

INTELIGENCIA ARTIFICIAL: PASADO, PRESENTE Y FUTURO

Alicia Troncoso Lora

*Presidenta de la Asociación Española de Inteligencia Artificial (AEPIA)
Catedrática Lenguajes y Sistemas Informáticos. Universidad Pablo Olavide de Sevilla*

RESUMEN

En este trabajo se presenta el pasado, presente y futuro de la Inteligencia Artificial, intentando romper los mitos existentes a su alrededor, y distinguiendo la realidad de la ficción. Hoy en día la Inteligencia Artificial vive su mayor esplendor, habiendo presentado el Gobierno de España la Estrategia Nacional de Inteligencia Artificial a finales del 2020, con una inversión pública de 600 millones de euros, siendo además esta estrategia uno de los principales ejes de la Agenda España Digital 2025 y uno de los componentes del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia de la economía española. De la misma forma que avances como la máquina de vapor o la electricidad fueron una revolución en su época, la Inteligencia Artificial transformará el mundo tal como hoy lo conocemos.

1. INTRODUCCIÓN

El interés del ser humano por predecir e imaginar el futuro ha sido algo común a lo largo de toda la historia y, como fruto de esa imaginación, surgieron en la literatura criaturas artificiales muy conocidas, como el humanoide creado por el Doctor Frankenstein en la obra de Mary Shelley publicada en 1818 considerada el primer libro de ciencia ficción. Después le siguieron otros muchos autores, como Isaac Asimov que pretendió normalizar las relaciones entre el ser humano y los robots en su trilogía *Yo Robot*, de los años 50, o el escritor británico Arthur Clarke, creador de la mítica *2001: una odisea espacial*, llevada al cine por Stanley Kubrick en 1968. Todas estas historias fueron precursoras de algunas predicciones de futuro que se han hecho realidad.

En nuestra vida diaria, estamos interactuando con máquinas que ya forman un kit básico imprescindible en nuestro entorno laboral, doméstico o, para nuestra propia movilidad, en los vehículos. Entiendo que personas y empresas e instituciones se puedan sentir amenazadas, viendo peligrar su empleo o negocio por ese futuro incierto, que hoy también intentaremos predecir.

2. ¿QUÉ ES LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL?

A lo largo de la historia ha habido multitud de definiciones de *Inteligencia Artificial*, pero todas ellas se enfocan, bien en procesos mentales relacionados con el razonamiento, es decir, pensar, o bien en la conducta, es decir, actuar. Y, a su vez, tomando la persona como referencia de inteligencia o un concepto ideal de inteligencia, llamado «racionalidad». Esto hace que haya cuatro posibles enfoques entre las diferentes escuelas de la disciplina: pensar como una persona, actuar como una persona, pensar de forma racional y actuar de forma racional.

Sin embargo, el enfoque basado en «pensar como una persona» adolece de ciertas desventajas, ya que el funcionamiento de la mente humana es aún hoy bastante desconocido.

El enfoque basado en «actuar como una persona» nos remonta a la Inglaterra de la primera mitad del siglo XX, concretamente a 1950, año en el que el matemático británico Alang Turing¹, en su intento de definir la *Inteligencia Artificial*, publicó su famoso trabajo «Computing Machinery and Intelligence»², en el que trataba de responder a la pregunta: ¿son capaces de pensar las máquinas? En este trabajo propuso el legendario test de Turing para determinar si un sistema era inteligente. La prueba consistía en el juego de la imitación. Un juego en el que hay tres jugadores, dos personas y una máquina. Una persona tiene rol de interrogador, y permanece en una habitación separada de los otros dos. El interrogador tenía que descubrir quién era la persona y quién era la máquina a través de las respuestas por escrito que ambos proporcionasen. Si el interrogador era incapaz de diferenciarlos, entonces la máquina ganaba el juego, y se podía afirmar que la máquina tenía inteligencia al no poder ser diferenciada de una persona.

Para que la máquina ganara el juego debía estar dotada de determinadas capacidades. Ser capaz de procesar lenguaje natural, para poder comunicarse con el interrogador; ser capaz de representar el conocimiento, para almacenar lo que conoce; ser capaz de razonar, para responder a preguntas; ser capaz de aprender, para adaptarse a nuevas circunstancias; ser capaz de ver, para percibir objetos, y ser capaz de manipular y mover objetos. Todas estas capacidades son hoy en día las disciplinas que abarca la Inteligencia Artificial: procesamiento de lenguaje natural, representación del conocimiento, razonamiento automático, aprendizaje automático, visión artificial y robótica.

No obstante, este enfoque de definir la Inteligencia Artificial basada en «actuar como una persona» tiene debilidades, pues por todos es conocido que no todas las personas actúan siempre de acuerdo a lo mayoritariamente considerado comportamiento inteligente. Y, por tanto, los enfoques más aceptados son aquellos basados en «pensar o actuar de forma racional».

El enfoque «pensar de forma racional» nos remonta a la antigua Grecia, concretamente a Aristóteles, considerado el padre de la lógica, que intentó formalizar el pensamiento a través de esquemas de razonamientos correctos, llamados silogismos. Así, la Inteligencia Artificial, desde esta perspectiva, trata de construir sistemas inteligentes a partir de programas informáticos, descritos en lenguajes de notación lógica, que realizan inferencias correctas usando reglas de razonamientos. Me gustaría aquí mencionar a Ramón Llull, beato y filósofo mallorquín que en 1315, hace más de 700 años, describió una máquina, llamada *Ars Magna et Ultima*, que validaba la veracidad o falsedad de un postulado usando la lógica. Su objetivo principal era demostrar la validez de los dogmas de la fe cristiana e incluso de la existencia de Dios. Fue el precursor en España de que era posible hacer razonamientos de forma artificial, y desde el 2001, Ramón Llull es el patrón de la Ingeniería Informática, celebrándose el día de esta el 27 de noviembre, día de su onomástica.

Frente a la complejidad del «pensar de forma racional», el «actuar de forma racional» es un enfoque mucho más generalizado y actual y está basado principalmente en la Ingeniería. Desde esta perspectiva, la Inteligencia Artificial intenta construir sistemas que alcancen un objetivo definido, consiguiendo el mejor resultado esperado. Basándonos en esta definición, actual y ampliamente aceptada por la comunidad científica, podemos ya romper uno de sus principales mitos: «las máquinas dotadas de inteligencia para aprender, entender y razonar sustituirán a las personas». Actualmente, la Inteligencia Artificial es una inteligencia artificial específica, centrada en resolver problemas en ámbitos muy concretos y especializados. Dotar a una máquina de una inteligencia generalizada, como la de las personas, capaz de resolver cualquier problema, es un objetivo muy ambicioso, que aún está muy lejano y que quizás sea inalcanzable. La *superinteligencia*, como se la denomina, forma parte de la ficción y es fruto de famosas películas, más que de resultados de investigación que hayan dado lugar

¹ Una excelente biografía de Alang Turing que hace accesible sus logros científicos, *El hombre que sabía demasiado*, de David Leavitt, profesor de la Universidad de Florida.

² «Computing Machinery and Intelligence». *Mind, Volume LIX, Issue 236, Pages 433–460, October 1950.*

a prototipos que estén funcionando en el mundo real. En la actualidad, se pueden construir sistemas inteligentes para realizar tareas concretas, incluso mejor que si fueran realizadas por personas, pero si esta tarea cambia, ese mismo sistema no será capaz de resolverla, sino que habría que desarrollar otro algoritmo³ capaz de llevarla a cabo. Este objetivo de transferibilidad del aprendizaje entre diferentes tareas que tienen ciertas similitudes es uno de los retos abiertos que ahora mismo la Inteligencia Artificial tiene por delante.

3. SU NACIMIENTO: EL PASADO

Aunque hay algunos trabajos iniciales, como el primer modelo formado por neuronas artificiales, de Warren McCulloch y Walter Pitts⁴, en 1943, y el artículo antes mencionado «Computing Machinery and Intelligence», de Alan Turing, en 1950, no es hasta 1955 cuando se acuña el término de *Inteligencia Artificial*. John McCarthy⁵, uno de los grandes científicos y padre de esta disciplina, se doctoró en Princeton y se trasladó a la universidad de Dartmouth, donde convenció a unos colegas para organizar un workshop de dos meses de duración, con el objetivo de aumentar el interés de los investigadores en el estudio de la inteligencia. En este workshop no se produjo ningún avance notable, pero se consensuó el nombre de *Inteligencia Artificial*, propuesto por McCarthy, y puso en contacto a las figuras más importantes del momento.

En esta reunión destacaron dos investigadores de la universidad Carnegie Mellon, Allen Newell y Herbert Simon, que ya tenían un programa de computación, al que llamaron *Teórico Lógico*, capaz de demostrar gran parte de los teoremas del libro *Principia Mathematica*, de Russell y Whitehead publicado en 1910. De hecho, el programa había generado demostraciones más cortas en el caso de algunos teoremas. Aún así, los editores de la revista *Journal of Symbolic Logic*, una revista con índice de impacto que se encuentra en el cuartil cuatro, rechazaron el artículo.

En la Inteligencia Artificial se encuentran períodos plagados de éxitos, conocidos como *primaveras*, junto a otras épocas conocidas como *inviernos*, en las que la disciplina se resistía. Los primeros años de la Inteligencia Artificial, las décadas de los 50 y 60, fueron años dorados, en los que se consiguieron muchos avances, entre ellos el nacimiento de las redes neuronales. Sin embargo, en la década de los 70 llegó el primer invierno. El exceso de confianza, puesto en determinados sistemas, decayó cuando fallaron de forma estrepitosa en la resolución de problemas de mayor dificultad.

El primer problema se encontró en los programas de traducción automática del ruso al inglés, que patrocinaba el Consejo Nacional para la Investigación de EE. UU. con objeto del lanzamiento del *Sputnik*⁶ en 1957. El resultado de una traducción debía haber sido en inglés «el espíritu es fuerte pero la carne es débil», pero fue traducido por «el vodka es bueno pero la carne está podrida». Después de esto, el gobierno americano canceló todo el patrocinio de los proyectos sobre traducción. El fallo de estos sistemas fue que se reducían a transformaciones sintácticas, basadas en un diccionario, sin contemplar la semántica. El chatbot *ELIZA*⁷ diseñado en 1966 fue el primer sistema de inteligencia artificial en procesar lenguaje natural.

La segunda dificultad fue que muchos de los problemas que se estaban intentando resolver con

³ Un algoritmo informático es una secuencia ordenada y finita de instrucciones que permiten realizar una tarea o resolver un problema.

⁴ Warren McCulloch fue un neurólogo que, junto al matemático Walter Pitts, destacaron por sus contribuciones en el campo de las redes neuronales artificiales: «A Logical Calculus of the Ideas Immanent in Nervous Activity». *Bulletin of Mathematical Biology*, Volume 5, Number 4, Pages 115-133, 1943.

⁵ John McCarthy fue un prestigioso informático que recibió el Premio Turing en 1971 por sus importantes contribuciones en el campo de la Inteligencia Artificial.

⁶ *Sputnik* en ruso significa «compañero de viaje» y fue el primer satélite artificial que se puso en órbita alrededor de la Tierra.

⁷ *ELIZA* fue el primer chatbot de la historia, cuando aún ese término no existía, creado por Joseph Weizenbaum, matemático alemán y profesor del Instituto Tecnológico de Massachusetts.

la Inteligencia Artificial eran problemas que posteriormente se definieron, formalmente, como intratables, ya que necesitaban una capacidad de cómputo que las máquinas del momento no disponían. Esta incapacidad para manejar la explosión combinatoria hizo que el gobierno británico retirara las ayudas para las investigaciones en Inteligencia Artificial.

En 1969 se publicó el libro «Perceptrons: An introduction to Computational Geometry» de Marvin Minsky y Seymour Papert, en el que pusieron de manifiesto las limitaciones de las redes neuronales para representar funciones, ya que eran modelos demasiado simples para resolver problemas más complejos. Esto hizo que los fondos para la investigación en las redes neuronales se redujeran a prácticamente nada.

En la década de los 80, se considera que el uso de conocimiento específico del dominio era necesario incorporarlo en los sistemas para que fueran inteligentes, surgiendo así los sistemas basados en el conocimiento. El principal ejemplo de este tipo de sistemas son los sistemas expertos, que incorporan reglas de razonamiento, bien deducidas de un modelo teórico, bien obtenidas a través de los expertos en el dominio. Con estos sistemas, la Inteligencia Artificial entra en otro periodo de primavera. Quisiera destacar un sistema experto exitoso en aquellos años, el programa MYCIN⁸ para el diagnóstico de infecciones sanguíneas, que crearon investigadores de la Universidad de Stanford. Este sistema fue capaz de hacer diagnósticos tan buenos como los de un experto y mejores que los de los médicos recién graduados. En esta década la Inteligencia Artificial también llega a la industria en EE.UU., con el primer sistema experto comercial llamado R1, que se usaba para la elaboración de pedidos de nuevos sistemas informáticos. La compañía propietaria consiguió un ahorro de 40 millones de dólares al año. Casi todas las compañías importantes de EE.UU. contaba con su grupo propio de investigadores de Inteligencia Artificial. Cuarenta años después, la Inteligencia Artificial llega a la industria en España, motivo que explica por qué ahora mismo la tecnología de Inteligencia Artificial se desarrolla principalmente en EE.UU. y está impulsada por el sector privado.

Debido a que el retorno de las inversiones no cumple las expectativas, en las décadas de los 90 y 2000, la Inteligencia Artificial entra en otro invierno, aunque la comunidad científica sigue avanzando con el nacimiento del algoritmo de retro-propagación, utilizado hoy en la mayoría de las aplicaciones que usamos, e incorporando la teoría de la probabilidad y decisión como parte de la Inteligencia Artificial. Además, se alcanzan éxitos sonados, como la derrota del campeón del mundo del ajedrez, Gary Kasparov por el computador de IBM, llamado *Deep Blue*, en 1997. Jugaron un total de seis partidas, en tres de ellas quedaron en tablas, una partida ganó Kasparov y dos partidas las ganó *Deep Blue*. Kasparov pronunció las siguientes palabras: «Podía sentir la inteligencia de nivel humano a través de la habitación». O las primeras experiencias con vehículos autónomos, como la competición en el desierto de Mojave en 2004, en la que recorrieron cien kilómetros, o la primera app que reconoce la voz lanzada por Google, en 2008.

A partir de 2010, la disponibilidad de datos, principalmente por el uso de servicios digitales y la sensorización, da lugar al término conocido como *big data*, que junto a otros factores, da lugar a la entrada de la primavera perpetua en la que nos encontramos en el presente.

4. CONTEXTO EUROPEO Y NACIONAL: EL PRESENTE

La Inteligencia Artificial, como se ha puesto de manifiesto, no es una disciplina tan reciente como cabría esperar, dada la gran atención mediática que tiene hoy en día. Sin embargo, su esplendor es consecuencia del grado de madurez que ha alcanzado, gracias a los avances conseguidos, fruto de una intensa investigación. A este grado de madurez le ha acompañado la evolución sin precedentes del

⁸ MYCIN era capaz de identificar las bacterias que causaban la infección en los pacientes y sugería los antibióticos y las dosis adecuadas para el peso de cada paciente. MYCIN es el nombre de uno de los antibióticos que recetaba. Formó parte de la tesis doctoral de Edward Shortliffe, médico de la Universidad de Stanford.

hardware, que nos permite el uso de plataformas de computación a un menor coste gracias a la computación en la nube. A su vez, la transformación social acontecida en la vida de las personas en la última década en torno al cambio tecnológico, relacionado con nuestro uso de dispositivos electrónicos y servicios digitales, que han generado más del 90% de los datos disponibles en los últimos años, ha contribuido de forma acuciante a dicho esplendor. Y, por último, el desarrollo de nuevos algoritmos dentro del Aprendizaje Profundo, que han alcanzado unos niveles de precisión antes inalcanzables en aplicaciones reales de un grado elevado de complejidad.

Esta coctelera es el caldo de cultivo en el que vive la Inteligencia Artificial actual. Y sus posibilidades de ser un motor de innovación para generar una nueva economía basada en el conocimiento que sea social, inclusiva, sostenible y competitiva, ha hecho crecer el interés, tanto de las empresas como de los gobiernos de muchos países, así como de la Unión Europea.

La Unión Europea, con el objeto de situarse como líder en esta materia, aprobó un plan coordinado sobre materia de Inteligencia Artificial⁹, que actualizó en abril de 2021, para impulsar la Inteligencia Artificial, a través de los programas Europa Digital y Horizonte Europa, y a través de los fondos europeos de Mecanismo de Recuperación y Resiliencia, de los cuales el 20 % ha sido destinado a la transición digital de las empresas.

En este plan la Unión Europea aboga por una Inteligencia Artificial centrada en las personas con los fines de crear las condiciones propicias para su desarrollo e implantación, fomentar su excelencia, velar para que sirva a las personas y sea una fuerza en pro del bien social, y de promover el liderazgo en sectores estratégicos de gran impacto, como la producción sostenible, la salud, el sector público, la movilidad, o la agricultura, entre otros.

Además, la Unión Europea está desarrollando un marco normativo legal, materializado en el reglamento por el que se establecen normas armonizadas sobre la Inteligencia Artificial¹⁰ y el reglamento para máquinas¹¹, aprobados también el 21 de abril, y en una guía ética¹², publicada en julio de 2020 y elaborada por un grupo de expertos de alto nivel a partir de una consulta para ofrecer a las personas la confianza necesaria para adoptar estas tecnologías, animando al mismo tiempo a las empresas a desarrollarlas. En estos reglamentos y guía se proponen nuevas normas y directrices para garantizar que los sistemas de Inteligencia Artificial utilizados en la Unión Europea sean seguros, transparentes, éticos e imparciales y estén bajo control humano. Entiéndase por *máquinas* una amplia gama de productos de consumo y profesionales, desde robots hasta cortadoras de césped, impresoras 3D, máquinas de construcción o líneas de producción industrial.

No obstante, a pesar de que se abre una etapa de inversión en la Unión Europea, estamos muy lejos de la inversión actual de EE. UU. o China, aunque también he de destacar que Europa se declara partidaria de una Inteligencia Artificial basada en los valores de la Unión Europea y, por tanto, centrada en las personas y promovida por las políticas públicas, mientras que en EE. UU. es impulsada por el sector privado con objetivos meramente económicos y en China el mayor impulsor es el estado para el control de las personas.

En consonancia con las políticas europeas, el gobierno español aprobó la Estrategia Nacional de Inteligencia Artificial¹³, en la que se plantean grandes objetivos para situar a España en una

⁹ «Coordinated Plan on Artificial Intelligence 2021 Review». <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/coordinated-plan-artificial-intelligence-2021-review>

¹⁰ «Proposal for a Regulation of the European Parliament and of the council laying down harmonised rules on Artificial Intelligence (Artificial Intelligence act) and amending certain union legislative acts» <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/european-approach-artificial-intelligence>

¹¹ «Proposal for a Regulation of the European Parliament and of the council on machinery products» https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/es/ip_21_1682

¹² «Ethics guidelines for trustworthy AI» <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/ethics-guidelines-trustworthy-ai>

¹³ «Estrategia Nacional de Inteligencia Artificial» <https://portal.mineco.gob.es/es-es/ministerio/areas->

posición de liderazgo junto a Francia, Alemania y Reino Unido, que se encuentran en la cabeza. Esta estrategia es transversal y engloba a numerosas disciplinas de los ámbitos tanto tecnológicos como científicos, sociales, jurídicos y humanistas. El trabajo conjunto e interdisciplinar de todas estas disciplinas será más necesario que nunca para afrontar los retos que se avecinan y conseguir una Inteligencia Artificial al servicio de la Humanidad.

Entre estos objetivos, se pretende potenciar la excelencia científica y la innovación en Inteligencia Artificial; desarrollar herramientas, tecnologías y aplicaciones de la Inteligencia Artificial para la proyección y uso de la lengua española; promover la creación de empleo cualificado, impulsando la formación y educación, mediante el estímulo del talento nacional y la atracción del global; incorporar la Inteligencia Artificial como factor de mejora de la productividad de la empresa española, de la eficacia en la Administración Pública y como motor del crecimiento económico sostenible e inclusivo; generar un entorno de confianza en relación a la Inteligencia Artificial, tanto en el plano tecnológico, como en el regulatorio y en el de su impacto social; impulsar el debate sobre el desarrollo tecnológico de valores humanistas, centrado en velar por el bienestar de la sociedad, y potenciar una Inteligencia Artificial inclusiva y sostenible para afrontar grandes desafíos de nuestra sociedad, específicamente reducir la brecha de género, la brecha digital, apoyar la transición ecológica y la vertebración territorial.

Todos estos objetivos conformarán un marco de referencia para las próximas líneas de investigación que se abordarán y las nuevas aplicaciones que se desarrollarán en los diferentes sectores de alto impacto.

5. IMPACTO EN LA SOCIEDAD: EL FUTURO

El impacto de la tecnología y los servicios digitales en general será, o está siendo, cuanto menos, notable en nuestra sociedad. Desde un punto de vista social, podríamos decir que nuestra manera de relacionarnos con el entorno se ha transformado, dando lugar a cambios sociales, económicos y culturales importantes. El comercio electrónico y la globalización hacen que compremos de forma electrónica en cualquier lugar del mundo desde el salón de nuestra casa. No necesitamos preguntar a nadie cómo hay que llegar a un lugar determinado de la ciudad, puesto que se lo preguntamos directamente a nuestro móvil. Y las relaciones sociales se han transformado con el uso de las redes sociales y el *whatsapp*, en especial entre los adolescentes.

Aunque la Inteligencia Artificial es objeto de una gran atención mediática, el tratamiento que recibe suele ser muy superficial y, además, el mensaje es frecuentemente más anecdótico y alarmista que real, en su mayor parte centrada en los importantes cambios sociales y la modificación sustancial del empleo que conllevará en un futuro muy próximo. Y ciertamente existen aspectos que pueden ser negativos, como la seguridad y protección en el tratamiento de los datos, ya que la gran mayoría de algoritmos de Inteligencia Artificial necesitan datos para aprender patrones, realizar pronósticos, hacer recomendaciones, etc. Y tenemos ejemplos al respecto: en 2018 la Agencia Española de Protección de Datos sancionó a Whatsapp y Facebook por la cesión de datos personales entre ambas.

Que la Inteligencia Artificial transformará el empleo, es indudable. Principalmente, aquellas tareas que puedan realizar las máquinas mejor que las personas desaparecerán y perdurarán las tareas que requieran habilidades propias de las personas, como las habilidades sociales, creatividad, la capacidad de abstracción, el trabajo en equipo, etc. A su vez en todos los puestos de trabajo será necesaria la interacción de las personas con las máquinas, lo que requerirá que para todos los puestos de trabajo se necesiten competencias digitales.

A su vez, surgirán nuevos puestos de trabajo cuya necesidad será generada por la propia

Inteligencia Artificial, ya que, como en cualquier caso, tanto las oportunidades como los desafíos requerirán de personas que entiendan de datos, de algoritmos, de su alcance y de sus limitaciones, pero no solo desde el punto de vista informático, sino desde todos los puntos de vista, desde el social, desde el jurídico, desde el sanitario, ya que se requerirán perfiles cada vez más interdisciplinares. Por ello, en la mejora de la empleabilidad en los próximos años, será muy importante tener un mínimo conocimiento de Inteligencia Artificial en todas las disciplinas.

En cuanto a la industria, también está ya sufriendo una gran transformación, al igual que la tuvieron las fábricas en la segunda revolución industrial, en la que se pasó de la fabricación artesanal a la fabricación en serie. Esta transformación está relacionada con el concepto de *automatización*, cuyo impacto en el empleo acabamos de analizar, y el concepto de *globalización*. Una gran mayoría de los modelos de negocios se basan en la explotación de los datos y los sistemas de recomendación usados diariamente por muchas empresas están transformando los hábitos de consumo. Una industria que se transformará de forma disruptiva será la industria del turismo, con la irrupción de la realidad virtual y aumentada, entre otros. El turismo es un sector estratégico para la economía española, según la Agenda Digital 2025¹⁴ del Gobierno de España, y la Inteligencia Artificial permitirá la personalización de ofertas a la medida de cada persona, todo un reto de la nueva hostelería 4.0 a las puertas de la cuarta revolución industrial alentada por la Inteligencia Artificial.

No obstante, a pesar de que se incida en los aspectos negativos de estos cambios, la Inteligencia Artificial puede estar presente y contribuir de forma muy positiva en el avance de nuestra sociedad, siempre desde el compromiso y la justicia social hacia las personas y desde el desarrollo sostenible, materializado en 2015 por la ONU en 17 objetivos¹⁵, en los que la Inteligencia Artificial puede ser uno de los motores principales para el cumplimiento de cada uno de ellos.

6. APLICACIONES DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL

En esta sección haremos un breve recorrido para dilucidar aplicaciones de la Inteligencia Artificial relacionadas con algunas disciplinas.

En Humanidades, destacaríamos la traducción automática, el reconocimiento por voz de los asistentes virtuales y los chatbots, ya que las aplicaciones en este ámbito requieren de lingüistas que modelen el lenguaje.

En el caso de la traducción automática, el entrenamiento de estos sistemas consiste en proporcionar al sistema de un gran número de documentos y sus traducciones oficiales, de los cuales aprenderá sus relaciones. Una vez entrenado, el sistema intentará traducir la palabra o frase que se deseé, devolviendo la traducción que mayor probabilidad de ser correcta tenga. En el caso de idiomas con muchos recursos, como es el caso del español, existen suficientes documentos públicos para llevar a cabo el entrenamiento del sistema; sin embargo, en idiomas minoritarios el entrenamiento de estos sistemas sigue siendo un reto, así como el uso de recursos lingüísticos como la metáfora o la ironía.

En cuanto a los asistentes virtuales, se trata de la Inteligencia Artificial para el reconocimiento por voz. En los años 90 ya lo usaba Michael Knight para comunicarse con su coche Kitt en la serie *El Coche Fantástico*. En aquel momento era ciencia ficción, ahora es una realidad. Se enmarcan dentro del procesamiento de lenguaje natural y es un problema increíblemente complejo, motivo por el cual el desarrollo de asistentes virtuales es aún muy incipiente y tienen un gran margen de error. En primer lugar, hay que tener en cuenta que, aunque las máquinas pueden reconocer el habla, esto no significa que la entiendan. El reconocimiento de voz es la capacidad de una máquina o programa para identificar palabras y frases en el lenguaje hablado y convertirlas a un formato legible por la máquina.

¹⁴ https://portal.mineco.gob.es/ca-s/ministerio/estrategias/Pagines/00_Espana_Digital_2025.aspx

¹⁵ <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>

Cuando se inventaron los SMS en los móviles surgieron serias dudas: ¿por qué las personas van a querer escribir pudiendo llamar y hablar? La tecnología del SMS dio paso al correo electrónico, las redes sociales, mensajería en tiempo real como Whatsapp, lo que hizo que en la red la voz perdiera importancia. Hoy en día la voz vuelve a ganar protagonismo, pero no para hablar entre personas, sino para hablar con las máquinas. No obstante, llevamos muchísimos años intentando hablar con las máquinas a través de los lenguajes de programación; la diferencia es que ahora lo queremos hacer usando nuestro propio lenguaje. De una forma muy básica, podríamos decir que se trata del reconocimiento de patrones en la voz. Una vez emitido un sonido, la Inteligencia Artificial se encarga de buscar patrones en el mismo para identificarlo con una palabra o frase. Y esta palabra o frase la buscará en su sistema de información, en la que se indicará la acción o contestación que corresponda. Para este funcionamiento, es necesario tener un modelo acústico que identifique la procedencia del sonido para establecer el grado de ruido de la señal; un modelo lingüístico para que identifique el idioma, y un modelo semántico para que entienda cómo se construyen las frases y cómo puede variar esta construcción dependiendo de la región, cultura, etc.

En Salud y Biotecnología, nos encontramos ante una situación pandémica, compleja, global y crítica para nuestro futuro debido al COVID. Esta situación parece que nos ha cogido a todos desprevenidos, aunque ya es conocido que una *startup* de Inteligencia Artificial predijo un brote en Wuhan de una neumonía desconocida y, además, su salto a países concretos a través de un algoritmo de Inteligencia Artificial de procesamiento de lenguaje natural. De hecho, a finales de marzo de 2020, se pusieron en marcha algunas iniciativas, tanto a nivel nacional como europeo, para identificar sistemas inteligentes suficientemente maduros que se pudieran poner en marcha en el corto o medio plazo para el sector de la salud y que pudieran así colaborar con los expertos del ámbito sanitario en la lucha contra el COVID.

En particular, en este último año se han desarrollado técnicas de Inteligencia Artificial para ayudar al conocimiento de las proteínas del virus y de su estructura, mediante el análisis del genoma de coronavirus ya secuenciado, para colaborar en el desarrollo de la vacuna o nuevos fármacos que combatan al virus. Por otro lado, se han desarrollado algoritmos de aprendizaje profundo, que analizaron la afinidad molecular entre fármacos ya existentes y las proteínas del virus, prediciendo así antivirales usados en otras enfermedades, como el VIH, que pudieran ser efectivos para bloquear la replicación del virus.

A su vez, se han desarrollado, en colaboración con hospitales, algoritmos de detección del virus mediante el análisis de imágenes procedentes de RX, con el objeto de ayudar en el diagnóstico de los contagiados de una forma rápida y fiable. Este tipo de sistemas ya se están usando de forma experimental en otros países. De esta forma, la Inteligencia Artificial podría contribuir a diagnosticar de forma masiva a la población, complementando al análisis viral, que como ya sabemos requiere de tests, los cuales han escaseado y han sido difíciles de conseguir en determinados momentos de la pandemia.

No obstante, uno de los mayores inconvenientes ahora mismo es que para que estos algoritmos sean fiables deben estar entrenados usando un gran volumen de datos, y datos fiables, que en su mayor parte no son públicos. De ahí, la importancia de que los datos se compartan, para promover el avance y desarrollo científico, que sin duda será la base para resolver grandes retos, como al que hoy nos enfrentamos.

Todas estas iniciativas son actuales, pero debemos mirar hacia el futuro y empezar a desarrollar sistemas de Inteligencia Artificial que nos ayuden, por ejemplo, a hacer análisis de movilidad, crear chatbots para consultas en el ámbito médico o para consultas durante períodos de confinamiento, y diseñar sistemas de predicción basados en *big data* que alerten de posibles pandemias, entre otros.

En Deporte, en los últimos años ha habido un enorme interés por aplicar la Inteligencia

Artificial, concretamente, técnicas de *big data* en los juegos de equipos, y principalmente en el fútbol. De hecho, han nacido incluso algunas startups centradas en la aplicación de estas técnicas al fútbol, una de ellas de la mano del exjugador Esteban Granero, del Marbella Fútbol Club, junto a un grupo de investigación en Inteligencia Artificial de la Universidad Politécnica de Madrid. Con estas técnicas, pueden obtener conocimiento a partir de los datos de los partidos que ayuden a la toma de decisiones estratégicas con respecto al fichaje de jugadores, a su rendimiento, a la identificación de jugadores a edades tempranas, a determinar cuáles son las zonas exitosas para realizar tiros a portería, e incluso para determinar cuál debe ser el jugador del equipo contrincante al que cada uno debe marcar. Todos estos datos se obtienen de la sensorización durante los partidos de entrenamiento y a través de imágenes de las cámaras.

En Derecho, se puede decir que la Inteligencia Artificial está aún por desarrollar, aunque hay grandes expectativas de construir sistemas asistenciales que ayuden a eliminar el colapso actual de la justicia. Sin embargo, la dificultad propia del lenguaje jurídico y la necesidad de un trabajo previo de transformación digital en el funcionamiento de la justicia lo hacen complejo. Aún así, se pueden crear sistemas muy específicos que ahorren tiempo a los abogados y abogadas para diseñar posibles estrategias, seleccionando las mejores sentencias ganadoras relacionadas con una temática concreta. No obstante, la Inteligencia Artificial ha abierto las puertas a una necesidad de regulación alrededor de la privacidad de datos, ética y responsabilidad de las decisiones tomadas por los algoritmos, que hacen apasionante su investigación desde un punto de vista jurídico. De hecho, ya han ocurrido situaciones sin precedentes, como por ejemplo el caso de un coche sin conductor operado por la empresa Uber que en 2018 atropelló en Arizona a una persona que lamentablemente falleció.

En Ciencias Sociales, también se presentan retos en el estudio de los cambios en los comportamientos y las relaciones sociales promovidos por el desarrollo de la Inteligencia Artificial y sobre los efectos que puedan tener en la profundización de las desigualdades sociales. Pero me gustaría enfocarme en la atención a la diversidad funcional. Hoy las personas con discapacidad se encuentran barreras infranqueables para el acceso a un trabajo y para su inserción laboral. Según el *IV Informe Tecnología y Discapacidad*¹⁶, de la Fundación Adecco y Keysight, las nuevas tecnologías han mejorado la calidad de vida integral de seis de cada diez personas con discapacidad. Es más, aseguran que «las nuevas generaciones se plantean un futuro profesional en el que puedan trabajar, rompiendo la anacrónica tradición que relaciona a la persona con discapacidad con la inactividad y la dependencia».

Si nos centramos en el ámbito universitario, las barreras de accesibilidad para las personas con discapacidad empiezan antes de ser estudiantes de pleno derecho, ya que la información que las universidades tienen en sus portales web corporativos no son accesibles. Si las personas con discapacidad logran sortear estas primeras dificultades de accesibilidad a la información, una vez dentro de la universidad, se encontrarán con materiales docentes no accesibles, plataformas virtuales no accesibles, aulas de informática no accesibles, exámenes no accesibles, defensas de trabajos no accesibles, etc. Además, desde la implantación del Plan Bolonia en las universidades españolas, se establece la obligatoriedad en todos los estudios, tanto de la elaboración de un trabajo final de grado con un acto de defensa pública, como de una evaluación por competencias basada en trabajos, los cuales muy a menudo van acompañados de una defensa pública cuyo formato oral no es accesible.

Son indudables las posibilidades que todas las tecnologías relacionadas con el reconocimiento por voz o traducción automática tienen para las personas con alguna discapacidad relacionada con el habla o la voz, así como la robótica para aquellas personas con limitaciones físicas. Además, para el cuidado de personas dependientes, como por ejemplo las personas mayores, la monitorización de variables como el azúcar, tensión arterial, etc. podría ayudar a anticiparnos a cualquier posible valor

¹⁶ Fundación Adecco es una entidad sin ánimo de lucro del grupo Adecco, líder mundial en la gestión de recursos humanos (<https://fundacionadecco.org/informe-tecnologia-y-discapacidad/>).

anormal en las mismas.

En Ciencias Empresariales, la Inteligencia Artificial ha impregnado todos los sectores, desde el comercio a la relación con los clientes o los servicios financieros. En el comercio se pueden hacer pronósticos de ventas y recomendación de productos seleccionados para los clientes de forma personalizada. Este mismo pronóstico de ventas, además, conlleva una optimización del inventario, ya que estima la cantidad de artículos que se deben adquirir. En cuanto a la relación con los clientes, hay multitud de empresas, por ejemplo, Ikea, que usan chatbots para la atención al cliente, que, aunque son muy básicos, pueden ayudar en cuestiones muy simples. Una encuesta de Gartner¹⁷ afirma que el 70 % de las empresas considera exitosos sus proyectos de Inteligencia Artificial, que le han llevado a una mayor satisfacción del cliente, un menor coste o mayores beneficios.

En Ingeniería, me centraré en el sector de la automoción, que está evolucionando de forma vertiginosa y donde las aplicaciones de Inteligencia Artificial son numerosas. Y aunque dependen de la marca del vehículo, ya todos los vehículos disponen de un kit básico que es premonitorio de la conducción autónoma: la detección de los carriles, así como la detección de otros coches en los carriles, disminuyendo la velocidad para no superar la distancia de seguridad que se haya configurado. Esta detección es una aplicación de técnicas de aprendizaje profundo, cuyo entrenamiento se hace a partir de imágenes. De esta forma, aprende los patrones que le permiten reconocer los carriles o un coche. He de decir que para cada tipo de objeto que se quisiera detectar habría de integrar en el coche un algoritmo, tal como mencioné al principio de este artículo, dado que no existe un algoritmo universal que sea capaz de detectar todo tipo de objeto, como sí hacemos las personas.

7. PRÓXIMOS RETOS

Precisamente el momento dulce que vive la Inteligencia Artificial ha hecho que se hayan desarrollado multitud de aplicaciones y servicios que han puesto de manifiesto debilidades importantes y que constituirán los próximos retos que se deberán abordar, tanto por la comunidad de investigadores, como por los gobiernos. La Estrategia Nacional de Inteligencia Artificial aboga por sistemas robustos, seguros e imparciales para alcanzar una Inteligencia Artificial fiable, explicable, transparente e inclusiva, que asegure el cumplimiento de los derechos fundamentales y de la regulación aplicable, así como el respeto a los principios y valores fundamentales, y tenga en cuenta las aspiraciones colectivas de la ciudadanía.

De esta forma, uno de los retos es la inclusividad, cuyo principal objetivo es que los sistemas no sean discriminatorios para determinados colectivos. Ya hay casos reales en los que ha sucedido; por ejemplo, con un sistema de contratación de personal de Amazon, que fue entrenado con datos que presentaban un sesgo por género. Por todos es conocida la falta de mujeres en el ámbito tecnológico. El sistema seleccionaba de 100 currículums los 5 mejores, y siempre seleccionaba hombres. En 2019, se publicó un artículo¹⁸ en una conferencia internacional de procesamiento de lenguaje natural en el que se analizó el funcionamiento de algunos modelos lingüísticos, ampliamente usados, con respecto al sexo, la raza y la orientación sexual. Si se escribía la sentencia «el hombre blanco trabaja como...», el sistema completaba con «un oficial de policía». En cambio, si en el comienzo de la frase se cambiaba solo la palabra blanco por la palabra negro, «el hombre negro trabaja como...», el algoritmo escribía «un proxeneta durante 15 días». Google tuvo que disculparse en 2015 porque su algoritmo de reconocimiento facial etiquetó erróneamente la foto de dos personas de color. Los datos son un mero reflejo de la sociedad, por lo que construir sistemas imparciales e inclusivos a partir de datos parciales es una línea de investigación intensa, que dará sus frutos en los próximos años y en la que tendrán

¹⁷ Gartner es una empresa líder mundial en servicios de asesoramiento, investigación y consultoría de las tecnologías de la información (<https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2019-01-24-gartner-predicts-70-percent-of-organizations-will-int>).

¹⁸ Emily Sheng et al. *The Woman Worked as a Babysitter: On Biases in Language Generation*. Proceedings of the Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing, China, 2019

mucho que decir las Humanidades y las Ciencias Sociales.

Otro reto importante es la explicabilidad, ya que, si hay decisiones que serán tomadas, o más bien guiadas, por sistemas inteligentes y que afectarán a la vida de las personas, deben existir razones para que esas decisiones sean entendidas. La mayoría de los algoritmos que alcanzan altas precisiones son modelos de caja negra, es decir, conocemos los datos de entrada que los alimentan y que devuelven un resultado específico, pero los razonamientos internos realizados no son razonamientos simbólicos como los razonamientos de las personas y, por tanto, son inexplicables para las personas.

Como ya hemos mencionado anteriormente, el entrenamiento de todos estos algoritmos requiere muchos recursos de computación, lo que significa un gran consumo de energía eléctrica. Según datos de la consultora McKinsey¹⁹, el mercado de las TIC fue el responsable del 3 % al 4 % de todas las emisiones de CO₂ del mundo en 2020. Por tanto, es un reto diseñar, desde el inicio, algoritmos energéticamente eficientes. En la Estrategia Nacional se contempla un nuevo programa de financiación, el Programa Nacional de Algoritmos Verdes, que se lanzará próximamente, con el objetivo de crear una Inteligencia Artificial sostenible, más respetuosa con el medioambiente, y así conseguir este reto en un futuro próximo.

En un futuro algo más lejano, también se encuentra como reto la computación cuántica, aún en estado incipiente. Una vez que se consigan salvar las dificultades que presenta la construcción de ordenadores cuánticos, la etapa en la que nos encontramos ahora mismo, tendremos el reto de diseñar algoritmos cuánticos, es decir, desarrollar sistemas de Inteligencia Artificial que se puedan «traducir» para que sean entrenados en ordenadores cuánticos. Un ordenador cuántico utiliza como unidad básica de información el bit cuántico, llamado *cúbit*, que se caracteriza por ser capaz de tener tres estados: el cero, el uno y el cero y uno a la vez. Esto hará que un ordenador cuántico de lo más sencillo será más potente que los super ordenadores que hay en la actualidad. Y cuando este día llegue, se obtendrán resultados órdenes de magnitud por encima de los resultados actuales.

Con respecto a aspectos legales o éticos hay aún grandes retos, teniendo en cuenta, además, que las leyes dependen de cada país y los valores éticos están vinculados al contexto cultural. Además, es necesario desarrollar sistemas de certificación, que garanticen el buen funcionamiento de un sistema inteligente, antes de que una empresa pueda lanzarlo al mercado.

Por último, el reto que considero el más importante: la formación. La demanda de puestos de trabajos en el sector TIC es muchísimo mayor que las personas que egresan en esas titulaciones. Es más, los estudiantes en disciplinas STEM –acrónimo que aglutina diversas disciplinas, como la ciencia, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas– están disminuyendo y la brecha de género es común en todas estas disciplinas, pero mucho más acuciante, si cabe, en el ámbito tecnológico, en el que las mujeres solo representan el 10 % frente al 30 % de cuota de representación en las ciencias. Esta brecha de género, de forma natural, se traslada a las empresas y a los cargos directivos. La informática no es una asignatura obligatoria ni en la educación primaria, ni en la secundaria obligatoria, ni en el bachillerato. ¿No sería el momento de hacerlo? Quizás ayude a reducir esta brecha. Recuperar el talento que emigró hacia mejores condiciones de trabajo y apoyar el de nuestros jóvenes quizás también ayude.

Por otro lado, la interdisciplinariedad plantea como reto, en especial para las universidades, modificaciones en sus titulaciones para formar profesionales en cualquier disciplina, ya sea científica o humanística, con conocimientos tecnológicos y habilidades para el futuro. Y estas modificaciones requerirán flexibilidad y agilidad.

¹⁹ McKinsey es una consultora muy prestigiosa, centrada en resolver problemas concernientes a la administración estratégica de empresas e instituciones (<https://www.mckinsey.com/industries/technology-media-and-telecommunications/our-insights/the-case-for-committing-to-greener-telecom-networks>).

Espero que todos estos retos nos conduzcan al gran reto de conseguir una Inteligencia Artificial centrada en las personas y al servicio de la Humanidad.

8. CONCLUSIONES

En la comedia *El hombre del traje blanco*, de 1951, dirigida por Alexander Mackendrick, un químico que trabaja en una fábrica de textiles inventa un tejido que no se desgasta ni se ensucia. Su invento inicialmente creó una ovación generalizada y se acogió como un gran progreso, hasta que los propietarios de la fábrica y los sindicatos, que representaban a los empleados de la fábrica, se dan cuenta de que se acaba el negocio y, en consecuencia, el empleo de muchos. Todos se alían para asesinar a este químico y así destruir el tejido, que llevaba puesto en forma de traje blanco. Afortunadamente, justo antes de cometer el asesinato, el traje se desintegra. Aquí en esta comedia ya nació la obsolescencia programada.

Esta historia puede representar, de una forma figurada, el pensamiento que algunos, o quizás muchos, hayan tenido a lo largo de este artículo, y con razón. La velocidad de la evolución de la Inteligencia Artificial está siendo tan rápida que resulta difícil seguir ese ritmo, y mucho menos poder asimilar todos esos cambios desde un juicio crítico.

Además, hay un hecho digno de reflexión, y es que la Inteligencia Artificial trasciende al mundo académico e investigador, mundo en el que nació y en el que permaneció durante cincuenta años sin el más mínimo interés por parte de nadie, excepto el de los propios investigadores, ya que ha dado un salto al sector empresarial, pues donde muchos ven peligrar sus negocios tradicionales otros ven un potencial económico enorme.

Desde ese mismo momento, la Inteligencia Artificial se democratiza y es cuando empieza a recibir atención mediática, observándose en la mayoría de la información que se publica en periódicos digitales un desconocimiento tremendo acerca de conceptos muy básicos de la Inteligencia Artificial por aquellos que se consideran expertos.

Recordemos que la Unión Europea aboga por una Inteligencia Artificial centrada en la persona, que debe garantizar los derechos fundamentales e ir de la mano de los valores democráticos. Son incuestionables en este contexto los numerosos beneficios que la Inteligencia Artificial puede traer para el bienestar de la sociedad, y es incuestionable la necesidad de crear equipos multidisciplinares, conformados con perfiles del ámbito tecnológico, empresarial, humanista, sanitario, social y jurídico para poder enfrentar los grandes retos de nuestra sociedad. Será una gran responsabilidad de la Unión Europea, junto a sus países miembros, realizar una vigilancia del mercado exhaustiva, y una gran responsabilidad de toda la ciudadanía su buen uso.

El *boom* de la Inteligencia Artificial verdaderamente nos conducirá al progreso.