2017.

Brumley, D. *Mayhem, the Machine That Finds Software Vulnerabilities, Then Patches Them*. *IEEE Spectrum*. Enero 29 de 2019. Disponible en: https://spectrum.ieee.org/computing/software/mayhem-the-machine-that-finds-software-vulnerabilities-then-patches-them?utm_source=circuitsandsensors&utm_campaign=circuitsandsensors-02-05-19&utm_medium=email.

Bui, Q., *Will Your Job Be Done By A Machine? Planet Money*. Mayo 21 de 2015. Disponible en: <https://www.npr.org/sections/money/2015/05/21/408234543/will-your-job-be-done-by-a-machine>.

Buckland, K. *Toyota Wants to Put a Robot Friend in Every Home*. Bloomberg. Diciembre 26 de 2018. Disponible en: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2018-12-26/toyota-wants-to-put-a-robot-in-every-home-and-make-it-your-pal?srnd=premium-asia>.

Chawla, S. *Understanding the Risks Associated With AI*. *IEEE Spectrum*. Febrero 22, 2019. Disponible en: <https://spectrum.ieee.org/news-from-around-ieee/the-institute/ieee-news/understanding-the-risks-associated-with-ai>.

Choi, Ch. Q. *How Self-Driving Cars Might Transform City Parking*. *IEEE Spectrum*. Febrero 20 de 2019. Disponible en: https://spectrum.ieee.org/cars-that-think/transportation/self-driving/autonomous-parking?utm_source=robotics-news&utm_campaign=roboticsnews-02-26-19&utm_medium=email.

Copeland, B. J. *CYC computer science*. Britanica. Disponible en: <https://www.britannica.com/topic/CYC>.

Coskun, M., A. Uçar, Ö. Yildirim and Y. Demir, "Face recognition based on convolutional neural network," *2017 International Conference on Modern Electrical and Energy Systems (MEES)*, Kremenchuk, 2017, pp. 376-379, doi: 10.1109/MEES.2017.8248937.

Davies, A. *The WIRED Guide to Self-Driving Cars*. Wired. December 13, 2018. Disponible en: <https://www.wired.com/story/guide-self-driving-cars/>.

Dingfelder, S. *Is that a robot? Dr. Bear Bot helps care for kids at local hospital*. The Washington Post. Febrero 14 de 2019. Disponible en: https://www.washingtonpost.com/express/2019/02/15/is-that-robot-dr-bear-bot-helps-care-kids-local-hospital/?utm_term=.4742f92ba94f.

Dolon, M., *Data Scientist Best Job in US for 2019*. IEEE. Enero 31 de 2019. Disponible en: <https://jobs.ieee.org/jobs/content/-Data-Scientist-Best-Job-in-US-for-2019-2019-01-31>.

Eisenstein, P. A. *New technology shows promise reducing skyrocketing pedestrian fatalities*. CNBC. Febrero 24 de 2019. Disponible en: <https://www.cnbc.com/2019/02/23/new-technology-shows-promise-reducing-pedestrian-fatalities.html>.

Etzioni, A. and O. Etzioni. *Should Artificial Intelligence Be Regulated?* Issues. Summer 2017. Disponible en: <https://issues.org/perspective-should-artificial-intelligence-be-regulated/>.

Ford, M. *El ascenso de los robots*. Paidós. Septiembre 16 de 2016.

Frangour, A. *Alphabet's DeepMind uses machine learning to predict wind power output*. CNBC. Febrero 27 de 2019. <https://www.cnbc.com/2019/02/27/alphabets-deepmind-uses-machine-learning-to-predict-wind-power-output.html>.

Gadam, S. *Artificial Intelligence and Autonomous Vehicles*. Data Driven Investor. Abril 19, 2018. Disponible en: <https://medium.com/datadriveninvestor/artificial-intelligence-and-autonomous-vehicles-ae877feb6cd2>.

Galvan, M. *(Pre) Historia de los videojuegos* — Parte 1. Level Up. Diciembre 7 de 2019. Disponible en: <https://www.levelup.com/articulos/553174/Pre-Historia-de-los-videojuegos-Parte-1>.

Garner, H. *Los 9 tipos de inteligencia según Howard Gardner*. Noviembre 19 de 2018. Disponible en: <http://noticias.universia.com.ar/cultura/noticia/2015/04/01/1122560/9-tipos-inteligencia-segun-howard-gardner.html>.

GDM. *Prospera Digital: Plataforma digital para el desarrollo social y la inclusión financiera*. Gobierno de México. 2018. Disponible en: <https://www.google.com/search?client=firefox-b-d&q=Prospera+Digital>.

Godoy, M. *De continuar con el proceso evolutivo, una máquina podría alcanzar niveles de inteligencia inaccesibles para los seres humanos en poco tiempo*. Nic México. Disponible en: <https://www.nicmexico.mx/2020/05/10/inteligencia-artificial-parte-iii-mas-alla-de-nuestro-control/>.

González, A., *Se rezagan universidades en inteligencia artificial*. *Reforma*. Marzo 4 de 2019. <https://www.reforma.com/aplicacioneslibre/preacceso/articulo/default.aspx?id=1622677&urlredirect=https://www.reforma.com/aplicaciones/articulo/default.aspx?id=1622677>.

Gurry, F. *Wipo Technology Trends 2019: Artificial Intelligence*. World Intellectual Property Organization. Disponible en: https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo_pub_1055.pdf.

Hambling, D. *The chef that can make a gourmet burger every 30 seconds*. *BBC*. Diciembre 5 de 2018. Disponible en: <http://www.bbc.com/future/story/20181204-the-chef-making-fast-food-even-faster>.

Heaven, D. *New Scientist: Machines that Think: Everything you need to know about the coming age of artificial intelligence (Instant Expert)*. John Murray Learning. Octubre 19 de 2017.

Hsu, J. *AI Helps Amputees Walk With a Robotic Knee*. IEEE Spectrum. Enero 25 de 2019. Disponible en: https://spectrum.ieee.org/the-human-os/biomedical/bionics/ai-helps-humans-walk-on-robot-prosthetic-knee?utm_source=techalert&utm_campaign=techalert-01-31-19&utm_medium=email.

Hutson, M. *Pictionary-playing computer connects to humans' 'deep thoughts'*. Science. Febrero 5 de 2019. Disponible en: https://www.sciencemag.org/news/2019/02/pictionary-playing-computer-connects-humans-deep-thoughts?r3f_986=https://www.google.com/.

Hutson, M. *Artificially Intelligent Players Invent Non-verbal "Languages" to Win Card Games*. IEEE Spectrum. Febrero 22 de 2019. https://spectrum.ieee.org/tech-talk/computing/software/artificially-intelligent-players-invent-nonverbal-languages-to-win-card-games?utm_source=techalert&utm_campaign=techalert-02-28-19&utm_medium=email.

Indeed. *Artificial Intelligence Engineer Salaries in the United States*. Indeed. Septiembre 10 de 2020. Disponible en: <https://www.indeed.com/salaries/Artificial-Intelligence-Engineer-Salaries>.

Integra Nexus. Ventajas y Desventajas de la Inteligencia Artificial en Empresas. Integra Nexus. Enero 17 de 2020. Disponible en: <https://nexusintegra.io/es/ventajas-y-desventajas-de-la-inteligencia-artificial/>.

Instituto Politécnico Nacional. *Ingeniería en Inteligencia Artificial*. Disponible en: <https://www.escom.ipn.mx/htmls/oferta/iia2020.php>.

_____. *Licenciatura en Ciencia de Datos*. Disponible en: <https://www.escom.ipn.mx/htmls/oferta/lcd2020.php>.

Instituto Tecnológico Autónomo de México. Maestría en Ciencia de Datos. Disponible en: <https://mcienciadatos.itam.mx/>.

Jodra, Y. *Primer programa de ajedrez*. Julio 16 de 2015. Disponible en: <http://informaikta.blogspot.com/2015/07/primer-programa-de-ajedrez.html>.

Jones, W. D. *DeepMind's AI Shows Itself to Be a World-Beating World Builder*. IEEE Spectrum. February 1, 2019. Disponible en: https://spectrum.ieee.org/tech-talk/robotics/artificial-intelligence/deepminds-ai-shows-itself-to-be-a-worldbeating-world-builder?utm_source=techalert&utm_campaign=techalert-02-07-19&utm_medium=email.

Kahn, J. *The AI That Can Write a Fake News Story From a Handful of Words*. Bloomberg. Febrero 14 de 2019. Disponible en: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2019-02-14/the-ai-that-can-write-a-fake-news-story-from-a-handful-of-words>.

Kelly, K. *Lo inevitable: Entender las 12 fuerzas tecnológicas que configurarán nuestro futuro*. Penguin Random House LLC. Junio 7 de 2016.

Knok, R. *AI empowers conservation biology*. Nature. Marzo 4 de 2019. <https://www.nature.com/articles/d41586-019-00746-1>.

Lenat, D. and R. V. Guha. CYC: *A Midterm Report*. *AI Magazine*. 11(3): Fall 1990. DOI: <https://doi.org/10.1609/aimag.v11i3.842>.

Logicalis. *Inteligencia artificial, el tiempo es ahora*. Logicalis. Febrero 26 de 2018. Disponible en: <https://blog.es.logicalis.com/analytics/inteligencia-artificial-el-tiempo-es-ahora>.

López de Mantaras, M. *El futuro de la IA: hacia inteligencias artificiales realmente inteligentes*. OpenMind BBVA. *¿Hacia una nueva ilustración? Una década trascendente*. Open Mind, BBVA, 2019. Disponible en: <https://www.bbvaopenmind.com/articulos/el-futuro-de-la-ia-hacia-inteligencias-artificiales-realmente-inteligentes/>.

Marti, A. “Estas obras de arte han sido creadas por una doble red neuronal y logran gustar más que las pintadas por humanos.” *Xataka*. Julio 1 de 2017. Disponible en: <https://www.xataka.com/robotica-e-ia/estas-obras-de-arte-han-sido-creadas-por-una-doble-red-neuronal-y-lo-gran-gustar-mas-que-las-pintadas-por-humanos>.

Metz, C. *A Toaster on Wheels to Deliver Groceries? Self-Driving Tech Tests Practical Uses*. *The New York Times*. Diciembre 18 de 2018. Disponible en: <https://www.nytimes.com/2018/12/18/technology/driverless-mini-car-deliver-groceries.html>.

Mims, Ch. *Why Your Ice Cream Will Ride in a Self-Driving Car Before You Do*. *The Wall Street Journal*. Enero 5 de 2019. Disponible en: https://www.wsj.com/articles/why-your-ice-cream-will-ride-in-a-self-driving-car-before-you-do-11546664589?mod=itp_wsj&ru=yahoo.

Musk, E. "Hay que regular la inteligencia artificial antes de que se convierta en un peligro". *El Mundo. Tecnología*. Julio 18 de 2017. Disponible en: https://amp-el-mundo-es.cdn.ampproject.org/v/s/amp.elmundo.es/tecnologia/2017/07/18/596dc3acca4741ea3b8b45a0.html?usqp=mq331AQCCAE%3D&_js_v=a2&_gsa=1#referrer=https%3A%2F%2Fwww.google.com&_share=https%3A%2F%2Fwww.elmundo.es%2Ftecnologia%2F2017%2F07%2F18%2F596dc3acca4741ea3b8b45a0.html.

Muente, G. *Conoce los 12 tipos de inteligencia existentes, sus características y cómo influyen en el comportamiento humano*, Marzo 17 de 2020. Rockcontent. Disponible en: <https://rockcontent.com/es/blog/tipos-de-inteligencia/>.

National Geographic. *Breve historia visual de la inteligencia artificial*. Agosto 5 de 2019. Disponible en: https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/breve-historia-visual-inteligencia-artificial_14419/1.

O'Brien, M. *Will robots take your job? Quarter of US workers at risk*. *AP News*. Enero 24 de 2019. Disponible en: <https://www.apnews.com/6034c9ce1af347ec8da996c39b29c51b>.

Ordman, N., *Will an Algorithm Replace Me?* IEEE. Febrero 11 de 2017. Disponible en: <http://jobs.ieee.org/jobs/content/Will-an-Algorithm-Replace-Me-2017-11-02>.

Peiser, J. *The rise of the robot reporter*. *The New York Times*. Febrero 5 de 2019. Disponible en: <https://www.nytimes.com/2019/02/05/business/media/artificial-intelligence-journalism-robots.html>.

Pérez Barreira, A. *Tipos de Inteligencia Artificial* | Débil, general y súper-inteligencia. Futuro Eléctrico. Disponible en: <https://futuroelectrico.com/tipos-de-inteligencia-artificial/>.

Rayome, A. D. *73% of developers who don't use AI plan to learn how in 2018*. *The Republic*. Diciembre 20 de 2017. Disponible en: <https://www.techrepublic.com/article/73-of-developers-who-dont-use-ai-plan-to-learn-how-in-2018/>.

Reuters Staff. "U.S. companies put record number of robots to work in 2018." *Reuters*. Febrero 28 de 2019. Disponible en: <https://www.reuters.com/article/us-usa-economy-robots/u-s-companies-put-record-number-of-robots-to-work-in-2018-idUSKCN1QH0K0>.

Ross, P. E. *DeepMind Achieves Holy Grail: An AI That Can Master Games Like Chess and Go Without Human Help*. *IEEE Spectrum*. December 6, 2018. Disponible en: <https://spectrum.ieee.org/tech-talk/robotics/artificial-intelligence/mb>.

Rusu, A. A. *et al. Progressive Neural Networks*. arXiv: 1606.04671 [cs.LG]. Septiembre 7 de 2016. Disponible en: <https://arxiv.org/abs/1606.04671>.

Simonite, T. *The WIRED Guide to Artificial Intelligence*. *Wired*. Marzo 13 de 2018. Disponible en: <https://www.wired.com/story/guide-artificial-intelligence/>.

Shaban, H. "Your next Fedex delivery could be a pizza." *The Washington Post*. Febrero 27 de 2019. Disponible en: https://www.washingtonpost.com/technology/2019/02/27/your-next-fedex-delivery-could-be-pizza/?noredirect=on&utm_term=.10f2225621d2.

Simos, M. *The Clever Clumsiness of a Robot Teaching Itself to Walk*. *Wired*. Enero 8 de 2019. Disponible en: <https://www.wired.com/story/the-clever-clumsiness-of-a-robot-teaching-itself-to-walk/>.

Simonite, T. *Trump's Plan to Keep America First in AI*. *Wired*. Febrero 11 de 2019. Disponible en: <https://www.wired.com/story/trumps-plan-keep-america-first-ai/>.

Strogatz, S. "One Giant Step for a Chess-Playing Machine." *The New York Times*. Diciembre 26 de 2018. Disponible en: <https://www.nytimes.com/2018/12/26/science/chess-artificial-intelligence.html>.

Syafeeza, A. R. *et al.* "Convolutional Neural Network for Face Recognition with Pose and Illumination Variation,". *International Journal of Engineering and Technology* 6(1):44-57, 2014.

Tegmark, M. Benefits & Risks of Artificial Intelligence. *Future of Life*. 2016. Disponible en: <https://futureoflife.org/background/benefits-risks-of-artificial-intelligence/?cn-reloaded=1>.

Tegmark, M. *Vida 3.0. Ser humano en la era de la Inteligencia Artificial*. Taurus. Septiembre 25 de 2018.

Tejeda León, C. "El uso de la inteligencia artificial en los cobots." *El Economista*. Marzo 26 de 2018. Disponible en: <https://www.eleconomista.com.mx/opinion/El-uso-de-la-inteligencia-artificial-en-los-cobots-20180325-0095.html>.

Tecnológico de Monterrey. *Maestría en Ciencias con Especialidad en Sistemas Inteligentes*. Disponible en: <https://maestriasydiplomados.tec.mx/posgrados/maestria-en-ciencias-con-especialidad-en-sistemas-inteligentes>.

Trump. D. J. “Executive Order on Maintaining American Leadership in Artificial Intelligence”. The White House. Febrero 11 de 2019. Disponible en: <https://www.white-house.gov/presidential-actions/executive-order-maintaining-american-leadership-artificial-intelligence/>.

Universia. *Cómo aplicar la inteligencia artificial en la educación*. UNIVERSIA.MX. Abril 20 de 2020 Disponible en: <http://noticias.universia.net.mx/educacion/noticia/2018/02/26/1157929/5-usos-inteligencia-artificial-educacion.html>.

Universidad Autónoma de Querétaro. Maestría en Ciencias en Inteligencia Artificial. Disponible en: <https://www.uaq.mx/index.php/nivel-posgrados/maestrias/fi/maestria-en-ciencias-en-inteligencia-artificial>.

Universidad Cuauhtémoc. Maestría en Ciencia de los Datos y Procesamiento de Datos Masivos. Disponible en: https://www.ucuauhtemoc.edu.mx/educacionadistancia/index.php/ead/posgrados/mtria_en_ciencia_de_los_datos_y_procesamiento_de_datos_masivos_big_data.

Universidad Autónoma de México. Maestría en Inteligencia Artificial. Disponible en: <https://www.educaedu.com.mx/maestria-en-inteligencia-artificial-master-10666.html>.

Universidad Panamericana. Ingeniería en Inteligencia Artificial, Campus Aguascalientes. Disponible en: <https://www.up.edu.mx/es/licenciatura/ags/ingenieria-en-inteligencia-artificial>.

Universidad del Valle de México. Maestría en Ciencia de Datos. Disponible en: <https://uvm.mx/maestria-en-ciencia-de-datos-en-linea>.

Universidad Veracruzana. Doctorado en Inteligencia Artificial. Disponible en: <https://www.uv.mx/dia/>.

_____. *Maestría en Inteligencia Artificial*. Disponible en: <https://www.uv.mx/mia/>.

Velazco, J. *México debe acelerar el uso de los robots*. *Milenio*. 2020. Septiembre 11 de 2017. Disponible en: <http://www.milenio.com/negocios/mexico-debe-acelerar-el-uso-de-los-robots>.

Voosen, P. *Artificial intelligence helps predict volcanic eruptions*. *Science*. Diciembre 11 de 2018. Disponible en: <http://www.sciencemag.org/news/2018/12/artificial-intelligence-helps-predict-volcanic-eruptions>.

Wang, M and D. Weihong. *Deep Face Recognition: A Survey*. arXiv:1804.06655v9 [cs.CV] 1 Agosto 2020.

West, D. M. *The Future of Work: Robots, AI, and Automation*. Brookings Institution Press. Mayo 15 de 2018.

Wiesemann, S. *Software that can automatically detect fake news*. *Fraunhofer*. Febrero 1 de 2019. Disponible en: <https://www.fraunhofer.de/en/press/research-news/2019/february/software-that-can-automatically-detect-fake-news.html>.

Xinhua. "China concentra el 22% de las patentes de inteligencia artificial a nivel mundial". *AE Tecno*. Mayo 11 de 2018. Disponible en: <https://tecno.americaeconomia.com/articulos/china-concentra-el-22-de-las-patentes-de-inteligencia-artificial-nivel-mundial>.

Xinhua Net. "AI can easily break text CAPTCHA: new research". Diciembre 24 de 2018. Disponible en: http://www.xinhuanet.com/english/2018-12/24/c_137695066.htm.

Zapata, E. (a) *Estrategia de Inteligencia Artificial MX 2018*. Gobierno de México. Marzo 22 de 2018. Disponible en: <https://www.gob.mx/mexicodigital/articulos/estrategia-de-inteligencia-artificial-mx-2018>.

_____. (b) *Inteligencia Artificial en México*. Gobierno de México. Marzo 29 de 2018. Disponible en; <https://datos.gob.mx/blog/inteligencia-artificial-en-mexico?category=proyectos&tag=nula>.

Zhan, Z. *et al. Progressive Neural Networks for Image Classification. Ground IA*. Abril 25 de 2018. Disponible en: <https://www.groundai.com/project/progressive-neural-networks-for-image-classification/1>.

Inteligencia artificial y datos masivos en archivos digitales sonoros y audiovisuales.

Instituto de Investigaciones Bibliotecológicas y de la Información/UNAM. La edición consta de 100 ejemplares. Coordinación editorial, Israel Chávez Reséndiz; revisión especializada, Angélica Valenzuela y Valeria Guzmán González; revisión de pruebas, Valeria Guzmán González; formación editorial, Oscar Fernando Arcos Casañas. Fue impreso en papel cultural de 90 gr. en los talleres de Grupo Fogra. Año de Juárez 223. Col. Granjas San Antonio. Alcaldía Iztapalapa. Ciudad de México. Se terminó de imprimir en 2020.