



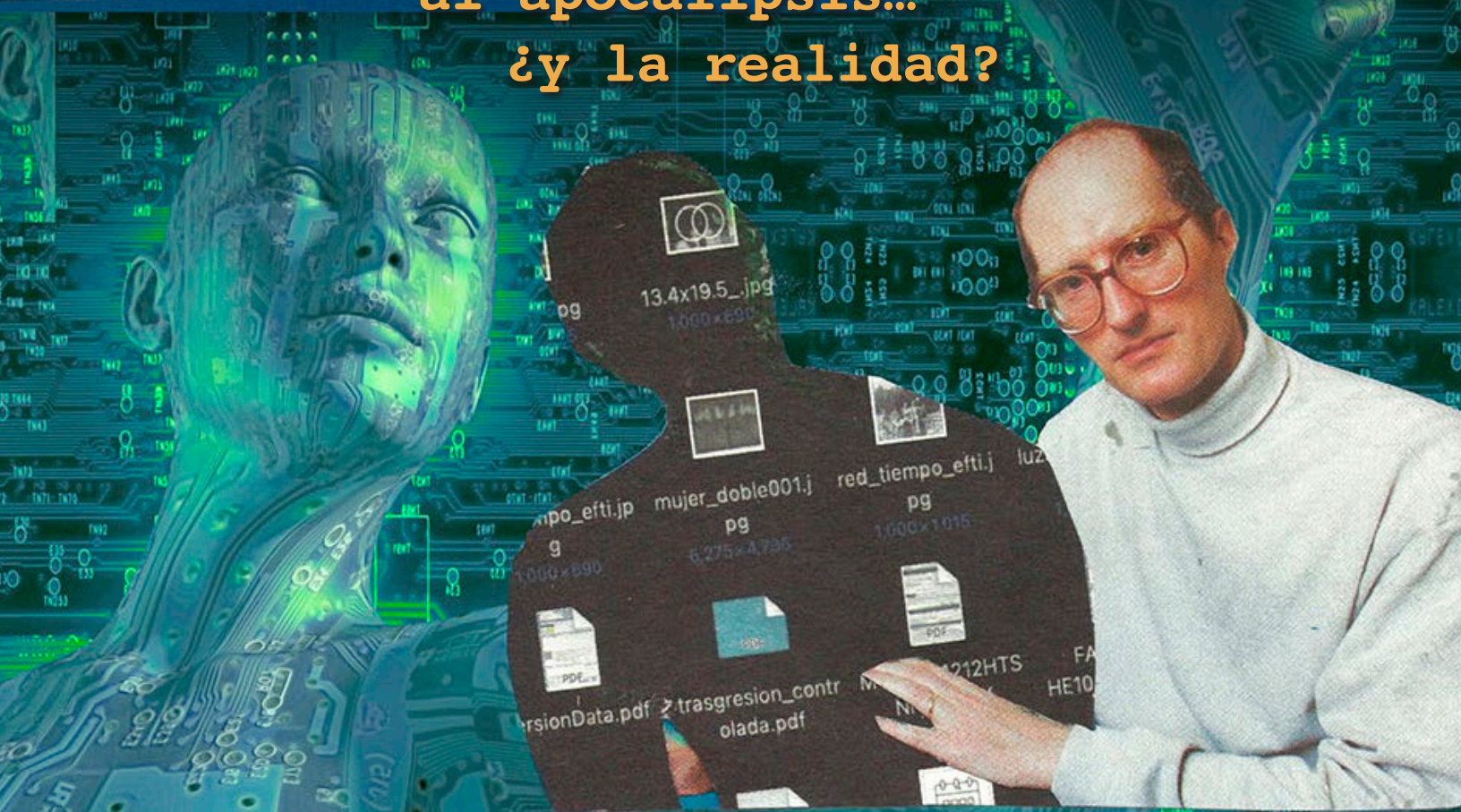
Nuevos Diálogos

Humanidades / Ciencias / Interdisciplina Núm. 02

Inteligencia artificial

De la ciencia ficción
al apocalipsis...
¿y la realidad?

abril-junio 2023



Artículos • Reportajes • Comentarios • Reseñas • Recursos

DIRECCIÓN GENERAL DE DIVULGACIÓN DE LA CIENCIA | DIRECCIÓN GENERAL DE DIVULGACIÓN DE LAS HUMANIDADES



¿CIENCIA?
¿HUMANIDADES?

C+H
INTERDISCIPLINA

encuentro, suma, colaboración



INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN MATEMÁTICAS APLICADAS Y EN SISTEMAS



sitio web del instituto



iimas





ENRIQUE GRAUE WIECHERS
Rector

LEONARDO LOMELÍ VANEGAS
Secretario General

WILLIAM LEE ALARDÍN
Coordinador de la Investigación Científica

GUADALUPE VALENCIA GARCÍA
Coordinadora de Humanidades

CÉSAR A. DOMÍNGUEZ PÉREZ-TEJADA
Director General de Divulgación de la Ciencia

ÁNGEL FIGUEROA PEREA
Director General de Divulgación de las Humanidades.

Nuevos Diálogos

NÚMERO 02, ABRIL-JUNIO DE 2023

Comité Editorial

César A. Domínguez Pérez-Tejada
Ángel Figueroa Perea
Andrés Fernández Medina
Ana Cristina Olvera Peláez
Claudia Patricia Juárez Álvarez
Antonio Sierra García
Miguel Ángel Espinosa Mondragón.

MIGUEL ÁNGEL ESPINOSA MONDRAGÓN
Coordinador de Proyecto

COSME ORNELAS MENDOZA
Coordinador Editorial

ALEJANDRO CORREA SANDOVAL
Jefe de Redacción

Redacción
Óscar Reyes López

PABLO LABASTIDA CASTRO
Coordinador de Diseño | Versión para impresión

Diseño y formación | Versión para impresión
María del Carmen Sánchez Herrera

Ilustración collages
Julieta Mercado Becerril

RUDY JOEL BERNA TIPO
Diseño y desarrollo de plataforma Web

Vinculación con autores
Fabiola Villela.

Audios
Renata Vox AI V 2.0
André Vox AI V 1.0.

Editorial

Cuando anunciamos el número dedicado a la Inteligencia Artificial: “De la ciencia ficción al apocalipsis... ¿y la realidad?”, estábamos inmersos en una estimulante paradoja: el debate sobre el Antropoceno como un nuevo tiempo geológico y las evidencias, poco menos que irrefutables, de la catástrofe ambiental en curso.

La paradoja era múltiple y perturbadora: por un lado, los geocientíficos ponían a discusión el reconocimiento *formal* de una nueva etapa en el transcurrir de la Tierra –definida por “la huella humana” sobre el entorno natural–; por el otro, la acelerada degradación de los ecosistemas ofrecía pruebas indiscutibles del impacto de las sociedades humanas; no obstante que, en rigor, las certezas sobre el “cambio climático” y sus efectos letales resultaban insuficientes para consagrar el bautizo. Giro mordaz de la paradoja: el *planeta azul* podía estallar, arder o researse sin que sus atribulados habitantes (humanos) llegaran a una conclusión satisfactoria. ¿Antropozoico, Antropoceno, Capitaloceno?

La tentación apocalíptica volvió a tocar la puerta de NUEVOS DIÁLOGOS con las reflexiones de científicos y humanistas en torno a la automatización generalizada y la robótica “de servicio”, la irrupción de *agentes inteligentes* y sus implicaciones en la vida de media humanidad (la otra mitad espera turno) o el vertiginoso despliegue de “redes neuronales artificiales” para agilizar negocios y prodigios con *calor humano*.

Y, de nueva cuenta, el inquietante rosario de paradojas: la IA como formidable potenciador de la creatividad, la intuición y la solidaridad comunitaria; pero, también, como poderoso instrumento de control en manos de gobiernos y corporaciones que operan a la sombra y rehúyen el escrutinio de las sociedades democráticas. ¿Cómo regular lo altamente complejo y establecer criterios jurídicos, políticos, sociales o culturales que garanticen la vigencia y expansión de los derechos, las garantías y libertades de la ciudadanía global?

El futuro está aquí y se juega ahí. Ya no es ciencia ficción. Como, tampoco, con un dejo de ironía, lo es preguntarse si alguna vez las “máquinas inteligentes” tendrán derechos.

**NO HAY DILEMA:
LOS PRODIGIOS DE LA
TÉCNICA DEBEN SERVIR
A LA CIUDADANÍA
GLOBAL**

Inteligencia Artificial

DESTACADOS

04 Raymundo Morado / Luis A. Pineda
Inteligencia Artificial: inductiva,
falible, reflejo de la humana

14 Octavio Olvera
La era de la
Machina Sapiens

COMENTARIOS

25 Pompeu Casanovas y Pablo Noriega
Cómo regular lo altamente complejo

45 Axel Arturo Barceló Aspeitia
Lo que aprendí de mi primera computadora

33 Jesús Manuel Dorador González
Prótesis humanas: de lo artesanal
a la impresión en 3D

49 Haydee O. Hernández Aviña / Mónica Ramírez Vázquez /
José Fabián Villa Manríquez / Paúl Hernández Herrera
Nuevas herramientas para ver lo *imperceptible*

37 Roberto Carlos Hernández López
¿El fin de la humanidad y del último
hombre?

53 Laura Trujillo
Desafíos tecnológicos y fragilidad humana

41 Esther Martínez
Los "agentes inteligentes"
son parte de la IA

57 Edna Márquez, Jesús Savage y Marco Negrete
En la batalla contra Covid-19

CONTEXTOS

PROYECTOS

62 Red de Investigación Feminista en
Inteligencia Artificial, f<a+i>
Inteligencia artificial y ciencia de datos
en Ciudad de México

65 Tecnología/IA: el blog de OpenMind

66 Cómo la IA salvará a la humanidad

67 IA en la Red de Bioética de la Unesco
¿Somos conscientes de los retos y
principales aplicaciones de la IA?

69 Propuestas de proyectos de
Investigación en IA en el Espacio
de Innovación UNAM-Huawei

70 13 proyectos industriales de vanguardia

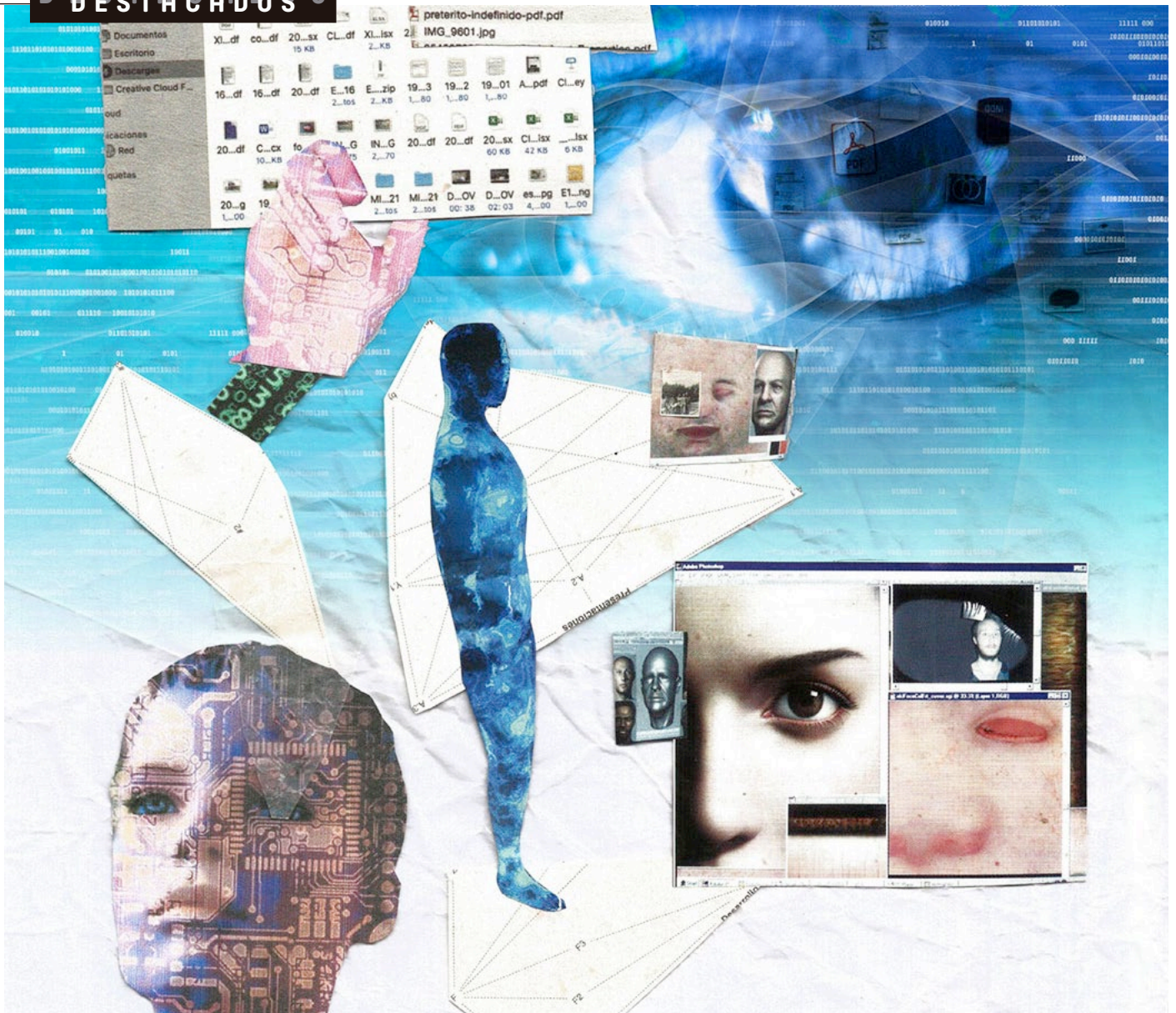
63 Grupo de Investigación Bisite.
Universidad de Salamanca
Instituto de Investigación en IA

68 Pódcast para fanáticos de IA y datos

64 ¿Hacia una nueva Ilustración? Una
década trascendente

72 Glosario

74 Colaboradores



Raymundo Morado* / Luis A. Pineda**

INTELIGENCIA ARTIFICIAL:
 Inductiva,
 falible, reflejo del ser
 HUMANA

Tomará tiempo reproducir toda la inteligencia humana. Las computadoras ya pueden hacer infinidad de cosas que rebasan nuestras habilidades, pero hay muchas otras capacidades intelectuales que el ser humano apenas ha empezado a desarrollar.

* Instituto de Investigaciones Filosóficas (IIF), UNAM

** Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas (IIMAS), UNAM

En el imaginario colectivo, las computadoras son “superhumanas”, dotadas de competencias mentales que antes, para muchos, eran consideradas exclusivamente de los seres humanos: hablar, conocer, pensar, aprender... incluso, sentir y ser conscientes.

Esta percepción se debe, en buena medida, a la disponibilidad generalizada de computadoras personales, teléfonos celulares y dispositivos similares que permiten acceder a la información global, las redes sociales y a herramientas de apoyo para el desempeño de actividades de la vida diaria. Estas tecnologías visibles se montan sobre otras tecnologías más profundas que, para el usuario final, son invisibles, como los sistemas de comunicaciones (en particular internet) con todo el andamiaje tecnológico que los hace posible, los sistemas de monitoreo y seguridad urbanos, las bases de datos masivas y las interfaces que combinan imágenes, textos y voz.

Tales herramientas han permitido recolectar y utilizar una inmensa cantidad de datos de la dinámica social, como los sistemas de seguridad que registran todo lo que se mueve o las aplicaciones para *navegar* en el tránsito cotidiano. Las tecnologías de cómputo y comunicaciones se organizan en jerarquías de varios niveles, como los bancos de primero, segundo y tercer piso, donde los ciudadanos comunes sólo tenemos acceso al primero; las empresas al segundo, y sólo los gobiernos y los grandes conglomerados mundiales al tercero.

No todo lo computado es inteligente

El cine y la televisión nos muestran un mundo en el que lo humano se transfiere a lo maquinal. Las computadoras son, en este sentido, como los juguetes a los que la niña o el niño adscriben atributos humanos para jugar con ellos. Esta adscripción no hace humanos a los juguetes, pero sí hace que el comportamiento de los niños cambie al jugar con ellos.

Debemos ser realistas sobre las computadoras. El hecho de que algo esté programado no significa, necesariamente, que sea inteligente. Tanto los modelos simbólicos como los neuronales de la computación tienen limitaciones. Por ejemplo, las redes neuronales no tienen la capacidad de manipular símbolos, son muy limitadas para modelar el pensamiento, incluyendo la toma de decisiones, y más bien se enfocan en la construcción de esquemas que conectan directamente la percepción con la acción motora. Aquí hay una especie de acuerdo o avenimiento entre ambos enfoques: mientras la computación simbólica se enfoca en el pensamiento, pero da por sentada la interpretación, las redes neuronales se enfocan en la percepción y la acción, pero a costa del pensamiento.

De la misma forma en que no todo lo que se computa es acertado, no todo lo inteligente puede ser computado todavía. Tomará tiempo reproducir toda la inteligencia

“

Es necesario distinguir entre datos e información. Mientras que los datos son registros en medios materiales (un cuaderno de notas o la memoria ram de la computadora), la información surge de su interpretación por los seres humanos y se manifiesta como creencias y conocimiento.

”

“

Lo que hoy tenemos es una gran abundancia de datos, no necesariamente de información.

Tener creencias y conocimientos exige capacidades mentales mucho más sofisticadas que la mera posesión de datos.

”

humana, por no hablar de la inteligencia sobrehumana. Las computadoras ya pueden hacer muchas cosas que rebasan las capacidades humanas, pero hay muchas otras capacidades intelectuales que apenas están en vías de desarrollo.

Se puede decir que cuando hablamos del “conocimiento” en los bancos de datos o de la “inteligencia” de los agentes artificiales, estamos abusando de los términos. Después de todo, llamar a una gran concentración de datos un “banco de conocimientos” es una exageración.

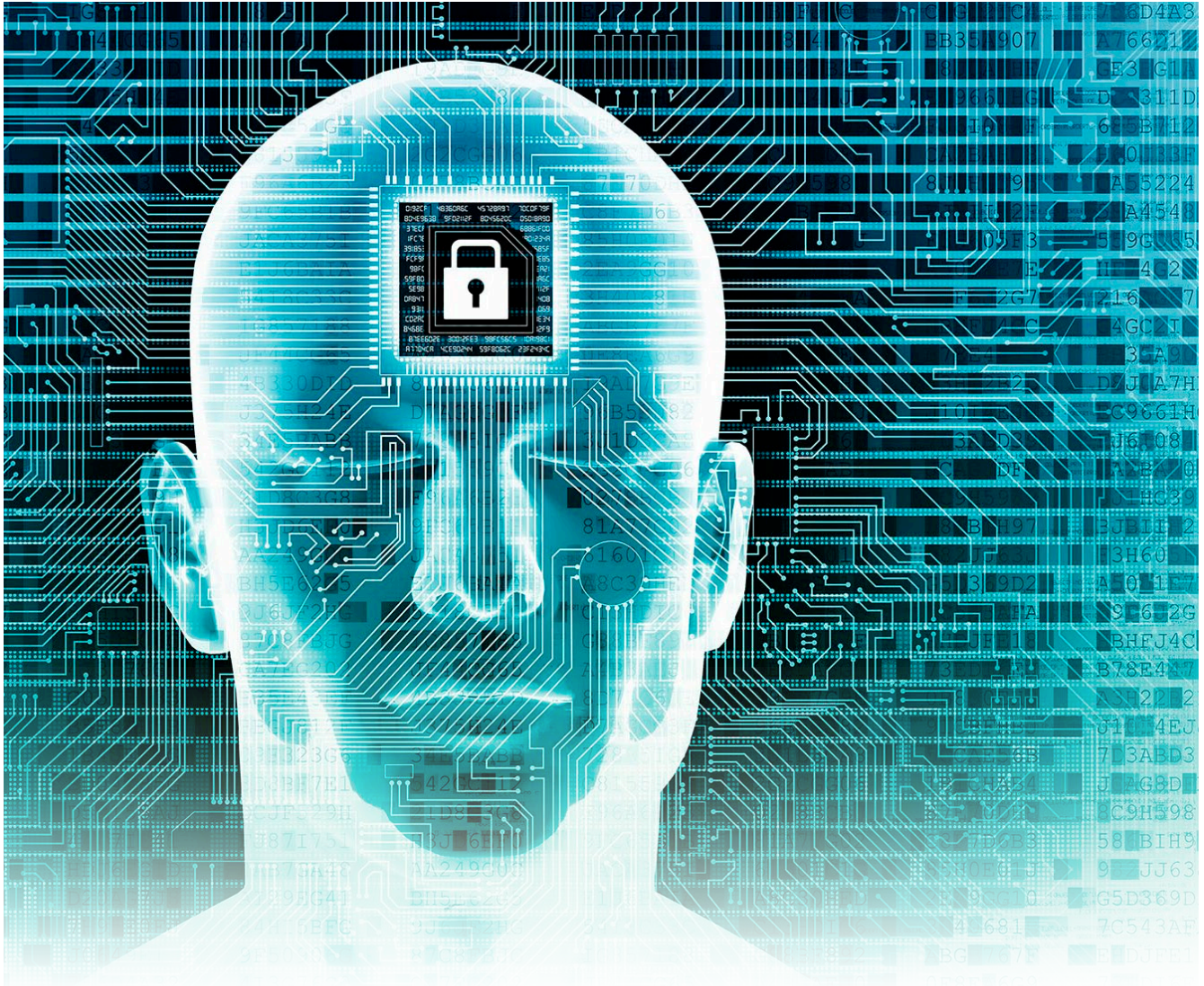
Es necesario distinguir entre datos e información, incluyendo las creencias y el conocimiento. Mientras que los datos son registros en medios materiales —como los dibujos y textos en un cuaderno de notas o su expresión digital en las memorias RAM de las computadoras—, la información surge de su interpretación por los seres humanos y se manifiesta como creencias y conocimiento. Un dibujo de los anillos de crecimiento de un tronco es un dato, pero su interpretación como *la edad del árbol* es información que se constituye, primero, como una creencia y, al confirmarse, como conocimiento. Las señales astronómicas masivas que recopilan los telescopios son datos, y sólo se convierten en información cuando son interpretados por los astrónomos.

Lo que tenemos hoy en día es una gran abundancia de datos, pero no necesariamente de información. Tener creencias y conocimientos exige capacidades mentales mucho más sofisticadas que la mera posesión de datos. Antropomorfizar demasiado pronto a los sistemas computacionales y no tomar en cuenta las distinciones señaladas —hechas con éstas o con otras palabras—, con el agravante de que los mismos datos pueden ser sujetos de interpretaciones muy diversas, da lugar a mucha confusión. La formación humanística favorece que se hagan y aprecien estas distinciones no sólo por la sociedad en general sino, incluso, por los técnicos y los teóricos de la Inteligencia Artificial (IA).

Para hablar de la IA sin confusiones debemos refinar el uso de los conceptos. Y, también, refinar los conceptos mismos. No hay algo sagrado en las nociones intuitivas de inteligencia (o de artificialidad) con que trabajamos. Podemos y debemos ampliar nuestra noción de lo que es inteligente o razonable.

En las primeras décadas del desarrollo de la IA fue natural tratar de generar respuestas infalibles. Eso fue muy útil para la mecanización de la matemática y de la lógica. Pero, eventualmente, aceptamos que es posible ser inteligentes sin ser deductivamente infalibles. A menudo es necesario llegar a conclusiones provisionales o aproximadas. Cuando nueva información nos obliga a revisar nuestras conclusiones sin perder las premisas originales, decimos que estamos razonando “no monotónicamente”. Nuestras conclusiones se pueden perder o bloquear sin haber perdido las premisas de las que fueron obtenidas. Esto es lo que los agentes inteligentes deben ser capaces de hacer;

Composición gráfica: Nmedia | Dreamstime.com



por ello, desde hace más de cuatro décadas tenemos varias lógicas no monotónicas para estudiar estos tipos de inferencia.

En consecuencia, cuando hablamos de IA es importante fortalecer y ampliar nuestras ideas del razonamiento inteligente mediante la consideración de procesos de razonamiento no monotónico.

En la ciencia y la vida cotidiana

La década de los sesenta del siglo XX fue la de los *main frames*, los grandes procesadores centrales a los que había que acudir o comunicarse remotamente como clientes pasivos. La década de los setenta fue de las "minicomputadoras" con sistemas más ligeros que se podían usar directamente; a través de ellas se pudo acceder a sistemas centrales más potentes. Los ochenta fueron los años de las computadoras personales y el internet, mientras que en los noventa aparece la web y los buscadores generales. Ya en la primera década de este siglo irrumpen los teléfonos celulares y dispositivos



Composición gráfica: Mamakestudio | Dreamstime.com

relacionados, así como las redes sociales. Actualmente, los sistemas se han hecho ubicuos y multifuncionales —con acceso a datos de manera masiva a través de interfaces naturales, como la voz y el video— y han permeado, prácticamente, todos los ámbitos de actividad humana.

Los avances de la IA, tanto del programa simbólico como el de redes neuronales, se han incorporado como parte de las tecnologías visibles e invisibles. Ejemplos de ello: las máquinas de traducción del lenguaje y las de reconocimiento visual de imágenes y videos (que se utilizan en sistemas de vigilancia o para reconocer y etiquetar personas en fotografías, lo mismo en aplicaciones de seguridad que en las redes sociales), los mecanismos de geolocalización y control, utilizados en los vehículos autónomos, o para el reconocimiento de voz y recuperación de información, como las que están disponibles en los “dispositivos inteligentes” como Siri y Alexa. Se encuentran también en las aplicaciones para producir textos y presentaciones: editores de textos, hojas de cálculo y programas tipo PowerPoint.

Las redes neuronales profundas se pueden pensar, asimismo, como un *aproximador universal* basado en datos para resolver problemas científicos de dimensiones múltiples y gran complejidad, cuyos modelos analíticos no existen o no son computables. Este aspecto tiene ya un impacto muy significativo en la física, la química, la biología,

etcétera. Por ejemplo, los recientes desarrollos para predecir el desdoble en el espacio tridimensional de las proteínas repercutirán en el desarrollo de la medicina y la ingeniería de materiales, con grandes beneficios potenciales; o las prótesis mentales para que personas cuadripléjicas puedan expresarse de manera textual.

Probablemente, los avances científicos y tecnológicos que serán posibles gracias a la computación tendrán mucho más impacto en la vida real que los “robots inteligentes” que se muestran en las películas. La presencia de la IA es ubicua en la tecnología de computación y comunicaciones. Esta tendencia se acentuará a lo largo del presente siglo, y la percepción de que la IA es una realidad seguirá fortaleciéndose.

Si recordamos lo que se mencionó antes sobre la inteligencia no monotónica, no es de sorprender que haya muchos ejemplos de aplicaciones computacionales prácticas que implementan razonamientos no monotónicos, en especial las relacionadas con el control de agentes en contextos complejos. Estos razonamientos no deductivos son falibles, pero gran parte de la inteligencia que queremos reproducir artificialmente es una inteligencia falible. De lo contrario, nos quedaríamos sin los procesos diarios de inducción, analogía, cálculo probabilístico, manejo de generalidades, etcétera.

Esta IA no monotónica puede equivocarse, pero también puede aprender de sus errores y autocorregirse. Puede bloquear las inferencias riesgosas o permitir las, dependiendo del contexto en que se encuentre. Es una inteligencia contextual que refleja mejor la capacidad humana de aprender y adaptarse cuando razona y toma decisiones. Estos sistemas son desarrollados en todo el mundo. Por ejemplo, en el Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas (IIMAS) de la UNAM, se tiene un grupo de trabajo, el Grupo Golem, que desarrolla robots de servicio basados en IA e interacción humano-robot para asistir a sus usuarios humanos en actividades cotidianas. El robot Golem-III cuenta con un sistema de razonamiento y una base de conocimientos no monotónica.

Esta sofisticación de la IA ayuda a la inserción de sistemas computacionales en la vida diaria. Pero ello supone, inevitablemente, enfrentar problemas filosóficos, pues necesitamos análisis conceptual para tomar buenas decisiones y encarar dilemas de muy diversa índole: tanto la responsabilidad por los *actos* que despliega un programa en la Bolsa de Valores, como las operaciones que realice u omita un vehículo autónomo. El desarrollo de la IA, como el de toda inteligencia, conlleva problemas de estética, justicia, valores y epistemología, entre muchos otros, por no hablar de los aspectos éticos que atañen a diversas aplicaciones de la IA.

El desafío consiste, pues, en desarrollar versiones más afinadas y complejas sobre *cómo pensar* la inteligencia, en general, y la artificial, en particular. Sin tal sofisticación filosófica no podremos entender y aprovechar la relación entre inteligencia y empatía, o entre la inteligencia, la intensionalidad (con *s*) y la intencionalidad (con *c*).

“

El desarrollo de la IA, como el de toda inteligencia, conlleva problemas de estética, justicia y epistemología, por no hablar de los aspectos éticos que atañen a diversas aplicaciones.

”



Composición gráfica: NSdecoet | Dreamstime.com

Lógica y ética, claves del futuro

El programa conexionista y de redes neuronales ha tenido, al menos, tres ciclos de vida. Los dos primeros con su surgimiento, crecimiento, culminación y decadencia. El tercero, aún vigente, conocido como "redes neuronales profundas", se encuentra en su cénit y ha logrado romper barreras que habían sido insuperables. Su éxito se debe, en parte, a la combinación de distintos elementos: el desarrollo de algoritmos de aprendizaje, conocidos desde el siglo pasado, pero que se han ampliado y perfeccionado; los datos masivos, indispensables para *entrenar* a las máquinas, que antes no se podían recopilar y ahora están disponibles gracias a internet, así como al desarrollo y disponibilidad de una gran variedad de dispositivos de sensado en las diferentes modalidades de la percepción que permiten monitorear y recolectar, de forma continua, la información que se genera en el entorno global. Finalmente, los desarrollos de *hardware* y *software* que permiten procesar, almacenar y transferir grandes cantidades de información de manera muy eficiente y a un costo muy bajo.

Estamos viviendo la mejor época, hasta ahora, de la IA. Pero, aun así, enfrentamos muchas carencias y peligros en la *representación inteligente* de la realidad. Los impresionantes avances en el procesamiento de la información no deben cegarnos a los retos que todavía afrontamos. La meteorología, la economía y la medicina han logrado avances significativos sin poder predecir, con seguridad, cómo evolucionará nuestra situación el día de mañana; mucho menos, poder controlarla. Asimismo, se registran continuamente logros sorprendentes en la IA, pero sigue siendo muy difícil diseñar conductas inteligentes, como conversar en ambientes altamente complejos. Alan Turing no exageraba cuando decía que sostener una conversación inteligente sobre



cualquier tema es un signo importante de inteligencia. Hay humanos que, a menudo, parecemos incapaces de superar esa prueba.

La IA guarda una estrecha relación con ramas de las humanidades como la literatura, la música, la lingüística, la psicología, el derecho, la sociología o la historia. Mucho menos conocida es su relación con las subdisciplinas filosóficas como la estética, la ontología, la antropología filosófica, la filosofía política y la epistemología. Abundaremos aquí, solamente, sobre dos puntos de contacto: la lógica y la ética.

En el siglo XIX, las lógicas booleanas establecieron los fundamentos para los circuitos de las unidades centrales de procesamiento. Hace 90 años, el cálculo Lambda para el estudio de la recursión sentó las bases de lo que sería la programación funcional y el lenguaje por excelencia de la IA por muchas décadas: Lisp. Hace 60 años se desarrollaron las lógicas temporales, útiles para modelar la dinámica de los procesos computacionales. Las lógicas epistémicas afinaron los conceptos básicos para la programación en paralelo y la concurrencia de multiagentes que permiten desarrollar supercomputadoras y grandes redes de intercomunicación.

Por su parte, las lógicas difusas permitieron innumerables implementaciones tecnológicas para el control de procesos graduales. Hace 50 años la programación lógica facilitó el control de procesos de resolución y unificación, y desde hace cuatro décadas las lógicas no monotónicas han permitido entender mejor el papel de la herencia en *programación por objetos* o el *supuesto de mundo cerrado* en bancos de datos.

Respecto a la ética, la IA genera interrogantes importantes. Las aplicaciones de IA han facilitado las "cámaras de eco" y otras formas de manipulación de la opinión pública, han hecho que desaparezcan empleos o provocado la muerte de personas atropelladas por autos autónomos, han posibilitado el despliegue de robots militares



Composición gráfica: Carlos Castilla | Dreamstime.com

que asesinan soldados aliados (no sólo enemigos) y que el Estado y las grandes corporaciones nos vigilen mejor.

Es un hecho que algunos sistemas de IA pueden tomar decisiones mejor informadas, pero eso mismo abre preguntas de gran calado: ¿es posible crear un sistema sin sesgos ni subjetividad? ¿Es posible, como pide la Declaración de Barcelona de 2017,¹ que los nuevos métodos sean verificados antes de estar disponibles y que, cuando un sistema de IA tome una decisión, las personas afectadas puedan recibir una explicación sobre las razones que la sustentan? Finalmente, la más inquietante: ¿pueden tener derechos las máquinas inteligentes?

Esta última pregunta es conceptualmente importante y da lugar a opiniones discrepantes. Por ejemplo, el doctor Luis Pineda, coautor de este artículo, considera que los sistemas de IA no pueden tomar decisiones genuinas, ya que carecen de intencionalidad y, consecuentemente, de libre albedrío. Por lo mismo, piensa que las máquinas no pueden tener derechos. Las decisiones, realmente, están preprogramadas y/o preconicionadas. Los programadores no saben las consecuencias que siguen de los programas ya que, justamente, la limitante para los seres humanos es explorar el espacio de búsqueda y hacer cálculos complejos. Por ello, si una computadora “toma una decisión”, quien realmente la toma es el programador, aunque no sepa que la está tomando. Por ejemplo, los movimientos que hace un programa de ajedrez están predeterminados por el programa, aunque el programador no sepa ninguna de las jugadas que hará la máquina. Lo mismo para los programas que manejan vehículos autónomos o armas automáticas. El programa es una creación intelectual, como el arte, y no es bueno ni malo; la responsabilidad ética recae en quien lo utiliza en una situación particular.

¹ Declaración de Barcelona para el adecuado desarrollo y utilización de la inteligencia artificial en Europa, Barcelona, España, 8 de marzo, 2017. Disponible en <https://bit.ly/3UiWdgl> (Consultado el 31 de octubre de 2022).



El futuro de la IA es abierto y ambicioso, por lo que requerirá de nuestras mejores capacidades tecnológicas y humanísticas para desarrollarlo de manera ética y fructífera. La gran empresa de la IA ha contado desde sus inicios con las contribuciones de científicos y filósofos, artistas y literatos. En la conjunción de todos los recursos humanos a nuestro alcance residen nuestras mejores esperanzas de desarrollar inteligentemente una inteligencia artificial.

Para continuar explorando estos temas

- Si te interesa leer más sobre IA puedes consultar el libro de Luis A. Pineda *Racionalidad computacional* (México, Academia Mexicana de Computación, 2021, 252 pp.) en <http://turing.iimas.unam.mx/~luis/cursos/IA2022-1/lecturas/Libro-Racionalidad.pdf>. También es posible revisar su artículo "El modo de computación" (en <https://arxiv.org/abs/1903.10559>), en el que desarrolla su concepto de computación y la relación de ésta con la inteligencia natural y la IA.
- Si quieres consultar videos sobre el Grupo Golem del IIMAS, haz clic en los siguientes enlaces: <https://www.youtube.com/user/golemiimas>, o <http://bit.ly/3Nsm4Az>
- Si es de tu interés profundizar sobre problemas filosóficos del razonamiento no monotónico, puedes leer los artículos de Raymundo Morado "Nuevos paradigmas de la inferencia racional", en Carmen Trueba, comp., *Racionalidad: Lenguaje, argumentación y acción*, México, UAM/Plaza y Valdés, 2000, pp. 89-99; y "Problemas filosóficos de las lógicas no monotónicas", en Raúl Orayen y Alberto Moretti, *Enciclopedia Iberoamericana de Filosofía*, vol. 27, Madrid, Editorial Trotta y Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 2004, pp. 313-344.
- Si deseas explorar las cuestiones éticas relacionadas con la IA y la robótica, puedes leer el artículo en inglés de la *Enciclopedia de filosofía*, de la Universidad de Stanford, el cual aborda los principales temas de debate como la privacidad, la manipulación de la conducta, la opacidad, los sesgos, la interacción con humanos, la automatización industrial, los sistemas autónomos, la ética de las máquinas, los agentes morales artificiales y la singularidad. Consúltalo en este enlace: <https://plato.stanford.edu/entries/ethics-ai>

Octavio Olvera*

La era de la **M**achina Sapiens

Las tecnologías basadas en Inteligencia Artificial han transformado hábitos sociales, percepciones individuales, formas de convivir, trabajar, producir y comprar. Algunas aplicaciones constituyen avances significativos en la medicina, la lucha contra el calentamiento global y el desarrollo del conocimiento en infinidad de disciplinas. Sin embargo, también hay señales perturbadoras que generan incertidumbre, sobre todo en materia de libertades y derechos, que obligan al escrutinio público.



* Dirección General de Divulgación de las Humanidades (DGDH), UNAM

En mayo de 2017, AlphaGo, un programa de Inteligencia Artificial (IA) de Google, venció a Ke Jie, considerado uno de los mejores jugadores de [Go](#) en el planeta. Además de abatir el ánimo del joven chino de 19 años, quien dejó escapar conmovedoras lágrimas, la derrota confirmaba el inicio de una nueva era: los programas de “redes neuronales profundas” se convertían en factor de competencia y dominio global.

Para [Kai-Fu Lee](#), inversor de riesgos y uno de los desarrolladores más sobresalientes de IA a nivel global, el acontecimiento fue algo más que un nuevo triunfo de las máquinas sobre el hombre (en 2016, el mismo programa venció al coreano Lee Sedol, 18 veces campeón mundial de Go): representaba la victoria de las empresas tecnológicas occidentales sobre las demás naciones con proyectos de IA, y acentuaba su liderazgo en el desarrollo de artefactos capaces de superar la inteligencia humana.

Ante tal circunstancia, el gobierno chino decidió responder al desafío: diseñó un plan con el propósito de acelerar el proceso de investigación científica y tecnológica, así como la inversión empresarial. La disposición de enormes recursos económicos arrojó frutos en muy corto tiempo. En 2021, el país oriental fue considerado una potencia en este rubro a la par de Estados Unidos, con lo que se sentaban las bases para cumplir el verdadero objetivo: hacer de China el centro más avanzado en IA llegado el año 2030.

Se trata del *efecto Sputnik* en la tecnología digital actual, según lo analiza Kai-Fu Lee, al equiparar el fenómeno con la carrera por la “conquista del espacio” que precipitó la puesta en órbita del primer satélite artificial (el Sputnik 1) por la antigua Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS) en 1957. Es por eso que el avance y la innovación en IA será, en adelante, no sólo un factor

clave en la vida común de la gente, la economía y las industrias, sino en el orden político mundial.

Pero Lee hace un pronóstico aún más inquietante sobre la evolución de la IA:

Marcará el inicio de una era de un formidable incremento de la productividad, pero también de perturbaciones generalizadas en el mercado laboral, así como de profundos problemas sociopsicológicos con consecuencias para las personas, a medida que la inteligencia artificial se haga cargo de los trabajos realizados por seres humanos en todo tipo de industrias.

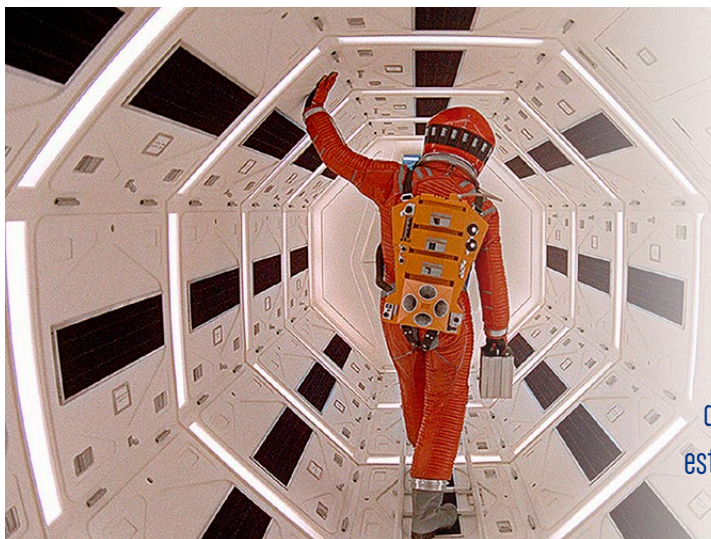
De ahí la preocupación de un sector de científicos y humanistas, entre ingenieros, matemáticos, informáticos, filósofos, sociólogos y juristas de todo el mundo, por seguir de cerca los avances de esta tecnología que ha permeado casi todos los ámbitos de la vida social.

Inicio y desarrollo de la IA

Hace apenas una década el potencial de la IA era sólo parte de inquietantes argumentos de la literatura y el cine. Un clásico de la cinematografía como [2001: Odisea del espacio](#), de Stanley Kubrick (1968), sería el mejor ejemplo de la fantasía que generó el entusiasmo por la IA en su etapa inicial.

Desde luego, aún estamos muy lejos de esas historias extremas de la ficción. La saga de HAL 9000, el supercomputador algorítmico programado heurísticamente, contra cinco astronautas en misión a Júpiter (síntesis de la compleja trama que construye Kubrick a partir de la novela homónima de Arthur C. Clarke), representa uno de los miedos latentes en el universo de la distopía: la *rebelión* de las máquinas contra su creador.

Fotograma: 2001, *Odisea del espacio*



Arthur C. Clarke sobre HAL 9000:
 Había comenzado a cometer errores; sin embargo, como un neurótico que no podía observar sus propios síntomas, los había negado... éste era relativamente un problema menor; podía haberlo solucionado –como la mayoría de los hombres tratan sus neurosis– de no haberse encontrado con una crisis que desafiaba a su propia existencia. Había sido amenazado con la desconexión... con ello sería arrojado a un inimaginable estado de inconsciencia. Para HAL esto era equivalente a la Muerte. Pues el no había dormido nunca [...].

Por el momento, la realidad es relativamente más sencilla: los artefactos que vencieron a [Gari Kaspárov](#) (Gran Maestro de ajedrez derrotado en 1997 por [Deep Blue](#), una supercomputadora desarrollada por IBM) y a Ke Jie están impedidos de hacer algo mejor que jugar, *magistralmente*, al ajedrez o al Go.

Lo cierto es que, hoy por hoy, sería imposible pensar la vida cotidiana sin los paradigmas que va sentando la IA.

Quizá una parte de nuestra sociedad no lo advierte, y sólo se maravilla con la asistencia de los dispositivos que usa a diario. Por ejemplo, cuando abrimos un servicio de *streaming* y nos disponemos a gozar de una serie o película y, enseguida, el sistema ofrece sugerencias de contenido de acuerdo con nuestros gustos que ya tiene detectados.

Los teléfonos móviles nos proporcionan, por lo menos, tres ejemplos de IA en su funcionamiento: el reconocimiento facial para acceder al celular, el asistente vocal para activar determinados comandos del dispositivo y la obsesiva necesidad de *adivinar* nuestro pensamiento o corregirlo cuando enviamos un mensaje de texto.

El Sistema de Posicionamiento Global (GPS, por sus siglas en inglés) se añadió a nuestra rutina para buscar destinos desconocidos o elegir la mejor ruta cuando estamos entre el complicado tránsito.

¿Pero cómo llegamos a este desarrollo? ¿Cuándo inició todo? Aunque desde la antigüedad la literatura nos muestra el sueño del hombre por crear criaturas inteligentes a su semejanza (pensemos en Hefestos y sus estatuas móviles de oro dotadas de inteligencia que aparecen en la *Iliada*, por dar un ejemplo), los inicios de la IA no rebasan las siete décadas.

Al término de la Segunda Guerra Mundial, en la que jugó un papel decisivo para descifrar el código Enigma que contenía los mensajes criptados del ejército alemán, el matemático inglés [Alan Turing](#) construyó uno de los primeros computadores programables. Años después, en 1950, publicó un artículo que fue determinante para establecer las bases de la IA: "[Computing Machinery and Intelligence](#)".

En ese trabajo, Turing propone una prueba para dictaminar si un sistema es inteligente, conocido a la postre como el [Test de Turing](#). Este ejercicio consiste en lo siguiente: una persona interacciona, a la vez, con una computadora y con otro individuo a los que no ve. Si en ese lapso no logra identificar cuál de sus interlocutores es la máquina, el dispositivo artificial es considerado inteligente.

El segundo gran hito fundacional se dio un lustro después. Sucedió en 1956, en la histórica Conferencia de Dartmouth, en New Hampshire, Estados Unidos. Participaron en ella John McCarthy, Marvin Minsky, Claude Shannon, Herbert Simon y Allen Newell, todos figuras sobresalientes de la informática y, a la postre, ganadores del Premio Turing, el más prestigioso en computación, equivalente al Nobel en su especialidad.

Aquí acuñan el término de Inteligencia Artificial como "la disciplina dentro de la informática o la ingeniería que se ocupa del diseño de sistemas inteligentes", refiriéndose a programas con las propiedades necesarias para realizar funciones equiparables a la inteligencia humana, estableciendo así las [bases para su desarrollo](#).

En los años posteriores a la convención de Dartmouth se registran importantes avances. Uno de ellos, la creación de ELIZA, el primer programa para procesar lenguaje y dialogar con los humanos, creado en 1965 por Joseph Weizenbaum en el Massachusetts Institute of Technology (MIT).

Fueron tiempos de gran entusiasmo por la tecnología en ciernes. Herbert Simon predijo que, "en veinte años, las máquinas serán capaces de hacer el trabajo de una persona". Por su parte, en 1970, Marvin Minsky, en entrevista para la revista *Life*, arriesgó un pronóstico: que en un lapso de tres a ocho años "tendremos una máquina con la inteligencia general de un ser humano". Pero la fe en la evolución *casi instantánea* de la inteligencia no biológica construyó su propia trampa. El prodigio no tuvo lugar en los plazos imaginados.

A principios de la década de los setenta, el Congreso estadounidense y el gobierno británico empezaron a desconfiar del frenesí por la IA, que no mostraba desarrollos prácticos. Aunado a ello, las circunstancias de la posguerra —inicio de la carrera armamentista y la batalla entre las potencias por la conquista del espacio— desviaron los recursos económicos al incremento del arsenal bélico (más armas y con mayor potencial destructivo) y a la construcción de naves para explorar el espacio fuera de la órbita terrestre.

A esta etapa se le conoce como "El invierno de la IA". Situación que se repetirá a finales de los ochenta. Ambos periodos fueron provocados, principalmente, por el alto costo de las investigaciones y los resultados poco aplicables en la actividad económica.

Un verano promisorio

En todo ese tiempo, los equipos de investigación ocupados en la IA bifurcaron la ruta de sus exploraciones: por un lado, los que desarrollan sistemas basados en normas; por el otro, quienes estudian procedimientos fundados en redes neuronales.

Los primeros diseñaron programas que respondieran a una lógica binaria: si "A", entonces "B". Extrajeron la sabiduría de los expertos para proveer a los ordenadores de ese conocimiento. De ahí que a esta modalidad se le conozca como "sistemas expertos". En cambio, quienes se ocuparon en desarrollar los sistemas neuronales trataron de emular el funcionamiento del cerebro humano. Sin embargo, para entrenar a esas neuronas artificiales se requerían dos elementos indispensables: el mayor número de datos posibles sobre un fenómeno en particular y la capacidad de procesarlos con certeza y rapidez.

En los primeros cincuenta años de investigación en IA fue

Tabla 1.

¿Qué es la IA?

(Definiciones a la carta)

La Inteligencia Artificial es la elucidación del proceso de aprendizaje humano, la cuantificación del proceso de pensamiento humano, la explicación de la conducta humana y la comprensión de lo que hace posible la inteligencia. Es el paso final del hombre para comprenderse a sí mismo.

KAI FU-LEE

Científico informático taiwanés, inversor de riesgo.

La ciencia y la ingeniería de máquinas con capacidades que se consideran inteligentes según los estándares de la inteligencia humana.

PHILIP JANSEN

Empresario británico, CEO de BT Group plc.

La IA busca hacer que los ordenadores hagan el tipo de cosas que puede hacer la mente.

MARGARET BODEN

Investigadora en Ciencia Cognitiva, Departamento de Informática de la Universidad de Sussex (Brighton, Reino Unido).

La IA se puede definir como una ciencia o, bien, como una tecnología. Su objetivo es alcanzar una mejor explicación científica de la inteligencia y de las funciones cognitivas. Puede ayudarnos a comprender mejor a los seres humanos y a otros seres dotados de inteligencia natural. En este sentido, es una ciencia y una disciplina que estudia, sistemáticamente, el fenómeno de la inteligencia (y, a veces, de la mente o el cerebro).

MARK COECKELBERGH

Filósofo belga. Profesor de Medios y Tecnología, Universidad de Viena (Austria).

La IA es una joven disciplina de sesenta años. Un conjunto de ciencias, teorías y técnicas (entre las que se incluye lógica matemática, estadística, probabilidad, neurobiología computacional, ciencias de la información) que pretende imitar las capacidades cognitivas de un ser humano. Sus desarrollos están íntimamente ligados a los de la informática y han llevado a las computadoras a realizar tareas cada vez más complejas, que antes sólo podían delegarse en un ser humano.

CONSEJO DE LA UNIÓN EUROPEA



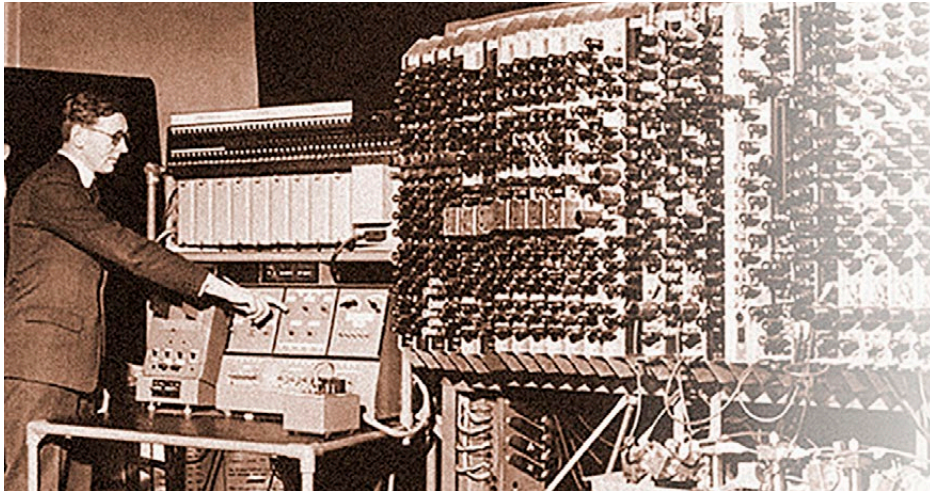
Ilustración: Mast3r | Dreamstime.com

imposible tener ese binomio para alimentar las redes neuronales. Los ordenadores no podían procesar los datos con eficacia. Pero la expansión de internet, en la última década del siglo XX, lo cambió todo. A través de ella se tuvo la vía de acopio de datos que las redes neuronales necesitaban.

Mientras internet se expandía en los primeros años del nue-

vo milenio, los avances de investigadores como [Geofrey Hinton](#) –ganador en 2012 del concurso Desafío de Reconocimiento Visual a Gran Escala (ILSVRC, por sus siglas en inglés) con su dispositivo [AlexNet](#)– encontraron la manera de adiestrar a mayor velocidad las redes neuronales, nutriendo su capacidad para identificar sonidos y objetos. Debido a estas nuevas cualidades mudó su nombre a *Deep*

Fotografía: Jimmy Sime / Alpha Press 050000 29/11/1950



Alan Turing:
 En vez de intentar producir un programa que simule la mente adulta, ¿por qué no tratar de producir uno que simule la mente del niño? Si ésta se sometiera entonces a un curso educativo adecuado, se obtendría el cerebro de adulto.

Learning (aprendizaje profundo).

Fue el punto de inflexión del desarrollo de la IA. A partir de entonces, el nuevo fervor por la inteligencia no biológica generó la temperatura necesaria para el deshielo de su segundo invierno.

Bajo la corriente dominante del aprendizaje profundo, investigadores y empresas tecnológicas reconocieron el gran potencial de la IA para identificar el habla, traducir idiomas, reconocer imágenes, tomar decisiones sobre créditos, pronosticar las preferencias de los consumidores, prestarle visión a los robots y programar la autonomía de los vehículos. Recién llegado, el nuevo verano de la IA se augura promisorio y de muy larga duración.

Como si fuera cosa de juego

No deja de ser curioso que uno de los resortes impulsores de la IA sean las competencias recreativas o lúdicas. Mediante estos concursos o retos, las grandes empresas tecnológicas han marcado los hitos en la evolución de estas tecnologías que seducen a inversores, gobiernos y consumidores.

En 2005, por ejemplo, la Universidad de Stanford creó un vehículo autónomo que participó en la Grand Challenge de la Agencia de Proyectos de Investigación Avanzados de Defensa estadounidense (DARPA, por sus siglas en inglés), competencia de autos sin conductor en la que el prototipo recorrió los 210 kilómetros de la prueba.

En 2018, un año después de que AlphaGo derrotara en territorio chino a Ke Jie, [Alibaba](#), el gigante chino líder en comercio electrónico, entró a terreno estadounidense para vencer con un *software* a sus oponentes humanos en la prueba de comprensión lectora de la Universidad de Stanford (Stanford Question Answering Dataset, SQUAD).

Como si fuera cosa de juego, pareciera que la IA se restringe

a los torneos de máquinas con destreza superior para derrotar a la inteligencia humana. Es sólo aparente. La contienda supera lo lúdico, pues las competencias exhiben el nivel de desarrollo en que se encuentran las empresas tecnológicas mundiales y, a la par, delimitan la carrera de la competencia económica basada en la IA.

Datos del [Informe sobre Tendencias de la Tecnología-Inteligencia Artificial](#), publicado en 2019 por la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI), señalan que en la última década la IA ha permeado todos los aspectos de la vida humana. El paso del campo teórico y la demostración de avances en competencias a su irrupción en el mercado mundial, representa una verdadera revolución en la producción de bienes y servicios.

Desde 2013, las patentes relacionadas con IA aumentaron de manera sostenida, representando 50% de las invenciones registradas en este rubro, al considerar su punto de partida en 1950. Las empresas que encabezan los primeros sitios en patentes son dos estadounidenses y tres asiáticas. La número uno es la International Business Machines Corp. (IBM), con 8 290 invenciones, seguida por Microsoft Corp., con 5 930. Después de ellas se encuentran la japonesa Toshiba Corp., que patentó 5 223; la coreana Samsung, con 5 102, y el japonés Grupo NEC, con 4 406 nuevas invenciones.

Sin embargo, las cifras contrastan respecto a las patentes solicitadas por entidades académicas. China sobresale en ese ámbito. El informe indica que las organizaciones chinas “constituyen tres de las cuatro instituciones académicas que figuran entre los 30 principales solicitantes de patentes, y la Academia China de Ciencias ocupa el puesto 17, con más de 2 500 familias de patentes”. Entre las instituciones académicas, “las de China representan 17 de las 20 más importantes en materia de patentes relacionadas con la IA, así como diez de las 20 más importantes en publicaciones científicas

relacionadas con la IA”, abundó el Informe de OMPI.

La competencia por el avance en tecnología de IA y el mercado que se deriva de ella entre países occidentales, liderados por Estados Unidos, y asiáticos, encabezados por China, es evidente. Esto incidirá en el futuro orden político mundial que se había mantenido sin grandes sobresaltos desde la caída de la URSS.

Una nueva Revolución Industrial

El incremento a gran escala de inversiones en IA registrados alrededor del mundo está transformando nuestro quehacer cotidiano y determinando nuevas formas de producción y comercio.

Una prueba de ello es que la solicitud de patentes en aprendizaje profundo, técnica que está revolucionando la IA, aumentó exponencialmente, con una tasa de crecimiento anual de 175%, según el citado informe de la OMPI.

El reporte señala, asimismo, los sectores industriales que más implementaron los programas de esta tecnología. En primer lugar se encuentra el transporte y la industria automotriz, que en los años reportados tuvo un aumento de 134%, con una tasa anual de crecimiento de 33%. En segundo lugar, la industria de telecomunicaciones, con un incremento de 84% (23% anual). En las ciencias médicas la expansión fue de 40% (12% anual). Finalmente, los dispositivos personales (computadoras, teléfonos celulares e informática) registraron un alza de 36% (11% anual).

Con base en el crecimiento exponencial de la IA en los pro-

cesos de producción durante la última década, los sectores académico y empresarial coinciden en señalar que nos encontramos en el umbral de una nueva revolución industrial.

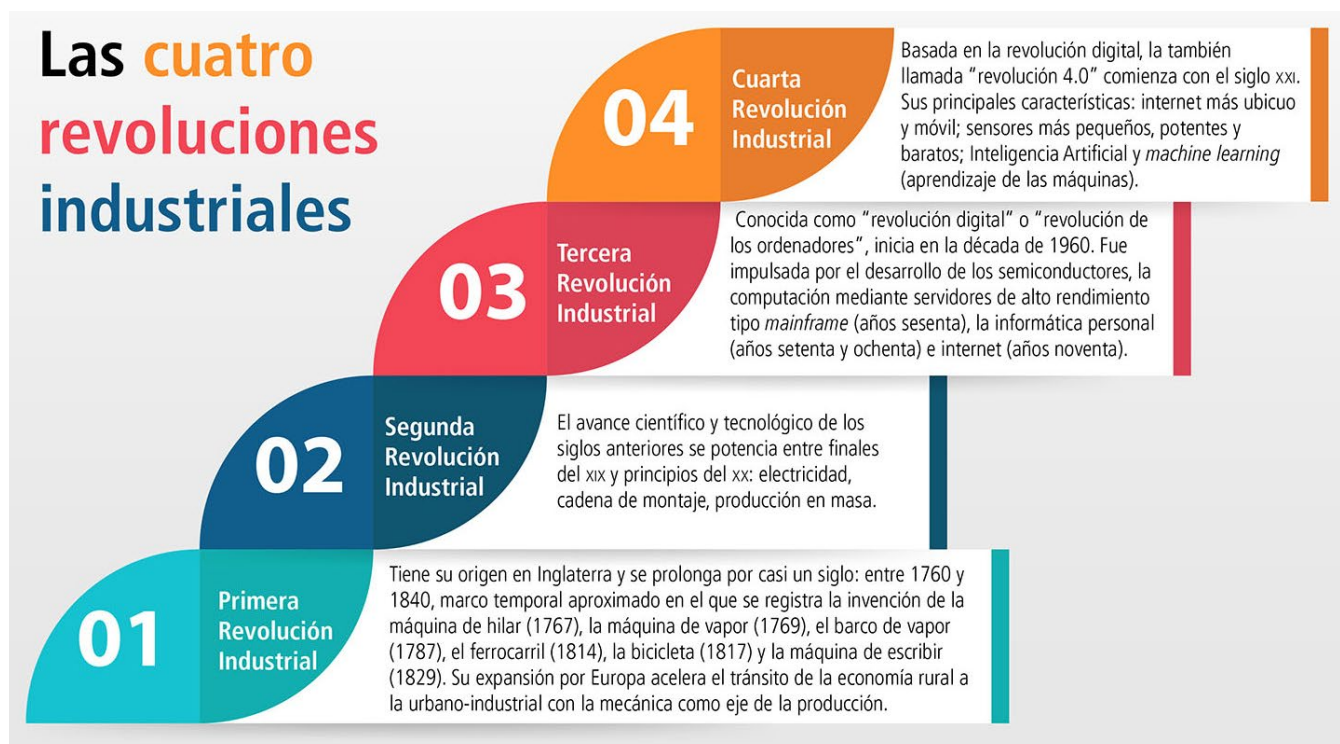
En estricto sentido, la tecnología digital es el punto de quiebre: marcó el inicio de la llamada Tercera Revolución Industrial. El nuevo paradigma reside en la evolución de la IA, los *softwares* y las redes cada vez más sofisticadas e integradas. La combinación está transformando a las sociedades y a la economía mundial.

Klaus Schwab, economista y empresario alemán fundador del Foro Económico Mundial, apunta en su libro [La cuarta revolución industrial](#) (2016):

Habida cuenta de las diversas definiciones y argumentos académicos utilizados para describir las tres primeras revoluciones industriales, creo que hoy estamos en los albores de una cuarta revolución industrial. Ésta comenzó a principios de este siglo y se basa en la revolución digital. Se caracteriza por un Internet más ubicuo y móvil, por sensores más pequeños y potentes que son cada vez más baratos, y por la inteligencia artificial y el aprendizaje de la máquina.

El carácter estratégico de la tecnología

“Una revolución industrial impacta en todos los sectores económicos; y la Inteligencia Artificial, como tecnología de uso generalizado, está incidiendo en la vida económica de manera tal, que está también



transformando a la sociedad en su conjunto”, advierte Isaac Minian Laniado, investigador del Instituto de Investigaciones Económicas (IIEC) de la UNAM, en entrevista con *Nuevos Diálogos*.

Para el economista —experto en fragmentación productiva, redes globales de producción y nuevas tecnologías—, uno de los factores más importante para analizar es el social. En su opinión, la IA generará un mundo de diferenciación social más acentuada por la expulsión del empleo. Agrega el investigador:

Todas las tecnologías nuevas son capital intensivo. Utilizan más capital físico (robots) o capital intangible (*software*, algoritmos, datos) y expulsan trabajo no calificado de la producción. Está claro que un trabajador manual de una fábrica difícilmente podrá laborar, en el corto plazo, en temas de Inteligencia Artificial. Ahí tenemos todo un problema de empleo y de desempleo enorme. Con la llegada de internet desapareció una gran cantidad de trabajos, pero se crearon otros con diferentes calificaciones; mas no en la misma proporción cuantitativa. Es decir, no es que se pierdan diez y se ganan diez; se pierden diez y, a lo mejor, se ganan cinco... o uno. Entonces, tenemos un problema de desequilibrio enorme en términos económicos.

Para afrontar este desafío, Minian Laniado no ve otra vía que la formación de recursos humanos por medio de la educación. Sin embargo, también advierte que la creación de capital humano, por sí misma, sólo provocaría la migración de gente calificada, como los cientos de mexicanos que laboran en las industrias tecnológicas de California, Estados Unidos. Científicos y técnicos que le costaron a México porque se formaron aquí, pero producen en el extranjero.

“Se necesita una combinación entre generar nuevos desarrollos educativos, pero, al mismo tiempo, un desarrollo industrial y económico con visión de largo plazo acorde con las nuevas tecnologías”, propone.

Estas tecnologías generan, también, una mayor concentración del ingreso por la creación de monopolios en plataformas como Microsoft, Google, Amazon, Apple y otras firmas superestrellas que recaban datos a partir de sus servicios digitales presuntamente gratuitos. Son productoras de bienes y servicios genéricos como semiconductores, internet e información.

Las firmas innovadoras en tecnología tienen un efecto positivo, ya que pueden implicar enormes aumentos en productividad y mayor crecimiento económico. Sin embargo, también deben señalarse los aspectos negativos, incluso alarmantes, que se pueden desprender del uso de esas tecnologías: discriminación de minorías, restricciones a la democracia o a las libertades individuales y sociales, así como distribución de información falsa.

A decir de Minian Laniado, otro de los elementos cruciales relacionado con la IA es el geoestratégico. Para las empresas, la tecnología es un bien táctico para competir; ellas guardan sus innovaciones con celo hasta que otros las copian. Para los Estados nacionales, forma parte de los llamados “valores de doble uso”, en el sentido de que son activos militares y civiles, al mismo tiempo.

Dado el papel estratégico de la tecnología, si un país desea adquirir determinados bienes y servicios digitales debe alinearse con alguna de las potencias que los producen. Esto significa que la tecnología tiene un papel central en la geopolítica actual. “¿Quieren tecnología? ¿No la producen? Trabajen con nosotros. Es una especie de alineación política internacional”. Minian ofrece un ejemplo inmediato: en el momento en el que hubo escasez mundial de semiconductores por la pandemia, los países que no

Fotografía: Steve Jurvetson, Hands-free Driving, Flickr.



“En 2005, la Universidad de Stanford creó un vehículo autónomo que participó en la Grand Challenge de la Agencia de Proyectos de Investigación Avanzados de Defensa estadounidense (DARPA, por sus siglas en inglés), competencia de autos sin conductor en la que el prototipo recorrió los 210 kilómetros de la prueba.”

tenían capacidad para producirlos sufrieron consecuencias más graves; México tuvo que limitar su producción automotriz frente a esta carencia. “Se dice que un automóvil moderno es un conjunto de semiconductores subido en cuatro ruedas”.

La dependencia de las naciones que no generan tecnología, respecto de las que la producen, es enorme. Y lo será más con el futuro desarrollo de la IA. Por ello, se pueden advertir dos caminos: producir tecnología o aliarse con quienes la tienen. Sin embargo, más allá de las encrucijadas económicas y políticas que se derivan de la IA, para Minian es muy relevante que el fenómeno sea abordado desde otras perspectivas, como la filosófica, la sociológica, la jurídica y la artística, entre otras.

Privacidad en riesgo

Segunda Guerra Mundial, 1940. El ejército alemán ocupa las principales ciudades de Europa y expande el terror entre la comunidad judía. En Holanda, Jacobus Lambertus Lentz, un funcionario del gobierno, había planeado desde años atrás la compilación de datos personales para el registro de la población y el carnet de identidad de los holandeses.

El Estado rechazó su procedimiento por considerar que violaba la privacidad de sus ciudadanos. Sin embargo, para las fuerzas alemanas fue oro molido. Gracias a su plan, que fue apoyado por los invasores, y con la ayuda de la máquina Hollerith de IBM, indispensable para procesar los datos, Lentz pudo censar a la población de los Países Bajos, identificando, así, a la comunidad judía.

Otra cosa ocurrió en Francia, que tampoco tenía un registro preciso de su población. René Carmille, quien en su calidad de auditor del ejército francés tenía a su servicio algunas máquinas Hollerith, se ofreció a hacer el registro que requerían los alemanes. Pero los engañó: retardó el censo cuanto pudo y, deliberadamente, “olvidó” integrar el cómputo de la religión a la información que procesaban las Hollerith.

El contraste resultó dramático: 73% de la población judía de Holanda “murió”, contra 25% de la de Francia.

Con esta narración, la filósofa Carissa Véliz, profesora del Instituto de Ética e Inteligencia Artificial, adscrito al Hertford College de la Universidad de Oxford, Inglaterra; inició [su charla](#) con investigadores del Instituto de Investigaciones Filosóficas (IIFs) de la UNAM el mes de abril de 2022, sesión a la que tuvo acceso Nuevos Diálogos.

La parábola ilustra la importancia de la secrecía de los datos personales que Véliz quiso resaltar en su abordaje de la relación entre privacidad,

inteligencia artificial y democracia: que nuestras fichas de identidad pueden ser un instrumento preciso de control y represión. Datos que, en la actualidad, están en poder tanto de gobiernos como de grandes empresas tecnológicas y de *hackers*.

Su reciente libro, *Privacidad es poder. Datos, vigilancia y libertad en la era digital* (2021), arranca con una descripción perturbadora:

Nos vigilan. Saben que estoy escribiendo estas palabras. Saben que las estás leyendo. Gobiernos y cientos de empresas nos espían: a ti, a mí y a todos nuestros conocidos. Cada minuto, todos los días. Rastrear y registran todo lo que pueden: nuestra ubicación, nuestras comunicaciones, nuestras búsquedas en internet, nuestra información biométrica, nuestras relaciones sociales, nuestras compras y mucho más.

Ya no es ciencia ficción o fantasía apocalíptica. Estamos ante lo que la filósofa denomina “capitalismo de vigilancia”. Y es que, con la ampliación del uso de internet en todos los sectores de la vida cotidiana y el crecimiento del “internet de las cosas”, los datos viajan a una velocidad sin precedentes y son manejados en tiempo real por todo tipo de empresas; mismos que, por medio de la *big data*, son analizados para la producción industrial y, desde luego, para *apoderarse* del perfil de los cibernautas.

La presencia de Carissa Véliz en la UNAM coincidió con la difusión de una noticia global: la intención del magnate Elon Musk, CEO de las tecnológicas SpaceX y Tesla, de adquirir la empresa Twitter.¹

¹ Luego de muchas dudas, el 27 de octubre de 2022 se confirmó finalmente

Las tres leyes de la robótica según Isaac Asimov (*Yo, robot*)

Primera:

> Un robot no debe dañar a un ser humano ni, por su inacción, dejar que un ser humano sufra daño.

Segunda:

> Un robot debe obedecer las órdenes que le son dadas por un ser humano, excepto cuando estas órdenes se oponen a la Primera Ley.

Tercera:

> Un robot debe proteger su propia existencia hasta donde esa protección no entre en conflicto con la Primera o la Segunda leyes.

Para Véliz, uno de los grandes negocios que vislumbraba Musk en la red social es la adquisición de datos. Al cierre de 2021, Twitter alcanzó los 199 millones de usuarios. Cada segundo se mandaron, en promedio, 9 000 mensajes, equivalentes a 750 millones al día. Tal cantidad de información ofrece la posibilidad de establecer un registro personal de los usuarios. Agrega:

El modelo de negocio de Twitter es vender datos. Las búsquedas, las charlas con los amigos, los contactos con otras aplicaciones o redes sociales, todas esas referencias se compilan para ser vendidas a bancos, aseguradoras e, inclusive, gobiernos; y ellos, a su vez, las comercializan con quien desee comprarlos.

El caso de la consultora política Cambridge Analytica refrenda la exposición de la filósofa. En 2016, Facebook entregó la privacidad de 87 millones de sus usuarios, cuyos datos fueron vendidos a la consultora para incidir en las elecciones presidenciales de Estados Unidos. Donald Trump ganó los comicios por la considerable diferencia de 70 000 votos en los *swing states*, aquellos que definen el desenlace en una contienda reñida.

Para cerrar su exposición, Carissa Véliz recordó que el [derecho a la privacidad](#) está contenido en la Declaración Universal de los Derechos del Hombre como uno de los mecanismos para evitar la repetición de los genocidios registrados en la Segunda Guerra Mundial. Un derecho que debe hacerse valer en nuestras democracias.

Delegar en la máquina la “toma de decisiones”

La conductora desplazaba su Uber Volvo autónomo modelo XC90 por una de las tranquilas carreteras de Tempe, Arizona. La tarde había cedido su reino a la templada noche de la primavera desértica. Nada más propicio para dejar rodar su auto sobre el asfalto y aprovechar el tiempo del viaje para disfrutar, a través de su teléfono inteligente, de una buena serie.

Sus sentidos delegaron la seguridad de la conducción a los sensores del vehículo, presuntamente infalibles. De pronto percibió que el auto golpeó algo sólido que lo desestabilizó. La cámara interior del Volvo registró su sobresalto cuando advirtió que había arrollado a una mujer, dejándola herida de muerte.

Luego de enfrentar un juicio, la conductora fue encontrada culpable de homicidio imprudencial. ¿Su imprudencia? Transferir a la máquina la decisión de actuar ante un imprevisto. Era de noche. La mujer arrollada usaba ropa oscura y atravesó la carretera por un tramo vedado a los peatones. El Volvo no supo detectar a

la compra de esta red social por parte del magnate sudafricano en una operación valorada en unos 44 000 millones de dólares, 24 horas antes de cumplirse el plazo dado por una jueza en Estados Unidos para abrir un proceso si no se cumplía con la transacción.

la mujer de 49 años y no detuvo su marcha.

La prensa divulgó [la noticia](#) como la primera muerte causada por un vehículo autónomo en Estados Unidos. Después de este accidente, sucedido en marzo de 2017, se han presentado otros del mismo tipo. El más reciente fue en París, Francia, en diciembre de 2021, cuando un Uber autónomo se aceleró de manera espontánea y causó la muerte de un ciclista.

Ambos casos representan una pequeña muestra de los riesgos que implica el uso de las nuevas tecnologías y, por ello, de la cautela con la que debe avanzar la IA.

Consultado al respecto, Jorge Enrique Linares Salgado, ex-director de la Facultad de Filosofía y Letras de la UNAM, experto en ética de la ciencia y la tecnología, comenta que existe la disposición en Google y Tesla para que los vehículos autónomos que desarrollan sean provistos de “controles algorítmicos de sentido ético”, con el fin de prevenir daños a los usuarios y, sobre todo, a los peatones, de acuerdo con las leyes de la robótica que planteó Isaac Asimov.

En ese sentido, continúa Linares, los vehículos autónomos, y cualquier otro sistema de IA, deben ser diseñados para no causar daños al ser humano de forma intencional ni por accidente, exigencia que debe cumplirse por encima de todo, incluso, de su autodestrucción. Considera, empero, que a pesar de los recursos que invierten las empresas tecnológicas en sus investigaciones, los resultados no son claros. Tampoco han hecho público los controles que deben tener los algoritmos para evitar riesgos a los humanos y demás seres vivos.

En el caso del accidente en la ciudad de Tempe, la conductora determinó dejar que su auto se condujera sin su asistencia, lo que fue un error. Por este tipo de situaciones es que, para el filósofo, la toma de decisiones es un punto central en el desarrollo de las aplicaciones:

Tomar decisiones es propio de los seres humanos frente a situaciones de incertidumbre e, incluso, novedosas, en las que uno debe ponderar, imaginar la posibilidad de los escenarios y preferir una opción. A veces no se puede elegir, sino que debemos optar por la menos mala entre las posibilidades.

Los sistemas de IA están programados para tomar decisiones a partir de la información que se les ha integrado. “Ahora bien, lo que no se ha podido replicar es la capacidad adaptativa que tenemos nosotros los animales para recordar antiguas decisiones, comparar y, digamos, enfrentarse a una situación nueva”, destaca Linares Salgado.

Un sistema de IA lo haría en el marco de su base de datos y sobre su algoritmo. Aunque Linares acepta que con el desarrollo

del aprendizaje profundo la máquina puede ir aprendiendo con base en su propia experiencia, también remarca que, en situaciones de mucha incertidumbre, el programa no sabría actuar adecuadamente.

Ante el debate sobre la toma de decisiones en los *softwares*, el autor de *Adiós a la naturaleza. La revolución bioartefactual* (2019) señala que el problema está planteado en dos documentos: [Recomendación sobre la Ética de la Inteligencia Artificial](#), de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (Unesco, 2022), y en la [Declaración de Montreal para el Desarrollo Responsable de Inteligencia Artificial](#), publicada en diciembre de 2018 por la Universidad de Montreal, Canadá.

En ambos documentos se insiste en que la IA debe ser, siempre, un auxiliar para tomar decisiones porque “ofrece datos procesados en volúmenes muy grandes que ninguna mente humana puede tener. Son datos muy valiosos, estadísticos, que se compilan en tiempo real”. Pero, al mismo tiempo, subrayan que ningún sistema de IA debe tomar decisiones por sí mismo y, mucho menos, en contextos que impliquen consecuencias de vida o muerte.

El problema, alerta Linares Salgado, es que “no se está cumpliendo”:

Lo que hacen los sistemas inteligentes es suplantarnos: nos volvemos dependientes y tomamos juicios a partir de lo que nos dicen las aplicaciones. Esto es uno de los peligros más importantes. Las personas se están acostumbrando a depender de los sistemas de IA. El problema es que pueden fallar. Entonces, de muchas formas, fallamos: a causa de un error del diseño algorítmico o debido a sesgos que son introducidos inconscientemente por los humanos que los diseñan.

Los documentos señalados por Linares delimitan los principios que se pretenden comunes, a nivel internacional, para crear una normativa que garantice un desarrollo positivo de la IA. “Por lo pronto, son llamados –digamos– a la responsabilidad, tanto las empresas como de los Estados. No obstante, estos últimos no parecen estar tomando las decisiones adecuadas”:

Han dejado, como siempre, que las empresas se desarrollen sin ninguna regulación. Están esperando que surjan los problemas, y esa es una mala decisión racional, por cierto, muy típica en los seres humanos de la modernidad. Primero desarrollamos las cosas y después vemos cuáles son los problemas. Cuando advertimos que son graves, tomamos medidas para regular un sistema tecnológico. Esa ha sido la lógica industrial que tiene en el fondo el razonamiento derivado de la misión del lucro.

En resumen, indica Linares:

No se están tomando las medidas pertinentes de regulación. El sector industrial suele expresar que las reglamentaciones, antes de producir, impiden la libertad de desarrollar los prototipos; o que son una restricción muy seria a la creatividad en sus diseños, lo cual es absolutamente falso. Por tanto, como en otras épocas, no existe una regulación adecuada, formal, legal, sobre cómo se debe desarrollar esta tecnología.

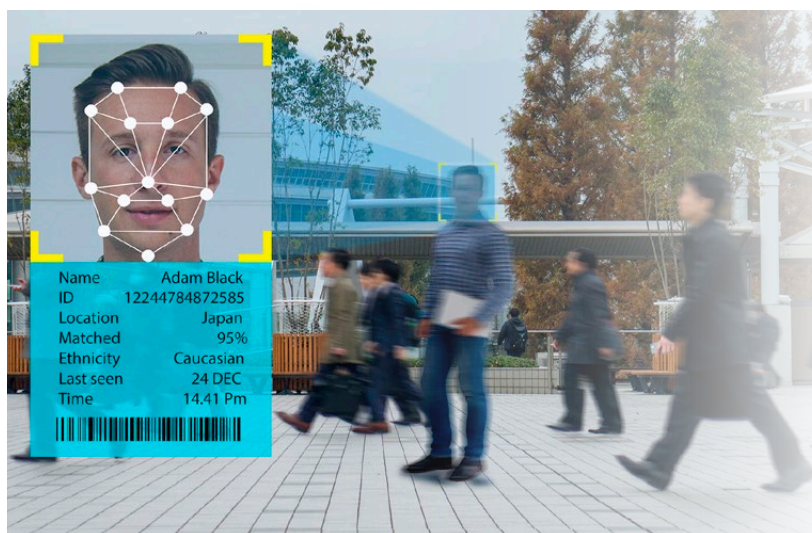
Salud, energía y cambio climático

Pero no todo lo que se deriva de la IA conlleva esos riesgos. En México, por ejemplo, ingenieros de la UNAM desarrollaron un método

Carissa Véliz:

Nos vigilan. Saben que estoy escribiendo estas palabras. Saben que las estás leyendo. Gobiernos y cientos de empresas nos espían: a ti, a mí y a todos nuestros conocidos. Cada minuto, todos los días. Rastrean y registran todo lo que pueden: nuestra ubicación, nuestras comunicaciones, nuestras búsquedas en internet, nuestra información biométrica, nuestras relaciones sociales, nuestras compras y mucho más.

Fotografía: Ekkasit919 | Dreamstime.com



basado en IA para [pronosticar la potencia eólica](#) del territorio por medio de información meteorológica registrada desde hace décadas.

En abril de 2022, el Sistema de Administración Tributaria (SAT) de la Secretaría de Hacienda reportó que la recaudación de impues-

tos aumentó 76% en los últimos tres años gracias a la utilización de IA y robots, especie de "[terminators fiscales](#)" que recuperaron una buena cantidad de adeudos.

A nivel global, en el contexto de la pandemia por covid-19, la IA jugó un papel relevante. La esperanza de controlar el avance del virus llevó a los desarrolladores de sistemas a trabajar con los inconmensurables datos que la emergencia arrojaba.

El documento [¿Cómo puede la inteligencia artificial ayudar en una pandemia?](#), emitido por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), señala el potencial de las nuevas herramientas. Un soporte múltiple que incluye desde el diagnóstico de la enfermedad con base en imágenes, cómputo de proteínas relacionadas con el virus y verificación de la existencia de fármacos para tratar el padecimiento, hasta la identificación de noticias falsas sobre la pandemia para evitar su propagación.

Entre esos esfuerzos cabe mencionar que investigadores del Instituto de Ciencias Nucleares (INC) de la UNAM, en colaboración con médicos de la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM) y del Hospital ABC, crearon [una aplicación](#) para identificar a los pacientes con prioridad de atención médica debido a sus comorbilidades.

Otro de los frentes que reclaman la intervención urgente de tecnologías de punta es el relativo al cambio climático. Si bien el uso de la IA en temas ambientales se redujo en los últimos dos años por falta de recursos, la ciencia de los datos ha demostrado una gran eficacia para analizar y combatir el calentamiento del planeta.

Según el informe [IA climática: Cómo puede la inteligencia artificial impulsar su estrategia de acción climática](#), realizado por la consultora francesa Capgemini, la IA ha contribuido a reducir los gases de efecto invernadero en 13%.

El documento estima que, si los gobiernos y la industria estimulan la utilización de la IA, en 2030 las entidades productivas podrán cubrir entre 11% y 45% de las expectativas de "intensidad de las emisiones económicas" propuestas en el [Acuerdo de París](#). Esto representaría un avance significativo en la lucha contra el deterioro ambiental y el incremento de la temperatura en el planeta.

Más allá de la ciencia ficción y más acá de los miedos apocalípticos, la IA y sus aplicaciones están cambiando las formas de vida, trabajo y convivencia a lo largo y ancho de la aldea global. ¿Para bien o para mal? No hay respuesta que neutralice la incertidumbre. Aunque el filósofo Jorge Enrique Linares aportó una clave: Aristóteles consideraba que la capacidad de tomar buenas decisiones es una virtud que deben cultivar los hombres.

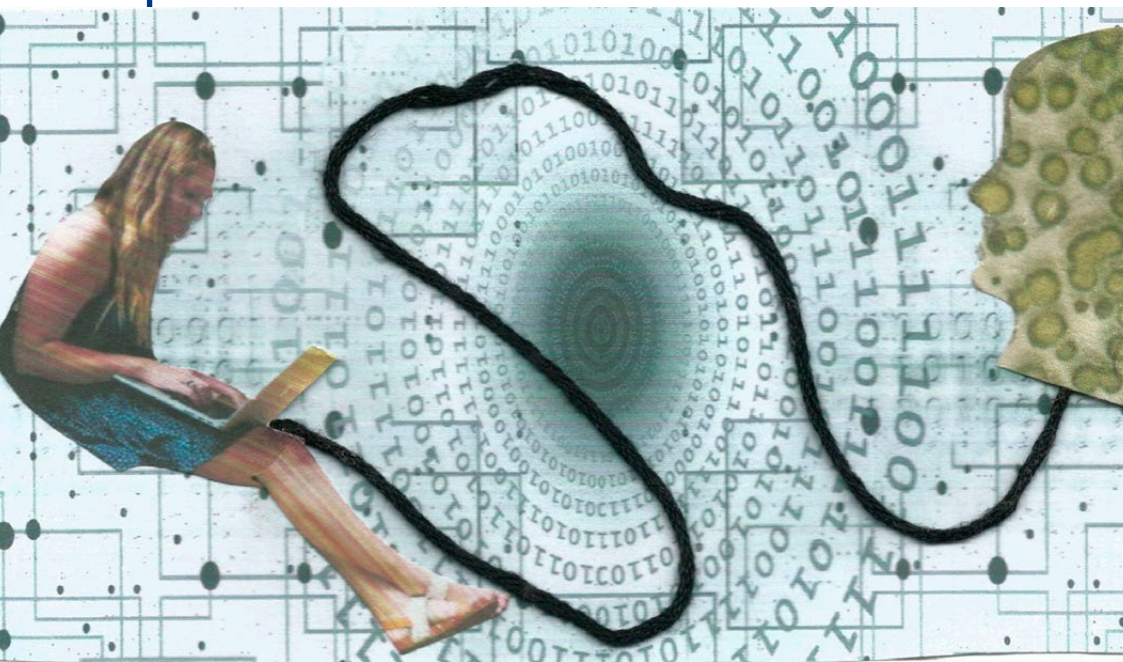
Diez principios éticos para el desarrollo de IA*

1. Bienestar. El desarrollo y uso de sistemas de inteligencia artificial (AIS) debe permitir el crecimiento del bienestar de todos los seres sensibles.
2. Respeto a la autonomía. Los AIS deben desarrollarse y utilizarse respetando la autonomía de los individuos y con el propósito de aumentar el control de las personas sobre sus vidas y su entorno.
3. Protección a la privacidad y la intimidad. La privacidad y la intimidad deben protegerse de la intrusión de los AIS y los sistemas de adquisición y archivo de datos (DAAS).
4. Solidaridad. El desarrollo de AIS debe ser compatible con el mantenimiento de los lazos de solidaridad entre las personas y las generaciones.
5. Participación democrática. Los AIS deben cumplir con los criterios de inteligibilidad, justificación y accesibilidad, así como estar sujetos al escrutinio, el debate y el control democráticos.
6. Equidad. El desarrollo y uso de AIS debe contribuir a la creación de una sociedad justa y equitativa.
7. Inclusión y diversidad. El desarrollo y uso de ais debe ser compatible con el mantenimiento de la diversidad social y cultural, y no restringir el alcance de las elecciones de estilo de vida o experiencias personales.
8. Prudencia. Toda persona involucrada en el desarrollo de Inteligencia Artificial debe actuar con cautela; anticipando, en la medida de lo posible, las consecuencias adversas del uso de AIS y tomando las medidas apropiadas para evitarlas.
9. Responsabilidad. El desarrollo y uso de AIS no debe contribuir a disminuir la responsabilidad de los seres humanos en la toma de decisiones.
10. Desarrollo sostenible. El desarrollo y uso de AIS debe llevarse a cabo con el fin de garantizar una fuerte sostenibilidad ambiental del planeta.

* *Declaración de Montreal por el desarrollo responsable de la Inteligencia Artificial, Universidad de Montreal, 2018.*

Pompeu Casanovas* y Pablo Noriega**

Cómo regular lo altamente complejo



Las aplicaciones de Inteligencia Artificial han trastocado la convivencia social, la lógica de los mercados y las formas de gobierno. Por su impacto en la vida de millones de personas, es urgente trazar la “línea roja” entre lo factible y lo inadmisibles desde una perspectiva ética y jurídica que resguarde libertades civiles y derechos humanos.

* Instituto de Derecho y Tecnología de la Universidad Autónoma de Barcelona (IDT-UAB)
La Trobe University LawTech Research Group, Victoria, Australia

** Instituto de Investigación en Inteligencia Artificial, Consejo Superior de Investigaciones Científicas (IIIA-CSIC), España

La Inteligencia Artificial (IA) ha irrumpido en nuestras vidas de una forma que no había sido prevista hace apenas una década. Va más allá del uso generalizado que se le dio a diversas aplicaciones partir de la pandemia de covid-19: está presente en la transformación extraordinariamente rápida que experimentan la industria, el comercio, la administración e, inevitablemente, el derecho y el gobierno, con la evolución de internet y la red semántica asociada al creciente enjambre de *grandes datos* y a las aplicaciones de técnicas de aprendizaje automático al “internet de las cosas”. Atendiendo a esta realidad, señalaremos algunos puntos importantes en el uso de tecnologías de IA en el contexto del derecho y la ética.

Partamos de una observación cauta: hay enormes oportunidades de hacer un buen uso de la IA; sin embargo, al ser una tecnología “disruptiva”, que perturba los sistemas existentes en la sociedad, el mercado y el gobierno, existen desafíos igualmente formidables a los que debemos hacer frente. Dicho en otras palabras, en IA hay cosas que debemos hacer, cosas que no podemos hacer y cosas que deberíamos hacer... pero, sobre todo, como en otras actividades disruptivas, hay cosas que no deberíamos hacer aunque pudiéramos. El problema es que, por ahora, no somos capaces de vislumbrar con claridad dónde se ubica esa *línea roja*.

Con el fin de abordar esa ambigüedad, apuntaremos brevemente algunos elementos para construir lo que se puede denominar *gobernanza jurídica* en IA. Es decir, tanto el uso de sistemas inteligentes para la regulación como la regulación de la propia IA para producir resultados aceptables, minimizando los riesgos de un impacto negativo en los derechos y en la vida cotidiana de los ciudadanos. Evidentemente, existe una dimensión política en esta cuestión, pero se trata, básicamente, de una cuestión de razonabilidad: lo que es



Composición gráfica: Desiga | Dreamstime.com

o no razonable en la producción, la gestión y la aplicación social de la IA.

Vamos a articular esa cuestión de razonabilidad bajo la forma de algunos dilemas que pueden ayudarnos a comprender la complejidad del problema. Aclaremos que adoptamos esta fórmula en aras a la simplicidad expositiva. Tal y como asevera Victoria Camps (2013), en ética aplicada se tratan valores y soluciones en conflicto: no hay un único modelo para armar.

Encarar la complejidad

El primer dilema es básico y se desarrolla de la siguiente manera:

Dilema 1: Por una parte, es necesaria la intervención humana para la aplicación provechosa de sistemas inteligentes y la minimización de riesgos que conlleva su uso. Pero, por otra, dado que los procesos de aprendizaje y funcionamiento de los sistemas y agentes inteligentes tienen un *grado de autonomía* cada vez mayor, es posible afirmar que los sistemas de IA deberían poder ser autocontrolados o controlados por otros sistemas de IA. ¿Cómo pueden conjugarse estas dos perspectivas?

El segundo dilema es parecido, pero no deriva de la complejidad de los sistemas y su implementación práctica, sino que tiene un origen formal y un alcance más general. Procede de la propia naturaleza de los sistemas lógicos subyacentes a la manera en que la IA suele aplicarse en los sistemas jurídicos. Martin Gardner señaló que la paradoja de la reflexividad, a la que Bertrand Russell se enfrentó con la teoría de los tipos lógicos y la noción de metalenguaje, podía adoptar múltiples formas. Una de ellas era: "Todas las reglas tienen excepciones" (Gardner, 1963). La noción de sistema de normas o reglas ha constituido la base de los sistemas de regulación (y, en parte, de los denominados sistemas jurídicos) desde hace más de medio siglo. En su forma convencional, esas reglas tienen una estructura condicional: "Si... entonces...",

¹ El primer planteamiento del isomorfismo jurídico, después de la formalización de los artículos del British Nationality Act por el Logic Programming Group del Imperial College, que únicamente consideraba el contenido de las leyes. Cf. Sergot (1986) y Bench-Capon (1992).

y la interpretación lógica clásica.

Dilema 2: ¿Deben los sistemas de regulación artificial estar basados solamente en reglas o deberían adoptar otros elementos que no tengan esta forma? Es decir, ¿se deben implementar sistemas que asuman contradicciones, elementos o variables exógenas que modifiquen los resultados, o una vía abierta para la incertidumbre?

El tercer dilema, complementario del anterior, ocurre en el terreno de la implementación de normas en contextos reales. Como apuntamos antes, las aplicaciones de la IA al derecho se han basado, casi desde el principio, en la noción de *isomorfismo jurídico*; es decir, en la extracción de reglas semánticas con la forma general de los textos jurídicos: *Condición (hechos)-Efectos (normativos) [si... entonces...]*. Textos jurídicos entendidos, aquí, en sentido amplio (valores y principios éticos, políticas públicas, protocolos, buenas prácticas, acuerdos internacionales, etcétera).¹ Estos textos son la base de los instrumentos jurídicos habituales, los cuales aceptan un alto grado de ambigüedad y contradicción. Más concretamente, en la



práctica, un mismo término (por ejemplo, qué es un contrato, qué significa “justicia” o las condiciones del uso de la violencia) se puede interpretar de forma contradictoria, tanto en tiempo presente como futuro. Dicho de otra manera: la base conflictiva de las interacciones humanas en lenguas naturales no es eliminable en su representación lógica.

Dilema 3: ¿Cómo debemos operar con los lenguajes formales representativos? ¿Interpretamos el isomorfismo jurídico como el pilar de base de los sistemas normativos y de la argumentación —esta es la práctica más habitual— o buscamos otras soluciones para el proceso de adquisición del conocimiento que debe ser modelado?²

Se trata de usar la IA para regular la IA, pero, también, de encontrar las formas de regulación que se pueden incorporar en los sistemas que se basan en la propia IA. Porque, a diferencia de otras formas de regulación, la gobernanza de los sistemas artificiales conlleva adicionalmente un problema de ingeniería, pues se busca regular *en artefactos y con artefactos i.e. mediante artefactos*. Como acabamos de exponer,

en este trabajo se formulan tres alternativas fundamentales para instrumentar esa gobernanza.

La impenetrabilidad del lenguaje

Los dilemas de la autonomía normativa, de la reflexividad regulativa y del isomorfismo jurídico pueden formularse de otras maneras. Podríamos intentar agruparlos, por ejemplo, como un trilema a la manera de James Fishkin sobre la democracia deliberativa (Fishkin, 2009) para mostrar la interdependencia de las respuestas. Pero no es necesario hacerlo así para darse

² La aplicación de semánticas formales al derecho depende de la respuesta que demos. La fórmula más adoptada por los investigadores de IA y derecho ha sido: “Reglas + excepciones”, con la aplicación de lógicas deónticas no estándar y no monotónicas (“derrotables”) a la argumentación y los sistemas jurídicos. Cf. Bench-Capon y Gordon (2009). Véase también una exposición de los sistemas y lenguajes disponibles para tratar formalmente los problemas de derechos, normas, capacidades y competencias (poderes), Gabbay *et al.* (2013).

cuenta de que no existe una teoría general que ofrezca una solución única a los tres dilemas formulados. Hay respuestas parciales, adaptadas al sector de regulación, a los requerimientos normativos y a las disposiciones del entorno (*affordances*) que deben tenerse en cuenta para efectuar el modelado del sistema.

Vale la pena recordar al Lewis Carroll de *Alicia a través del espejo*:

Cuando yo uso una palabra —insistió Humpty Dumpty con un tono de voz más bien desdénso— quiere decir lo que yo quiero que diga... ni más ni menos.

—La cuestión —insistió Alicia— es si se puede hacer que las palabras signifiquen tantas cosas diferentes.

—La cuestión —zanjó Humpty Dumpty— es saber quién es el que manda... eso es todo.

Este es uno de los pasajes más citados de *Alicia*, ciertamente, pero lo que sigue, la cuestión de la *impenetrabilidad del lenguaje*, es menos citado e igualmente importante: “¡Impenetrabilidad! Eso es lo que yo siempre

Control y vigilancia

Sin una regulación precisa y adecuada, las tecnologías de IA pueden traducirse en acciones de gobierno que amenacen el ejercicio de libertades civiles y derechos humanos. Y esto no es una posibilidad distópica sino un hecho confirmado: en 2007, con la aprobación del *Protect American Act* por la administración de George W. Bush, Estados Unidos legalizó el uso de PRISM, un programa de recopilación masiva de comunicaciones privadas procedentes de nueve grandes compañías estadounidenses de internet.

Esta operación encubierta se hizo pública en 2013 gracias a la “filtración” de Edward Snowden,¹ aunque hay una larga lista de *whistleblowers* anteriores a él² que denunciaron las injerencias de programas como ECHELON (Margaret Newsham, 1988)³ y Trailblazer (William Binney, 2002).⁴ El último escándalo ha sido protagonizado por Pegasus, el *spyware* desarrollado por la compañía de ciberseguridad israelí NSO Group y adquirido y usado no sólo por gobiernos –entre ellos el mexicano y el español– sino por grupos de criminalidad organizada.⁵

Una versión más suave –pero no menos efectiva– del control generalizado se perfila con el desarrollo de “gemelos digitales” (*digital twins*) por parte de los gobiernos:

El modelo integra en la réplica datos de fuentes aisladas como registros de salud, historial de crédito, registros de llamadas y ubicación de teléfonos (*logs*), antecedentes penales, grabaciones de 360 grados (con cámaras) de clientes e infraestructura. Los gobiernos están desarrollando réplicas digitales de los ciudadanos para monitorizar el entorno en el que éstos habitan y abordar los impactos en la sociedad de la salud, la seguridad, los viajes y las redes sociales. [...] La agregación de la información asociada a esos gemelos digitales de los ciudadanos puede ayudar a identificar patrones generales de comportamiento y conducir la asignación de recursos.

La aplicación tiene propósitos nobles, pues “el espectro de complejidad de modelos y herramientas puede ayudar a los gobiernos a tomar mejores decisiones para monitorear y asistir a pacientes, presos, pasajeros o ancianos”.⁶ Sin embargo, empieza a revelarse un doble filo. Algunos gobiernos están elaborando una metodología de “puntuación”. En China, por ejemplo, se ha instrumentado el “sistema de crédito social” mediante una tarjeta personal en la que se refleja la buena –o mala– conducta ciudadana, con las sanciones positivas (la posibilidad de viajar) y negativas (la divulgación de acciones personales) que se asocian a ella. Países africanos como Ruanda, Ghana, Uganda y Zimbabue, están siguiendo ese camino.



Composición gráfica: Agsandrew | Dreamstime.com

¹ Al respecto, consulte el documento *Revelaciones sobre la red de vigilancia mundial* (2013-2015). Disponible en <http://bit.ly/3NyEjVc> (Consultado el 31 de octubre de 2022).

² Para más información puede consultar *List of whistleblowers*, en <http://bit.ly/3sWD3BG> (Consultado el 30 de octubre de 2022).

³ Más información en <http://bit.ly/3UoE3ds> (Consultado el 31 de octubre de 2022).

⁴ Al respecto, revise <http://bit.ly/3FH8Mr> (Consultado el 31 de octubre de 2022).

⁵ Pegasus se instala en dispositivos móviles (ciertas versiones de Apple y Android) con un gran poder para recabar todo tipo de datos. Cf. <http://bit.ly/3UoUu9G> para mayor información.

digo. [...] Por ‘impenetrabilidad’ quiero decir que ya basta de hablar de este tema y que más te valdría que me dijeras de una vez qué es lo que vas a hacer ahora, pues supongo que no vas a estar ahí parada para el resto de tu vida.”

Efectivamente, como advierte el triste final de Humpty Dumpty cayendo de la tapia, los retos y riesgos que plantea la aplicación social de la IA tienen que ver con la acción, la impenetrabilidad del lenguaje y la opacidad de los métodos empleados.

En nuestro caso, hemos abogado por tres recursos para el modelado de los sistemas jurídicos:

- Distinguimos cinco niveles de gobernanza de los sistemas autónomos de y mediante la IA.³
- Recuperamos algunas formulaciones de la cibernética y de las ciencias del diseño para la construcción de sistemas normativos adaptados a su entorno. Por ejemplo, para la construcción de ecosistemas regulativos y jurídicos (Casanovas *et al.*, 2022).
- Combinamos sistemas de reglas con valores de diseño ético para la construcción de sistemas en línea híbridos, en los que intervienen tanto seres humanos como sistemas artificiales autónomos (Noriega *et al.*, 2021).

De esta manera, los objetivos y el funcionamiento de un sistema híbrido debieran (y pueden) estar formalmente alineados con valores y derechos humanos (Serra *et al.*, 2021), y podrían ser armonizados con una teoría de los derechos colectivos (o comunes) para la construcción consistente de comunidades sociales (Poblet y Sierra, 2020).

La opacidad y sus riesgos

Este tipo de recursos son esenciales para la correcta construcción del sistema jurídico que utiliza la IA y, también, para la prevención de efectos colaterales indeseados. Pero obsérvese que esas decisiones no corresponden al desarrollo del sistema: son anteriores a él, guían, determinan, tanto su contenido como su aplicación, y forman

parte, por ello, del proceso general de gobernanza. En este sentido, integran el sistema de regulación propuesto y no son en absoluto prescindibles.

Al contrario, si pretenden obviarse los pasos precedentes podemos incurrir en lo que podríamos denominar las paradojas de la regulación simplista de la IA. Los ejemplos de errores humanos y de aplicación apresurada, desgraciadamente, se multiplican. El caso de Robodebt⁴ (la recuperación automática e indebida de recursos fiscales por parte de la administración australiana en 2016) es paradigmático. Los problemas de privacidad, y de seguridad y encriptación de los datos, también son de sobra conocidos (O’Neil, 2016; Zuboff, 2019). Los sistemas de vigilancia electrónica utilizados por el programa PRISM,⁵ operado por la National Security Agency de Estados Unidos, así como los métodos de la empresa británica Cambridge Analytica⁶ para el uso electoral de datos privados de los ciudadanos (basándose en técnicas de aprendizaje automático, *machine learning*), deberían ponernos en guardia sobre la facilidad con que la IA puede aplicarse sin transparencia.

En esa perspectiva, existen descripciones de las propuestas para automatizar las normas que resultan, por lo menos, sorprendentes. Por ejemplo, nos ha llamado la

atención que Gartner, la agencia norteamericana de análisis de mercado que elabora anualmente el informe de sobreexpectativas para tecnologías emergentes, haya incluido en su ciclo para el gobierno digital 2021 la “legislación programada” (*Machine Readable Legislation*, MRL) y las “reglas como programa” (*Rules as Code*); es decir, la web de datos jurídicos y la aplicación del derecho mediante reglas de computación. Pero nos ha sorprendido aún más la inclusión como tecnología emergente de lo que han denominado *citizen twins*, la versión administrativa de *digital twins*. Podemos traducirlo como *ciudadano digital*: la réplica o gemelo digital de los ciudadanos reales basándose en sus datos y metadatos, que se utiliza para el control (seguridad) y la asignación de recursos públicos.⁷

Por lo que se refiere a la implementación del MRL, la situación es igualmente inquietante: “[...] el espacio para la interpretación de la intención legislativa o ejecutiva es eliminado del proceso, pues lo que se logra es que la ley que se aprueba sea la misma que la que se aplica”.⁸

Esta tendencia a la utilización de la “legislación programada” es muy fuerte en Estados Unidos, Asia y algunos países de la Common Wealth. El uso de los servicios jurídicos en red (que se suelen denominar RegTech o LawTech) ha venido creciendo exponencialmente desde hace por lo menos diez años, y está cambiando el panorama de las profesiones jurídicas y el negocio de los despachos de abogados (los cuales, por cierto, constituyen su principal cliente).⁹ Mediante IA aplicada, empresas como Judicata o *Lex Machina* son capaces de predecir resultados y tiempos de duración de los juicios a partir del perfil de comportamiento concreto de cada juez en casos similares (Ashley, 2017).

Ante ello, la actitud de los estados nacionales no está siendo homogénea ni uniforme. Se han producido algunas reacciones duras al impacto de la IA. Francia ha prohibido, bajo multa de 300 000 euros y penas de hasta cinco años de cárcel, el uso de métodos de análisis estadístico (“analítica jurídica”) basados en la identidad de los

³ Los cinco niveles de gobernanza corresponden a la toma de decisiones por parte del sistema de forma autónoma en función de la complejidad del sistema. El último nivel apunta a la Inteligencia Artificial general, cuyo desarrollo sabemos que, si llega, tardará en hacerlo. Cf. Noriega y Casanovas (2022).

⁴ <https://bit.ly/3gD8XQG>

⁵ <https://bit.ly/3zdcYIA>

⁶ https://en.wikipedia.org/wiki/Robodebt_scheme

⁷ Cf. Lo que sorprende es la pasiva aceptación por parte de los analistas de Gartner de este estado de cosas, considerado críticamente desde el punto de vista del derecho internacional público y privado.

⁸ *Ibid.*

⁹ Para un análisis de la transformación de los mercados y las profesiones jurídica, cf. Casanovas, 2022.



Composición gráfica: Nmedia | Dreamstime.com

jueces y secretarios para “evaluar, analizar, comparar o predecir sus prácticas profesionales”.¹⁰ A nivel comunitario, la Unión Europea, siguiendo la estela del Reglamento de Protección de Datos (GDPR), ha preparado ya otro Reglamento, aún en estado de propuesta, para regular la construcción y aplicación de sistemas de IA (Comisión Europea, 2021) y otra más específica para la regulación de plataformas digitales.¹¹

Al mismo tiempo, en contraste, los estados tienden a introducir esquemas corporativos en sus administraciones públicas (“arquitectura empresarial”, como TOGAF¹²) y algunas agencias estatales en Nueva Zelanda, Canadá, Reino Unido y Francia están desarrollando activamente, desde 2018, el programa de *Rules as Code*, mediante el cual imponen interpretaciones “autorizadas” u “oficiales” a los ciudadanos. Esto ocurre con el objetivo explícito de minimizar el papel de intermediarios que, tradicionalmente, han tenido los despachos de abogados (calificados como “módems”). Todavía es pronto para emitir un juicio, aunque hay motivos para la crítica (Governatori *et al.*, 2020).

Parece que la aplicación de técnicas de clasificación y decisión basadas en IA es inevitable para gestionar los millones de casos que se acumulan cada año en la relación entre los ciudadanos y el Estado —en la expedición de certificados penales para obtener trabajo, por ejemplo, o, incluso, en las peticiones de nacionalidad (Governatori, Casanovas y Koker, 2020). Pero, asimismo,

resultaría indispensable reservar tiempo y personal para resolver casos difíciles y establecer mecanismos de revisión para corregir los errores y falsos positivos o negativos.

En otras palabras, parece delimitarse un cuarto dilema: Facilitar la ejecución de derechos y la reducción de tiempos de espera a costa de aumentar el control social mediante sistemas basados en IA.

Una reflexión final

El cambio de cultura jurídica que conlleva el desarrollo de la red y los sistemas de información refleja el salto de la cultura analógica a la digital. No existe más una separación neta entre el mundo digital y el físico.

La IA aporta un bagaje de herramientas y prácticas que permite la autonomía de las máquinas en la toma de decisiones y en la elaboración de datos sintéticos (datos inferidos mediante datos). Constituye una realidad híbrida compleja entre humanos y máquinas con niveles superpuestos de autorregulación, corregulación y heterorregulación. La validación automática del cumplimiento de las regulaciones en tiempo

¹⁰ Cf. *Loi n° 2019-222 du 23 mars 2019 de programmation 2018-2022 et de réforme pour la justice*. Artículo 33, a la letra: “Les données d’identité des magistrats et des membres du greffe ne peuvent faire l’objet d’une réutilisation ayant pour objet ou pour effet d’évaluer, d’analyser, de comparer ou de prédire leurs pratiques professionnelles réelles ou supposées”. “Los datos de identidad de los jueces y de los integrantes del registro no podrán ser reutilizados con el fin o efecto de evaluar, analizar, comparar o predecir sus prácticas profesionales reales o presuntas”. [Traducción propia, N.E.]

¹¹ Comisión Europea (s. f.). *Una Europa adaptada a la era digital: nuevas normas para las plataformas online*. Disponible en <https://bit.ly/3VS-5HBr> (Consultado el 19 de julio de 2022).

¹² <https://bit.ly/3TxxpRg>.

real es, ya, una necesidad en los ecosistemas jurídicos relativos a la realidad aumentada, las réplicas digitales, los sistemas híbridos en línea, así como en la construcción de infraestructura en las manufacturas, el comercio y las comunidades sociales. Muy pronto, en la administración y el gobierno.

Los dilemas de los que hemos partido –relativos al grado de autonomía, reflexi-

vidad, isomorfismo jurídico y control social automático– no tienen una solución única. Requieren de reflexión anticipada y la formulación de un marco de diseño previo mediante la asunción explícita de presupuestos éticos, jurídicos y políticos.

No podemos saber con certeza cuál será el marco económico y regulativo en los nuevos escenarios de una cultura domi-

nada por plataformas y procesos de información. De lo que sí empezamos a tomar conciencia es que el proceso es irreversible y que, sea lo que fuere, deberíamos poder tomar parte directamente en él y no delegar a ciegas nuestra posición a terceros jugadores, sean corporaciones o gobiernos, ni a un sistema artificial completamente autónomo.

Referencias

- ASHLEY, K. D. (2017). *Artificial Intelligence and Legal Analytics: New Tools for Law Practice in the Digital Age*, Cambridge University Press.
- BENCH-CAPON, T. J.M. y F. P. Coenen (1992). "Isomorphism and Legal Knowledge-based Systems", in *Artificial Intelligence and Law 1* (1), pp. 65-86.
- BENCH-CAPON, T. y T. F. Gordon (2009). "Isomorphism and Argumentation", in *Proceedings of the 12th ICAIL*, ACM, pp. 11-20.
- CAMPS, V. (2013). *Breve historia de la ética*. Barcelona, RBA.
- CASANOVAS, P. (2022). "Inteligencia artificial y derecho: La doble implosión de las profesiones y servicios jurídicos en la era digital", en O. Velarde y M. Martín Serrano, eds., *Mirando hacia el futuro. Cambios socio-históricos vinculados a la virtualización*, Madrid, Centro de Investigaciones Sociológicas (CIS), Ministerio de la Presidencia del Gobierno de España (en prensa).
- CASANOVAS, P. et al. (2022). "Law and Socio-legal Governance on the Internet of Things and Industry 4.0". Special Issue, "The Impact of Artificial Intelligence on Law", Open Access, *J. Multidisciplinary Scientific Journal* (issn: 2571-8800) 5 (1): 64-91, Open Access doi: 10.3390/j5010005 <https://www.mdpi.com/2571-8800/5/1/5>.
- COMISIÓN EUROPEA (21 de abril de 2021). *Propuesta de reglamento del Parlamento Europeo y del Consejo por el que se establecen normas armonizadas en materia de inteligencia artificial (Ley de Inteligencia Artificial) y se modifican determinados actos legislativos de La Unión*. Disponible en <http://bit.ly/3tlqNLb>.
- COMISIÓN EUROPEA (s. f.). *Una Europa adaptada a la era digital: nuevas normas para las plataformas online*. Disponible en <http://bit.ly/3V55HBz> (Consultado el 19 de julio de 2022).
- FISHKIN, J. (2009). *When the People Speak: Deliberative Democracy and Public Consultation*, Oxford University Press.
- GABBAY D. et al. (2013). *Handbook of Deontic Logic and Normative Systems*, UK, College Publications.
- GARDNER, M. (1963). "Logical Paradoxes", in *The Antioch Review*, 23 (2): 172-178.
- GOVERNATORI, G (2020a). "On the Formal Representation of the Australian Spent Conviction Scheme", en *International Joint Conference on Rules and Reasoning, RuleML+RR 2020, Lecture Notes in Computer Science 12173 Cham*: Springer, pp. 177-185.
- GOVERNATORI, G. et al. (2020b). "Rules as Code will let Computers Apply Laws and Regulations. But Over-Rigid Interpretations Would Undermine our Freedoms", *The Conversation*. Disponible en <http://bit.ly/3WPldhR> (Consultado el 19 de julio de 2022).
- NORIEGA, P. et al. (2021). "Ethical Online ai Systems through Conscientious Design", en *IEEE Internet Computing*, 25(6), pp. 58-64.
- NORIEGA, P. y P. Casanovas (2022). "La gobernanza de los sistemas artificiales inteligentes", en O. Velarde y M. Martín Serrano, eds., *Mirando hacia el futuro. Cambios socio-históricos vinculados a la virtualización*, Madrid, Centro de Investigaciones Sociológicas (CIS), Ministerio de la Presidencia del Gobierno de España (en prensa).
- POBLET, M. y C. Sierra (2020). "Understanding Help as a Commons", en *International Journal of the Commons*, 14(1).
- O'NEIL, C. (2016). *Weapons of Math Destruction: How Big Data Increases Inequality and Threatens Democracy*, NY, Broadway Books.
- REPÚBLICA FRANCESA (s. f.). *Loi n° 2019-222 du 23 mars 2019 de programmation 2018-2022 et de réforme pour la justice*. Disponible en <http://bit.ly/3G33FJ6> (Consultado el 19 de julio de 2022)
- SERGOT, M. J. et al. (1986). "The British Nationality Act as a logic program" en *Communications of the ACM*, 29 (5): 370-386.
- SIERRA, C. et al. (2021). "Value Alignment: a Formal Approach", en *arXiv Preprint*. Disponible en <http://bit.ly/3EzKZhJ> (Consultado el 15 de noviembre de 2022).
- ZUBOFF, S., 2019. *The age of Surveillance Capitalism: The fight for a Human Future at the New Frontier of Power, Barack Obama's books of 2019*, NY, Profile Books.



www.enesjuriquilla.unam.mx

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS SUPERIORES JURIQUILLA

Jesús Manuel Dorador González*

Prótesis humanas: de lo artesanal a la IMPRESIÓN en 3D

El impulso viene de lejos y ha marcado, en muy buena medida, la ruta de las sociedades humanas: como reemplazar lo perdido y recuperar algunas funciones del cuerpo lastimado. La aplicación de sistemas de Inteligencia Artificial comienza a dar respuestas esperanzadoras.



* Escuela Nacional de Estudios Superiores Juriquilla, UNAM

Desde la antigüedad, el ser humano ha buscado la forma de suplir algunas de las partes del cuerpo afectadas por accidentes o enfermedades. De los casos más conocidos, en gran medida debido a la literatura, son las "patas de palo" o los garfios utilizados por piratas y marineros. Estas prótesis, si bien relativamente simples, permitían a los navegantes recuperar la facultad de caminar y continuar con actividades fundamentales en los barcos de vela (hechura de nudos y amarres, por ejemplo).

Según la definición del diccionario, una prótesis es una pieza, aparato o sustancia que se coloca en el cuerpo para reemplazar alguna de sus funciones, además de cumplir fines

¹ Inegi, Censo Nacional de Población y Vivienda 2020. Disponible en <https://bit.ly/3SrUS5T>

² Cf. Eduardo Vázquez Vela Sánchez, ed. (2016). *Los amputados y su rehabilitación. Un reto para el Estado*, México, Intersistemas / Conacyt. Disponible en <https://bit.ly/3TB2ogq> (Consultado el 30 de octubre de 2022).

estéticos. De ahí que podamos establecer que una prótesis ortopédica es aquella cuya función sería sustituir algún miembro del cuerpo, cumpliendo la función del natural.

De acuerdo con el último Censo Nacional de Población y Vivienda,¹ en México existen casi 21 millones de personas con algún tipo de discapacidad. De ellos, más de siete millones registran alguna discapacidad motriz y casi un millón ha sufrido alguna amputación.

A esta dimensión estadística, que deberá actualizarse por los años transcurridos, es necesario agregar la perspectiva médica: en el caso de discapacidad motriz se pueden requerir sistemas ortésicos o protésicos hechos a la medida de cada persona. Esta situación, que representa un desafío para el sistema de salud, sólo podrá enfrentarse mediante el desarrollo y la aplicación de la tecnología más avanzada.²

De la mecánica a la IA

En todas las culturas, atravesando milenios, el ser humano ha buscado la forma de *recuperar* los miembros perdidos. El primer registro histórico que se conoce es el de una momia egipcia con prótesis de dedo gordo del pie. En la Edad Media se sustituían los brazos perdidos con prótesis metálicas que facilitarían sujetar lanzas o escudos, así como piernas artificiales que permitieran montar a caballo.

En tiempos relativamente recientes, los avances científicos y tecnológicos, junto con el desarrollo de nuevos materiales, han permitido que las prótesis evolucionen. Estos avances fueron impulsados principalmente por las guerras, de las que muchos soldados regresaban amputados.

En la actualidad, las prótesis más utilizadas son las mecánicas. Por ejemplo, las prótesis de miembro superior funcionan por medio de un arnés que se coloca en el hombro del lado contrario: al moverlo hacia adelante o atrás se abre y cierra la mano protésica.

En la segunda mitad del siglo XX, el surgimiento de la mecatrónica (combinación sinérgica de sistemas mecánicos de precisión, electrónica de control y sistemas de



Fotografía: Zastrozhnovandrey | Dreamstime.com

información computarizados) permitió el rápido crecimiento y desarrollo de productos, sistemas y máquinas, así como de sistemas productivos y de automatización, todos ellos fundamentales para la industria 4.0 y el surgimiento del “internet de las cosas”.

Los avances recientes en mecatrónica han permitido que las manos protésicas sean activadas mediante señales mioeléctricas (que envía el cerebro a los músculos del muñón), lo que hace posible la apertura y el cierre de los dedos controlados por impulsos electroquímicos que envía el cerebro a los músculos. Sin embargo, las señales mioeléctricas obtenidas en bíceps y tríceps permiten un número limitado de señales de control; esto, a su vez, restringe los movimientos de la prótesis.

La persona amputada requiere entrenar durante varios meses para controlar las señales de reposo, media fuerza y fuerza completa que envía a los músculos del muñón. Estas limitantes en las señales han provocado que las prótesis mioeléctricas sólo sean capaces de realizar movimientos de apertura y cierre de la mano, y no de control independiente de los dedos. Algunas prótesis cuentan con motores independien-

tes para los dedos, lo que facilita la sujeción de objetos, pero aún no es posible el control independiente de cada uno de éstos.

Actualmente, se realizan esfuerzos de investigación y desarrollo tecnológico con el propósito de dotar de Inteligencia Artificial (IA) a los sistemas protésicos mediante sistemas basados en microprocesadores programados para lograr movimientos similares a los naturales. Estos sistemas interactúan con el exterior por medio de sensores que permiten conocer la presión con la que se sujeta un objeto, la temperatura, humedad y otras variables externas, así como la velocidad y la aceleración con la que se mueven los componentes de la prótesis. Identificar estas variables permite a la prótesis no sólo reconocer las acciones que se realizan, sino las circunstancias en las que se llevan a cabo, lo que facilita la toma de decisiones.

Asimismo, se trabaja en la inclusión de sistemas de propiocepción que hagan posible que el amputado *sepa* cuál es la posición del miembro artificial respecto a su cuerpo, así como las acciones que realiza sin tener que estar observando la prótesis. Esta retroalimentación se traducirá en una mucho mejor adaptación

a la prótesis y, por tanto, en una mejor rehabilitación; es decir, en la recuperación de una mayor cantidad de las funciones perdidas.

Por lo que se refiere a las prótesis de miembro inferior, ya se cuenta con rodillas que, a partir de sistemas de IA, *deducen* si la persona está caminando, corriendo, subiendo o bajando escaleras, acelerando o desacelerando el paso. Esta aplicación de sistemas de IA sirve para adaptar el nivel de amortiguación que realizan las rodillas, lo que permite a la persona realizar una marcha muy parecida a la natural, aún en terrenos irregulares; lo cual, además de comodidad, brinda seguridad a los usuarios.

Manufactura aditiva

Hace más de seis décadas, las máquinas de control numérico computarizado revolucionaron la manera de fabricar piezas, ya que se pudo programar la producción en forma continua y con una complejidad cada vez mayor.

Con el surgimiento de los sistemas de diseño y manufactura asistidos por computadora, en la década de 1980 se facilitó tanto el proceso de diseño como la programación de las máquinas de control numérico, lo que

permitió que la manufactura se realizara a mayor velocidad y con reducción de errores.

Las tecnologías de manufactura aditiva comenzaron a utilizarse a finales del siglo XX. Con ellas fue posible "imprimir" en tres dimensiones los diseños realizados por computadora. Estos sistemas permiten la fabricación de piezas multifuncionales con geometrías complejas, eliminando la necesidad de múltiples piezas separadas.

Los sistemas de control numérico computarizado y de manufactura aditiva han incorporado sistemas de inteligencia artificial, lo que garantiza un funcionamiento cada vez más eficiente y autónomo. Por ejemplo, es posible determinar la vida útil de una herramienta, variar las velocidades de corte o de deposición de material, dependiendo de las condiciones ambientales, o fabricar componentes altamente personalizados.

Tradicionalmente, las órtesis y prótesis han sido manufacturadas de manera artesanal por expertos calificados. El procedimiento se puede sintetizar en las siguientes etapas: luego de realizar la valoración del paciente, se toma el molde del muñón

en el que se colocará la prótesis. Con este molde se elabora un positivo en yeso, sobre el cual el protesista puede hacer ajustes en los puntos críticos o de presión. Una vez que el positivo en yeso está listo, se elaboran las cuencas protésicas (interfaz entre el amputado y la prótesis) o las órtesis, que pueden ser plantillas, corsés y otros aditamentos que ayudan a corregir la postura y evitar más daños, al mismo tiempo que les permiten realizar actividades.

Este proceso artesanal es largo y requiere tomar medidas al paciente, muchas veces en forma invasiva, lenta y tediosa, tanto para el paciente como para el protesista. Una toma de medidas para realizar el molde puede llevar más de una hora.

Gracias a la incorporación de las nuevas tecnologías de manufactura esto ha empezado a cambiar. En la actualidad, existen sistemas basados en control numérico y en robótica que permiten la elaboración de modelos positivos de los muñones a partir de sistemas de diseño asistido por computadora. Estos modelos se obtienen mediante sistemas de escaneo que reducen considerablemente el tiempo y el esfuerzo, lo que redundará en un mayor confort para los pacientes. En lugar de una hora, el escaneo del muñón se realiza en unos pocos minutos y el sistema no es invasivo.

En suma, que los sistemas de IA, aplicados tanto a las órtesis y prótesis como a su manufactura, representan una oportunidad disruptiva sin precedentes en esta área, con el consecuente beneficio para los pacientes y los protesistas.





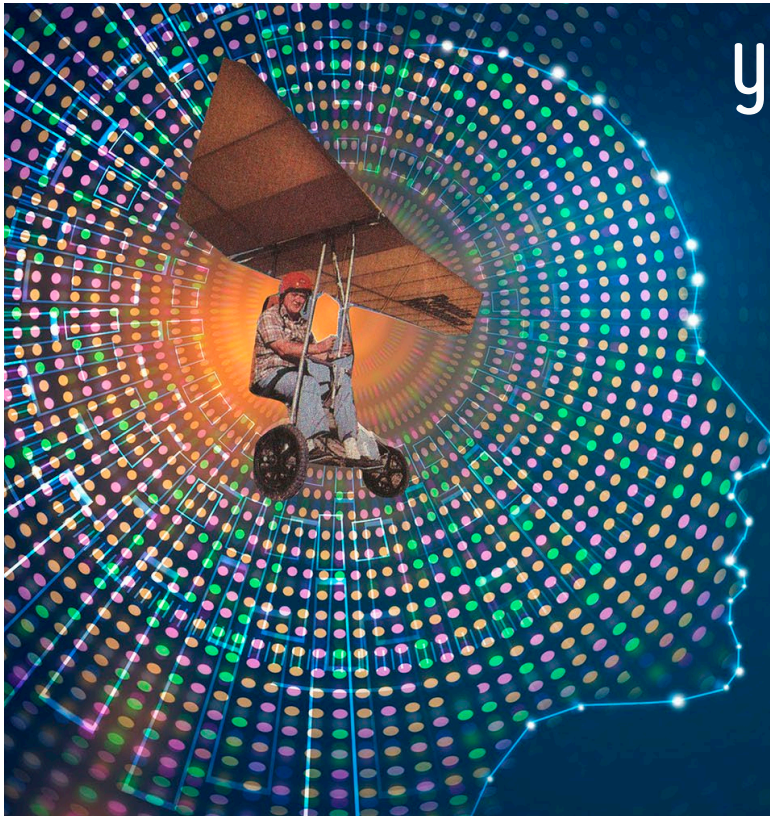
www.filosoficas.unam.mx/

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES FILOSÓFICAS

Roberto Carlos Hernández López*

Inteligencia Artificial: ¿el fin de la humanidad

y del último hombre?



Siempre que se habla de cibernética, robótica, ingeniería genética, no se habla sólo de ello: se habla de sus consecuencias sociales, políticas, incluso éticas... Se habla, o se omite deliberadamente, de un sistema de creencias.

* Profesor de la Facultad de Estudios Superiores Acatlán, UNAM

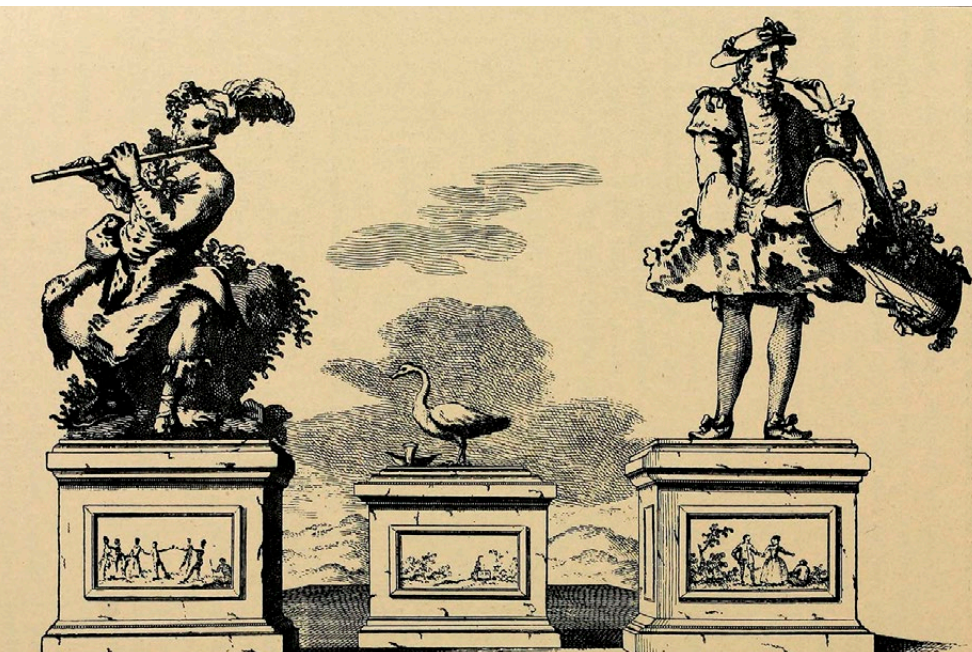
Si bien distintos, si en algo parecen similares los hombres de todas épocas es que todos se suponen testigos o, aún más, protagonistas de un tiempo único, excepcional, como ningún otro. Los contemporáneos no son la excepción. Albert Camus observaba un “vicio de conocimiento” común entre su generación: suponer que les ha tocado vivir el más interesante de los tiempos, la época de mayor cambio. Una nueva forma de “provincianismo”, la llamaba el poeta T. S. Elliot; un provincianismo ya no espacial sino temporal, el *presentismo*.

Existe una idea tan antigua, quizás, como la propia humanidad: la fantasía de

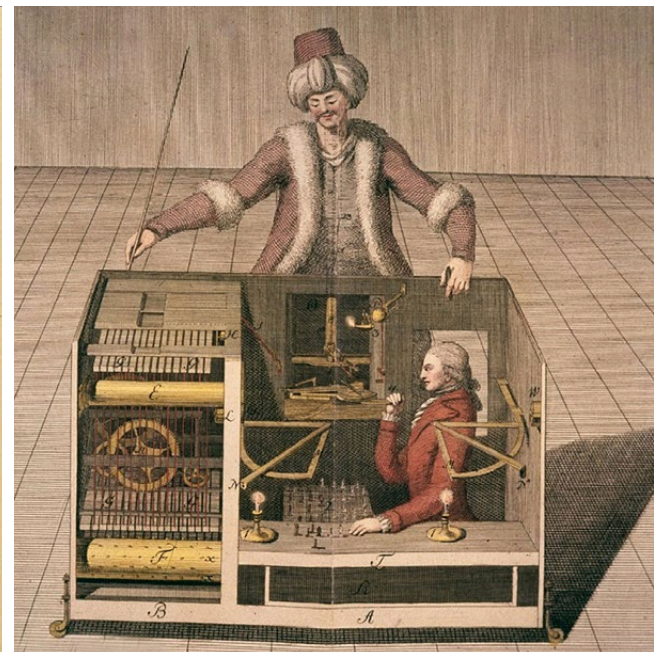
crear algo —o alguien— semejante o superior al hombre: posthumano. Los autómatas —esas máquinas que “se mueven u obran por sí mismas”— nos acompañan desde la *Iliada*. Figuras monstruosas, algunas de ellas muy bellas, como Galatea, acaso una de las más célebres autómatas y quizá la primera *androide* —como se denomina a los “autómatas con forma humana”— o *andreida*. En su *Metamorfosis*, Ovidio describe la historia de esa bellísima estatua esculpida por Pígalión, que gracias a la diosa Afrodita no sólo cobra vida, sino que es capaz de dar vida, al conceder a Galatea el don de la fertilidad. Una verdadera *monstruosidad*

en su sentido etimológico: aquel prodigio o suceso sobrenatural que expresa una señal de los dioses.

En la modernidad, los dioses fueron reemplazados por las máquinas. Los autómatas, que los hubo, muy diversos e ingeniosos, no eran sino máquinas prodigiosas, portentosas: en 1738, por ejemplo, Jacques de Vaucanson presentó a su “flautista”, un armatoste de poleas, válvulas y fuelles que conseguía arrancarle notas a una flauta trasversa. Certeros, Voltaire, De la Mettrie y Diderot lo rebautizaron como *Rival de Prometeo*. Ni qué decir de uno de los celeberrimos autómatas: el jugador turco de



Máquinas prodigiosas de Jacques de Vaucanson: el flautista, el pato y el tamborilero. Grabado tomado de *Histoire des jouets*, siglo XVII



El jugador turco de ajedrez, autómeta construido por el barón Wolfgang von Kempelen en 1769. Grabado en color, circa 1780

ajedrez, una ingeniosa “máquina” inventada por el barón Wolfgang von Kempelen y que terminó en manos de Johann Nepomuk Maelzel, que derrotó a Benjamín Franklin y al emperador Napoleón Bonaparte, entre otros,¹ y motivó reflexiones lo mismo de Edgar Allan Poe que de Walter Benjamin.²

En las últimas décadas, las máquinas han sido desplazadas por la Inteligencia Artificial (IA), ese complejo de dispositivos y algoritmos que no sólo imitan, sino que se proponen superar la inteligencia humana, o amplificarla (*Amplnt*), como ha propuesto, entre otros, Vernor Vinge.

Nunca como ahora habíamos llegado tan lejos. Durante siglos los hombres han jugado a ser dioses. *Homo deus*. La diferencia es que hoy parece que estamos más cerca de superarnos, de elevarnos por encima de nuestra condición humana, trascenderla. Superhombres, superinteligencia, posthumanidad, transhumanidad, superhumanidad... términos que provienen de la ciencia y la tecnología, pero que no dejan de ser una promesa y que no pueden encubrir un cierto halo profético, místico, gnóstico por intuitivo.

A esa gramática se ha agregado un concepto, el de Singularidad, que sintetiza,

precisamente, esa peculiar composición: científico-tecnológica y, al propio tiempo, profético-mística. En *La Singularidad está cerca*, Ray Kurzweil define en los siguientes términos este concepto:

Es un tiempo venidero en el que el ritmo del cambio tecnológico será tan rápido y su repercusión tan profunda que la vida humana se verá transformada de forma irreversible. Aunque ni utópica ni distópica, esta era transformará los conceptos de los que dependemos a la hora de dar significado a nuestras vidas, ya sea en lo que se refiere a modelos de negocios

o al ciclo de la vida (incluyendo la muerte).

[...] La Singularidad nos permitirá trascender estas limitaciones de nuestros cerebros y cuerpos biológicos. Aumentaremos el control sobre nuestros destinos, nuestra mortalidad estará en nuestras propias manos, podremos vivir tanto como queramos (que es un poco diferente a decir que viviremos para siempre), comprenderemos enteramente el pensamiento humano y expandiremos y aumentaremos enormemente su alcance. Como consecuencia, al final de este siglo la parte no biológica de nuestra inteligencia será billones de billones de veces más poderosa que la débil inteligencia humana producto de la biología.³

Más que un “tiempo venidero”, la Singularidad parecería una versión hipertecnológica de la *Tierra prometida*, un *paraíso tecno-digital* en la tierra (del futuro), en el que, para empezar, “nuestra mortalidad estará en nuestra manos”, lo que significa, por lo menos la realización de ese sueño humano —demasiado humano— milenario

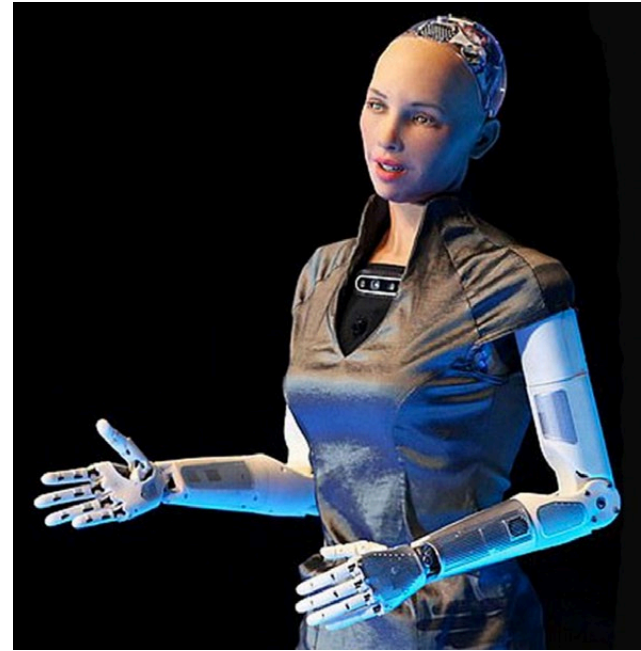
¹ Era una máquina tallada en madera, rematada con la imagen de un “turco”. Dentro de la máquina se escondía un diminuto jugador, quien movía las piezas por medio de engranes, resortes y palancas.

² E. A. Poe, “El jugador de ajedrez de Maelzel”, *Southern Literary Journal*, 8 de abril, 1836 y W. Benjamin, *Tesis sobre filosofía de la historia*, 1940.

³ Ray Kurzweil (2005). *La Singularidad está cerca. Cuando los humanos trascendamos la biología*. Disponible en <http://bit.ly/3hzbgo5> (Consultado el 1 de noviembre de 2022)



Elon Musk durante la presentación de Optimus, robot humanoide de Tesla, 2022. Fotografía: Tesla



Sophia, creada por Hanson Robotics, es el primer robot en obtener la ciudadanía saudí. Fotografía: Hanson Robotics

de controlar la muerte, de extender hasta límites hoy no conocidos el momento terminal de nuestra existencia. Además, esta definición sugiere un desarrollo inédito de la parte “no biológica” de nuestro cerebro. ¿Qué parte es esa?, ¿la que habremos de conectar a un dispositivo que potencie nuestra inteligencia “artificial”? ¿Llegará el momento en el que ese dispositivo se desconecte, nos desconecte por voluntad propia? ¿Dispositivos con prótesis humanas?

Aún más profético, Vernor Vinge (autor de culto) le ha puesto fecha, incluso, al advenimiento de la Singularidad tecnológica. En una conferencia de marzo de 1993, adelantó que:

En los próximos treinta años conseguiremos los medios tecnológicos para crear una inteligencia sobrehumana. Poco después, la era humana habrá concluido. [...] Para que no se me acuse de cierta ambigüedad en cuanto al tiempo, seré más específico: me sorprendería que todo esto ocurriera antes de 2003 o después de 2030.⁴

Pese a su origen científico, en su concepción actual la Singularidad siembra no pocas du-

das e incertidumbre respecto a ese promisorio futuro posthumano. En matemáticas, para los no iniciados, la singularidad no resulta un concepto un tanto complicado que, dentro del campo de las “funciones”, se define como “el punto en el que una ecuación, superficie, etcétera, se transmuta o degenera. Las singularidades también son llamadas puntos singulares.” Más importante, quizás, es que, en el “análisis complejo”, las singularidades caracterizan “las posibilidades de las funciones analíticas”.⁵

No puede pasar de largo, sin embargo, la elección de este término para denominar el porvenir. Estos “puntos singulares” que dan cuenta de “posibilidades de las funciones analíticas” no están muy lejos de esos puntos de inflexión histórica —coyunturas, los llamaba Antonio Gramsci— que podía cambiar el curso de los hechos, la trayectoria de la historia.

⁴ Vernor Vinge, “La Singularidad” (2009), en Sonia Bueno Gómez-Tejedor y Marta Peirano eds., *El rival de Prometeo. Vidas de autómatas ilustres*, Madrid, Impedimenta, p. 367.

⁵ Wolfram MathWorld, “Singularity”, disponible en <http://bit.ly/3EAN6TQ> (Consultado el 2 de noviembre de 2022).

En tanto punto de diversos posibles, punto en que una función matemática puede transformarse, degenerar, fallar o saltar cuando se lleva a una gráfica, la Singularidad sugiere más bien posibilidad, resultados imprevistos, “saltos”, “fallas”, trayectorias inesperadas... Su uso —por parte de Kurzweil o Vinge— fuera del campo de las matemáticas señala algo muy distinto, casi sugiere lo contrario: un escenario al que la humanidad difícilmente podrá susstraerse. Incluso visionarios como Elon Musk participan de esta *profecía*: “tratemos de alcanzar a las máquinas para no convertirnos en simios en un zoológico.” Es en este punto en el que la Singularidad exhibe sus costados más inconsistentes, oscuros, poco científicos. Escribe Michael Zimmerman:

Los posthumanistas tecnológicos, consciente o inconscientemente, se basan en el antiguo discurso cristiano de la “teosis”, según la cual los humanos son capaces de ser Dios o semejantes a Dios. Desde San Pablo y Lutero hasta Hegel y Kurzweil, la idea de la autoidentificación humana desempeña un papel destacado. Hegel, en particular, subraya que

Dios se actualiza por completo solo en el proceso por el que la humanidad alcanza plenamente a través de procesos históricos que iluminan y, por tanto, transforman todo el universo. La diferencia es que para Kurzweil y muchos otros posthumanistas, nuestra descendencia —los posthumanos— llevará a cabo este extraordinario proceso.⁶

La tecnología y la ciencia aplicada nos han llevado muy lejos, a territorios que hace unas décadas eran apenas materia de ciencia ficción, *sueños digitales* y que hoy son parte de proyectos de robótica, IA, aplicaciones tecnocientíficas de enorme utilidad para la salud, la sostenibilidad del planeta, la educación, la industria, finanzas...

En septiembre de 2022, por ejemplo, Elon Musk presentó Optimus, prototipo de robot humanoide (1.73 m de altura y 57 kg de peso) que podría producirse en masa y comercializarse por menos de 20 mil dólares.

Torpe y muy limitado en sus movimientos y operaciones, Optimus confirma el portento de la robótica, pero, al mismo tiempo, exhibe las enormes limitaciones. “El robot puede hacer mucho más de lo que acabamos de mostrar —justificó el CEO de Tesla—. No queríamos que se cayera de bruces. Así que ahora mostraremos algunos videos del robot haciendo un montón de otras cosas”.⁷

Como nunca, la tecnología y la ciencia aplicada nos han llevado muy lejos, pero nos

han vuelto a colocar en un lugar ya conocido: en el de la especulación *metafísica*, en el de la intuición, ese lugar donde la ciencia cede terreno al pensamiento mágico, a las ilusiones (*wishful tinkering*) que se alimentan de ciencia ficción y buscan confundirse con especulación científica.

Resulta sintomático que Vinge cierre su texto sobre Singularidad con una frase como la siguiente: “Creo que Freeman Dyson tiene razón cuando dice: ‘Dios es aquello en lo que se convierte la mente

cuando ha sobrepasado los límites de nuestra comprensión’.” *Homus deus*.

Siempre que se habla de cibernética, de tecnología, robótica, ingeniería genética, en fin, de IA no se habla sólo de ello, se habla o se omite deliberadamente sus consecuencias sociales, políticas y aun éticas. Pero también se habla o se oculta de un sistema de creencias.

La genética, la robótica, la ciencia aplicada a la biología y, en general, el desarrollo de la tecnología sugieren la abolición de los límites, incluso crean el *espejismo* de un mundo sin límites en el que se puede extender la vida y crear otras formas de vida (posthumana, transhumana). Con todo y estos avances, la ciencia y tecnología actuales no ofrecen una base sólida para sostener al *Homo deus*, mucho menos para sustentar los plazos para que estas profecías se cumplan.

Más que el punto donde la humanidad es trascendida por la IA, por lo posthumano, la Singularidad parece describir ese punto donde la ciencia y la tecnología ceden a la ficción y a la tentación gnóstica.

⁶ Michael E. Zimmerman (2008). “The Singularity: A Crucial Phase in Divine Self-Actualization?”, en *Cosmos and History: The Journal of Natural and Social Philosophy*, vol. 4, p. 347. Disponible en <http://bit.ly/3TDuTcl> (Consultado el 3 de noviembre de 2022).

⁷ Miguel Jiménez (30 de septiembre de 2022). “Así es Optimus, el robot humanoide de Tesla que Elon Musk quiere vender a menos de 20.000 dólares”, en *El País*. Disponible en <http://bit.ly/3TJM0ZY> (Consultado el 12 de noviembre de 2022).

Referencias

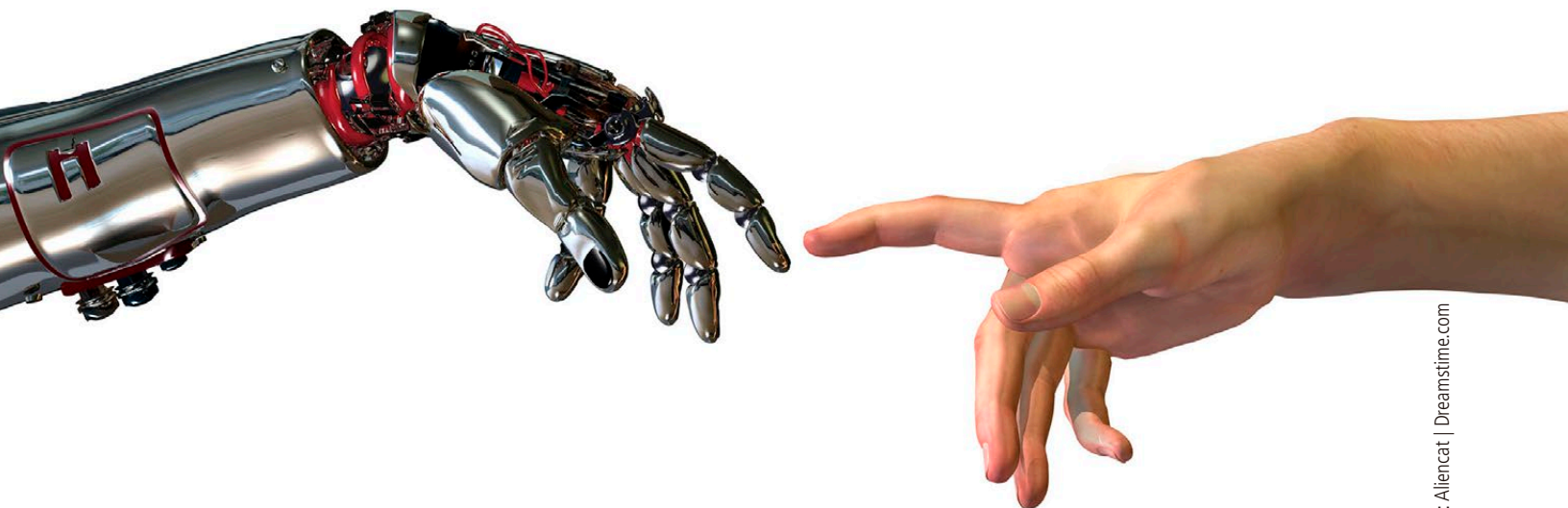
JACK COPELAND (1996). *Inteligencia artificial*, Madrid, Alianza.

DONNA HARAWAY (1984). *Manifiesto Ciborg. El sueño irónico de un lenguaje común para las mujeres en el circuito integrado*. Disponible en <http://bit.ly/3XjLHIC> (Consultado el 12 de noviembre de 2022).

FREDRIC JAMESON (2015). “La estética de la Singularidad”, en *New Left Review*, núm. 92.

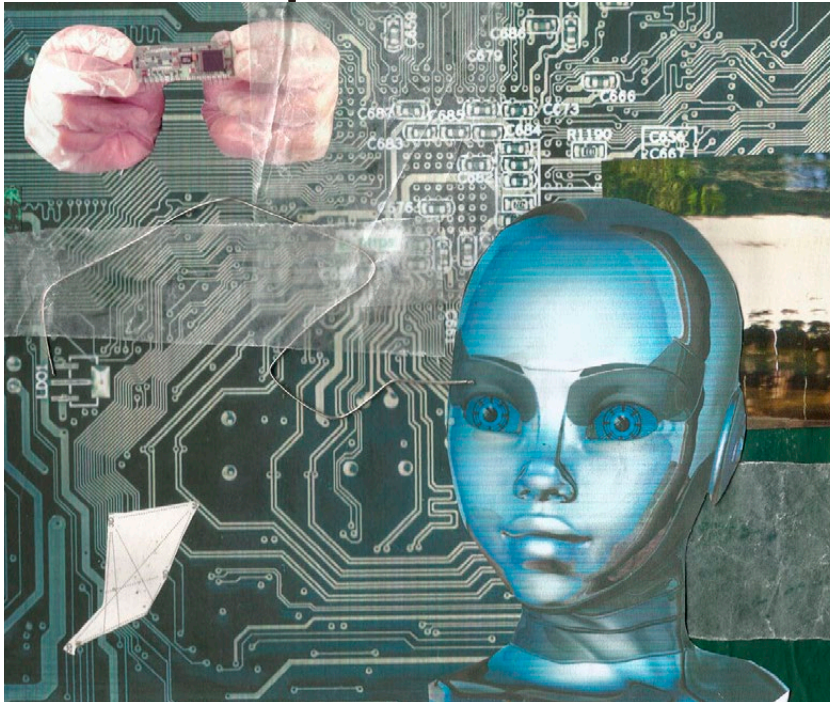
SLAVOJ ŽIŽEK (2020). *Hegel in a Wired Brain*, London, Bloombury.

_____ (2021). *Como un ladrón en pleno día. El poder en la era de la poshumanidad*, Barcelona, Anagrama.



Esther Martínez*

Los “agentes inteligentes” son parte de la IA



La Inteligencia Artificial ha tenido un vínculo estrecho con diversas áreas del conocimiento como la psicología, la neurofisiología y la biología. Para probar las teorías que han surgido, las computadoras brindan la rapidez necesaria para demostrar dichos modelos.

* Facultad de Contaduría y Administración, UNAM

Con la evolución de la IA se han integrado nuevas áreas de estudio. Entre las aplicaciones más conocidas se encuentran las redes neuronales, la robótica, el aprendizaje automático o el reconocimiento de patrones; sin embargo, desde hace algunos años han surgido otras que integran a la sociología y hasta la etología. Una de ellas es lo que se conoce como la “teoría de agentes inteligentes”.

El surgimiento de los agentes en IA se dio a partir de la década de 1980, con la Inteligencia Artificial Distribuida (DAI por sus siglas en inglés) que trataba de construir y explicar artefactos inteligentes que sensan y actúan dentro de un ambiente definido, tal como lo presentaron Stuart Russell y Peter Norvig. De la misma manera, el trabajo de Carl Hewitt y Baker con relación al “modelo de actores” contribuyó

a la definición de agentes en este periodo, dando un sustento conceptual necesario para su modelado inicial.

Al mismo tiempo, el desarrollo de la IA “basada en el comportamiento” —corriente iniciada por Maes y Brooks, investigadores del MIT—, relacionaba algunos conceptos como situacionalidad, reactividad y autonomía con los agentes.

Un agente inteligente basado en *software* es una entidad que exhibe un comportamiento autónomo mientras está situado en un sistema de información que puede ser computacional.

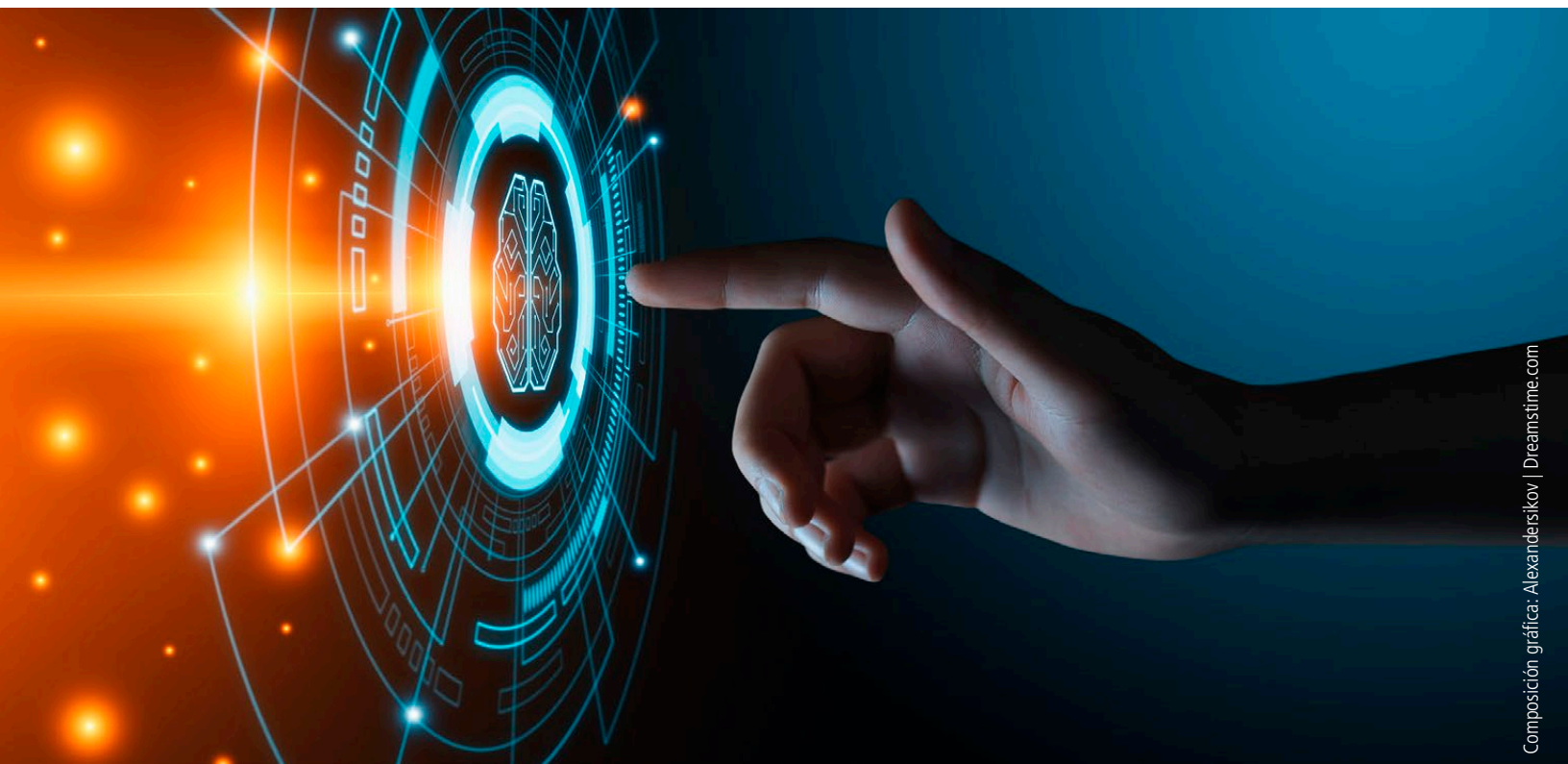
En su libro *Inteligencia artificial. Un enfoque moderno*, Russell y Norvig presentan la siguiente definición: “Un agente es un sistema computacional persistente, capaz de actuar autónomamente para encontrar sus objetivos o metas, cuando está situado en un ambiente”.

Bajo esta definición, un agente es visto como una serie de entradas del ambiente donde está situado, y produce acciones como salida en respuesta a su percepción. Estas acciones modifican el ambiente en una interacción que suele ser continua e indeterminada, lo que refleja la persistencia.

Un ambiente es el espacio donde un agente, o grupo de ellos, está situado. Ese ambiente no tiene que ser necesariamente físico; podría ser un sistema operativo o la World Wide Web. Lo realmente importante es la interacción del agente con su ambiente a través de la acción y la percepción. Algunas propiedades de los posibles ambientes están dadas en los términos de accesibilidad, determinismo, periodicidad, dinamismo y continuidad; estas propiedades caracterizan el ambiente de manera cualitativa; no son exclusivas y pueden existir combinaciones entre ellas.

Dadas estas propiedades, los ambientes que tradicionalmente han sido estudiados por la IA han sido también identificados y clasificados. Entre dichos ambientes, se encuentran el ajedrez, los sistemas de análisis de imágenes, los tutores, los brazos robóticos o los sistemas de diagnóstico.

Si se analiza este punto, se deduce que un agente puede estar situado en cualquiera



de los ambientes mencionados o en otro, con la restricción de que sean identificadas las propiedades de dichos ambientes y que cada uno requiera que el agente esté acondicionado con diferentes programas para que interactúe efectivamente.

La arquitectura de un agente es la organización de los componentes del mismo; es decir, su estructura de información, las operaciones que puede hacer, el control que existe entre las acciones que estén programadas, etcétera. Así, encontramos que hasta el agente más sencillo requiere de un análisis y una abstracción detallada.

Dentro de las arquitecturas que actualmente se manejan en IA encontramos que un agente debe estar dotado de ciertas capacidades, entre las que encontramos la percepción —una función que permite que el agente conozca su ambiente— y una función de acción, que le permitirá decidir qué debe hacer.

Los robots y otros agentes situados en un mundo físico pueden emplear *hardware* para realizar la función de percepción, ya sea

a través de videocámaras, sensores de infrarrojos o sonares; mientras que un agente basado en un ambiente virtual, como puede ser un *software*, puede hacer uso de instrucciones y programas asociados al sistema operativo en el que interactúa.

Existen autores, como Jenny Fooner, que sostienen que para considerar a un agente inteligente, éste debe exhibir algún tipo particular de comportamiento, entre los que sobresale el comportamiento autónomo.

En términos generales, autonomía significa “control de sí mismo”; es la capacidad de actuar libre de fuerzas opresivas internas y externas. En el contexto de los agentes, la autonomía hace énfasis en que actúan a nuestro favor, pero sin la intervención directa de un humano u otra, y tiene el control sobre sus propios estados internos y sus acciones.

Así, podemos decir que un agente es una entidad que actúa y, para hacerlo, debe iniciar su acción en función de ejercer su poder para hacerlo. Esto es muy parecido a ejercer su autonomía.

Sin embargo, la relación entre autonomía y habilidad social es muy sutil. Un agente no ejerce su poder de actuar sin haber sido influido por su historia pasada; pero lo que se debe tener claro es que las influencias no son lo que deben determinar su acción. Algunos investigadores establecen la raíz y presentan modelos para determinar la eficiencia de estas acciones.

En el contexto de la IA, Allen Newell, en su estudio *Unified Theories of Cognition*, concilia la autonomía con una habilidad social:

Los humanos deben vivir autónomamente dentro de una comunidad social. Esta restricción es un poco impar, porque es bimodal. Un aspecto de la autonomía es mayor capacidad para ser libre de dependencias del ambiente. Cuando nosotros consideramos lo lejos de la autonomía que están las computadoras actuales y los robots, la restricción parece hablar en un camino considerable para incrementar las capacidades. Pero, por otra parte, mucho de lo que hemos aprendido



de la etología y la teoría social habla de la dependencia de los individuos dentro de las comunidades donde se elevan y residen. Las capacidades adicionales para la autonomía de bajo nivel no niegan la extensión necesaria de la socialización y el arraigo en una estructura de soporte social. Si nos alejan de nuestras comunidades, nos convertimos en ineptos y disfuncionales en muchos caminos.

Los agentes se construyen para que hagan tareas por nosotros, los usuarios, y usualmente les decimos qué esperamos de ellos. Sin embargo, si lo hiciéramos de la manera tradicional, empleando programas computacionales con instrucciones ordenadas y precisas, coartaríamos su autonomía. Es por ello que, para trabajar con agentes, es necesario trabajar con metas y funciones de utilidad, de esa manera ellos sabrán qué hacer y nosotros no les diremos cómo hacerlo.

Las metas, en el sentido que originalmente se manejan en IA, son situaciones deseables para un agente, y definidas como un

cuerpo de conocimiento sobre el ambiente. La definición de una meta está indicada por el espacio de estados de problemas, que se compone de:

ESTADO INICIAL: Estado dentro del ambiente donde el agente se encuentra en un momento inicial.

OPERADORES: Conjunto de posibles acciones a realizar por el agente.

ESPACIO DE ESTADOS: Conjunto de todos los estados posibles

PRUEBA META: Es una función que determina si un estado satisface el objetivo del agente.

Con todos estos elementos se puede determinar si un agente cumple con las características mínimas para las que fue creado.

Hasta aquí sólo se presenta la descripción simple de lo que es un agente en los términos que actualmente se emplean en IA. Así, se puede inferir que un agente cuenta con un ambiente, una arquitectura, un comportamiento y metas. Toda la descripción de agentes se ha perfilado a ser

una de las áreas de desarrollo y producción científica de IA.

Al integrar el concepto de agentes en IA se ha reformado el uso de términos de cognición humana y animal e, inclusive, robótica. Ahora se incluye la teoría de agentes para hacer modelos que históricamente se han resuelto con IA clásica. Este entorno de la teoría de agentes no está asociado intuitivamente con la vida física real; sin embargo, los modelos que están resultando de su estudio y aplicación son fácilmente interpretados para las sociedades vivas de nuestro planeta, sin tener que ser representados con robots físicos.

Los agentes tienen un marco teórico fundamentado en diversas ciencias. Su teoría ha apoyado con seriedad la investigación que se había visto desvirtuada al emplear la "inteligencia artificial" en toda la publicidad relacionada con robots y simulaciones de comportamiento exclusivamente humano, del que se han hecho innumerables obras de entretenimiento o, sencillamente, está abriendo nuevos temas de discusión ante la siempre controvertida IA.

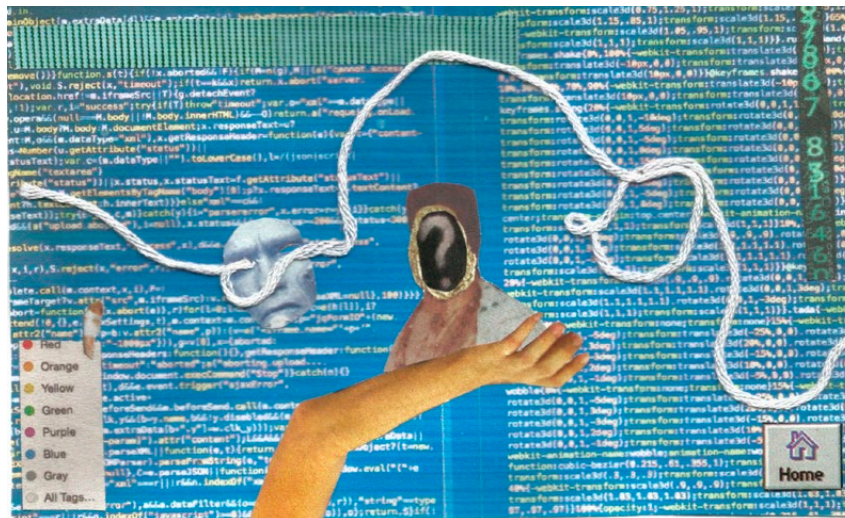


www.acatlan.unam.mx

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ACATLÁN

Axel Arturo Barceló Aspeitia*

Lo que aprendí de mi primera computadora



Empezó como un juego y derivó en experiencia formativa. El adolescente que, en los años ochenta, desarrolla programas en su computadora personal descubre el poder de un tipo particular de pensamiento: hiperanalítico, comprometido con la simplicidad, lo explícito, lo bien estructurado y lo preciso.

* Instituto de Investigaciones Filosóficas (IIF), UNAM

Llama la atención que muchos de nuestros juegos involucren algún tipo de simulación. De niños jugamos a policías y ladrones, con muñecas y carritos, somos turistas de tablero con hoteles en Nigeria y Reino Unido, exploramos espacios virtuales en los videojuegos y construimos castillos en la arena. Desde chicos, pues, vivimos en un espacio mixto donde habitaban realidad y ficción, pero distinguimos a los autos de juguete de los verdaderos, a los personajes de la televisión de las personas ordinarias, a las divisas del Turista Mundial del dinero legítimo, a

la violencia de nuestros videojuegos de la auténtica. Y, por supuesto, a la inteligencia artificial de nuestras computadoras de la inteligencia real.

A mí me tocó vivir la adolescencia en la década de los ochenta y, ya entonces, las computadoras ocupaban un lugar central en la cultura popular, especialmente por los videojuegos y películas basadas en ellos como *Tron* (Charlie Bean y Robert Valley, 1982) o *Juegos de guerra* (John Badham, 1983). La computadora personal aún no era un dispositivo que se viera en todas las casas, pero no eran raras las consolas de juego tipo Atari

o Intellivision. Con mi hermano, también adolescente, juntábamos nuestros “domingos” para comprar revistas de computación y videojuegos, como *Computer Games Magazine*.

Después de mucho rogar, convencimos a nuestros padres de que nos compraran una computadora personal, una Commodore-64. La compramos de “fayuca” en Tepito. Como era fácil piratear los videojuegos, pronto tuvimos muchos de ellos. Pero, para mí, lo más interesante era que la computadora se podía programar. En BASIC (acrónimo de Beginners’ All-purpose Symbolic Instruction Code, o Código simbólico de instrucciones de propósito general para principiantes, en español). La versión de este lenguaje de programación que operaba en esa computadora contenía tanto expresiones en lenguaje natural, como las famosas partículas “if” y “then”, de la implicación material o expresiones alfanuméricas en código hexadecimal; es decir, expresiones numéricas en las que, además de los dígitos tradicionales, se usaban las primeras seis letras del alfabeto como dígitos extra. Así, el número que en base decimal expresamos como “138”, por ejemplo, en base dieciséis se escribía como “8A”.

Desde el principio me fascinó este lenguaje híbrido. Me encantaba programar y, pronto, mis padres se asustaron del tiempo que pasaba sentado frente a la computadora, abortó frente a líneas y líneas de código. En particular, me cautivaba el reto de convertir mis deseos (lo que quería que hiciera la computadora) en instrucciones perfectamente explícitas y ordenadas. Me gustaba esa necesidad de precisión y estructura. No había lugar para vaguedades u oscuridades. Simplemente, el programa *corría* o no *corría*; o, bien, hacía lo que le pedías o no lo hacía. No había lugar para medias tintas. Además, como las computadoras de ese entonces contaban con una cantidad muy limitada de memoria, era necesario tratar de reducir los algoritmos al menor número de instrucciones, lo más concisas posibles. Este imperativo de simplicidad también me seducía. Al final, aprendí del poder de presentar las cosas de manera simple, clara, explícita y bien estructurada.



La Commodore 64, una computadora doméstica de 8 bits desarrollada por Commodore International en 1982. Foto: Mariano Cirigliano | Dreamstime.com

Mi experiencia temprana con la programación afectó de manera profunda y permanente la forma en que miro al mundo y mi manera de hacer filosofía. En particular, desarrolló en mí el hábito del análisis cuidadoso y detallado. Me convenció de que uno no entiende plenamente un fenómeno si no es capaz de descomponerlo en sus componentes más simples y explicar de manera precisa y explícita cómo se engarzan unos con otros.

El lenguaje de la computación también me sirvió de propedéutico para aprender otros lenguajes y herramientas formales con las que ahora hago mi trabajo de investigación filosófica. Sobre todo, me ayudó a entender que *analizar* —a final de cuentas, eso es lo que hacemos al programar, especialmente en aquellas computadoras del siglo pasado— es, esencialmente, un ejercicio de representación.

La sintaxis artificial de los lenguajes de computación está diseñada *ex profeso* para que cada instrucción básica sea lo más simple y explícita posible. En ese sentido, los lenguajes de programación no son realmente lenguajes, como lo son el tsotsil o el vasco. Nuestra interacción con la máquina

no es la de interlocutor: no nos comunicamos con ella.

Se ha dicho mucho que la máquina sólo sigue nuestras órdenes; pero, en mi experiencia, la computadora me servía, sobre todo, para poner a prueba mis capacidades de análisis. El que mi programa *corriera* significaba que había analizado correctamente la tarea, que había logrado descomponerlo correctamente en sus elementos básicos y había conseguido representarlos de manera explícita dentro de su exigente sintaxis artificial. En este sentido, no me admiraba de su “capacidad” para hacer lo que le había pedido, sino que sentía la satisfacción de haber logrado programarla para que lo hiciera.

Números, colores, sonidos

Este lenguaje mixto cambió, también, mi percepción del papel de los números en el lenguaje. En español, por ejemplo, usamos poco palabras como “cinco” o “diecisiete”; mucho menos, expresiones más complejas como “doscientos dieciocho mil quinientos cincuenta” o “tres dieciseisavos”. Un poco más comunes son palabras como “uno” o “mil”. Como sea, solemos usarlas para hablar de cantidades, para numerar cosas

(los boletos de una lotería, las casas en una calle) o para medir algunas magnitudes (nuestra altura o talla de calzado).

Sin embargo, el potencial de representación de los números es mucho mayor. No es frecuente pensar, por ejemplo, que los colores serían algo que se pudiera representar numéricamente, algo que se puede contar o medir.

No obstante, los colores están estructurados de manera tal, que hay muchas ventajas en representarlos con números. La forma en que los denominamos, usando adjetivos como “verde” o “dorado”, es sistemática. Algunos colores ocupan mayor espacio dentro del espectro cromático que otros, todos tienen límites más bien arbitrarios, no hay un orden natural en las palabras que usamos para nombrarlos, etcétera.

Pero, al empezar a programar, tuve que aprender otra manera de representar los colores: un sistema numérico de coordenadas en el cual el 000000 correspondía al negro absoluto; el 000001, a un negro con un poco, muy poco, de azul; el 000002, un negro con un poco más de azul, y así hasta llegar al 0000FF (recuerden que el sistema numérico de mi computadora era hexadecimal) que co-

respondía al azul más puro, luego del cual los colores iban pasando del azul al verde, después al rojo y, finalmente, al blanco FFFFFF; sumando, en total, 16 millones 777 mil 215 tonos cromáticos.

Conocido como RGB hexadecimal (por las iniciales en inglés de sus colores primarios: rojo, verde y azul), este sistema hace explícitas las relaciones estructurales entre los diferentes colores del espectro cromático. Las relaciones de cercanía cromática entre los diversos tonos, que apenas se vislumbran en nuestro lenguaje natural, se vuelven evidentes en esta representación numérica. Sabes, por ejemplo, que, si la denominación de dos colores difiere solamente en sus primeros dos hexadigitos, como 2412C6 y A712C6, la única diferencia entre ellos es que uno es más rojo que el otro; o que si el número incluye sólo hexadigitos pequeños, como 332410, es más oscuro que uno de números altos, como 7F89AB.

Este sistema se puede aplicar no sólo a los colores, sino a casi cualquier otro sistema de propiedades. Por ejemplo, poco tiempo después de empezar a programar me interesé en la música electrónica, y aprendí a pensar en los sonidos como conjuntos de números o, para ser más precisos, conjuntos de parámetros.

De esta forma, pude *modelar* una nota musical como el conjunto de un tono, una duración, una velocidad, una intensidad, una dinámica, etcétera, cada uno de estos elementos representado como un número entre el cero y el 255; es decir, entre el 00 y el FF.

Por medio del sistema MIDI (siglas en inglés de Interconexión Digital para Instrumentos Musicales), aprendí a coordinar información que fluía de un aparato a otro y a generar piezas musicales más complejas. Comprendí que es posible *programar* música; es decir, que también es útil ana-

lizar los episodios sonoros bajo el mismo esquema de análisis utilizado durante mi corta experiencia programando: descomponerlos en sus componentes más simples y representar su estructura de manera explícita y exacta.

Actualmente, parte de mi trabajo consiste en ayudar a entender *qué hace* la Inteligencia Artificial (IA) y qué nos dice su "comportamiento" sobre nuestra propia mente.

Por supuesto, la IA ha evolucionado muchísimo desde aquellos años, y mi experiencia con el lenguaje de programación BASIC no es representativa de la interacción que tenemos ahora con ella. Sin embargo, a través de estos recuerdos quería mostrar cómo nuestra experiencia con tecnologías como las computadoras personales nos ayudan —o, por lo menos, a mí me ayudaron— a comprender el poder de un tipo particular de pensamiento: híperanalítico, comprometido con la simplicidad, lo explícito, lo bien estructurado y lo preciso.



Foto: Shaith | Dreamstime.com

LABORATORIO DE BIO-ROBÓTICA, FACULTAD DE INGENIERÍA



biorobotics.fi-p.unam.mx



Haydee O. Hernández Aviña* / Mónica Ramírez Vázquez** /
 José Fabián Villa Manríquez*** / Paúl Hernández Herrera****

Nuevas herramientas para ver lo imperceptible

El uso de “redes neuronales artificiales” en microscopía facilita el análisis masivo de datos provenientes de bioimágenes, reduce tiempos de labor minuciosa, garantiza altos niveles de precisión y permite su reproducibilidad y cuantificación.

* Posgrado en Ciencia e Ingeniería de la Computación, UNAM
 ** Facultad de Ciencias, UNAM
 *** Instituto de Ciencias Aplicadas y Tecnología, UNAM
 **** Laboratorio Nacional de Microscopía Avanzada, Instituto de Biotecnología, UNAM



La microscopía es una disciplina que nace de la curiosidad por ver lo que no es perceptible a simple vista. Desde su aparición en los siglos XVI y XVII ha traído múltiples beneficios a la humanidad: con sus distintas técnicas ha sido posible estudiar y conocer a la célula (unidad fundamental de todo ser vivo), describir sus procesos y adentrarnos en sus secretos más íntimos; sentando, así, las bases para lo que sería la “teoría celular” de Theodor Schlegel y Matthias Schwann en el siglo XIX.

Con el paso del tiempo surgieron nuevas preguntas que condujeron a los científicos

a desarrollar nuevas combinaciones de lentes y a mejorar las técnicas y fuentes de iluminación, derivando así a la microscopía óptica avanzada. En este grupo podemos encontrar a la microscopía de fluorescencia y la confocal, ambas basadas en el mismo principio: el uso de la fluorescencia, propiedad de ciertas moléculas que pueden absorber y emitir luz.

La microscopía confocal surgió como una herramienta para visualizar eventos celulares experimentales, lo que permite estudiar de manera sistemática múltiples aspectos estructurales y funcionales de

las proteínas en las células vivas. Al ser una técnica no invasiva, resulta muy útil para obtener una o múltiples imágenes que contengan la información del grosor de todo el tejido con una alta resolución espacial.

Precisión microscópica

Actualmente, para el estudio de sistemas biológicos se busca simular las condiciones adecuadas para observar a los organismos vivos (células, bacterias, plantas, etcétera), debido a que las interacciones, en el ambiente y el mecanismo de observación, pueden variar los resultados de las pruebas. Es por ello que

los microscopios han sido mejorados para adquirir una gran cantidad de imágenes en poco tiempo sin dañar la muestra. Asimismo, se han desarrollado diferentes equipos para la adquisición de imágenes en 3D (tres dimensiones: altura, anchura y profundidad) y 3D más la componente del tiempo.

Cabe señalar que para generar una imagen en 3D es necesario capturar una imagen en 2D a distintas distancias focales para su posterior reconstrucción tridimensional (Figura 1). En el caso de un estudio de lapso de tiempo, se realiza esta misma acción en múltiples ocasiones para tener una imagen 3D para cada tiempo de observación. Al final de este proceso se han generado cientos de imágenes, de las cuales se realizan mediciones cuantitativas o cualitativas como determinar y discriminar diferentes aspectos: grosor de la muestra, presencia de proteínas, fluorescencia natural de otras moléculas, entre otros.

En la última década, las áreas biológicas y de la salud han buscado tener mediciones más rigurosas, menos subjetivas, con el uso del procesamiento de imágenes y

estadística, sobre todo para reproducir los resultados.

Automatismo y simplificación

La Inteligencia Artificial (IA) es una rama de las ciencias de la computación que busca realizar tareas de manera automatizada, aprendiendo los patrones que realizaría un experto.

Existen muchos ejemplos de aplicaciones de IA, como los juegos (una máquina capaz de *jugar ajedrez de manera inteligente*), el diagnóstico de enfermedades (una herramienta computacional diseñada para la detección de cáncer en mamografías), los “sistemas inteligentes” (el funcionamiento de diversos aparatos mediante “comandos de voz”) y, recientemente, el desarrollo de vehículos autónomos, entre muchos otros.

En microscopía, así como en otras disciplinas, la IA ha adquirido gran popularidad debido a la simplificación de tareas. Se han diseñado metodologías capaces de analizar miles de imágenes en unos segundos con resultados similares o mejores a

los obtenidos por un humano experto.

En las imágenes de microscopía —en las que se requiere delinear núcleos, detectar bacterias o patrones en las imágenes, hacer cuantificaciones, etcétera—, normalmente es necesario realizar la misma tarea de manera repetitiva, lo cual puede ser tedioso, requerir de una cantidad considerable de tiempo y ser propenso a errores humanos debido al cansancio. La IA y el aprendizaje automático están desarrollados, especialmente, para resolver este tipo de situaciones.

El aprendizaje automático es una sub-área de la IA que se encarga de hacer que la computadora aprenda o mejore su desempeño mediante observaciones de la tarea por replicar; observaciones que corresponden al dato de entrada y el resultado esperado. Por ejemplo: 1) Imagen 2D confocal de una raíz y núcleos delineados manualmente por el experto, y 2) Mamografía y su respectivo diagnóstico, etc. Dependiendo de la complejidad de la tarea por replicar se pueden requerir pocas observaciones para problemas sencillos: ocho observaciones para la detección de núcleos; miles de observaciones para problemas difíciles (10 mil para generar una imagen de superresolución) o, incluso, millones para problemas complejos (1.2 millones para identificar objetos en imágenes).

Un algoritmo popular de aprendizaje automático es la “red neuronal artificial”, inspirada en la forma en que se transmite la información en el cerebro. Los nodos, una de las partes principales de la red, tratan de emular el comportamiento de una neurona. Cada nodo de la red neuronal artificial recibe datos de entrada, los combina y produce nuevos datos, de manera similar a una neurona que recibe impulsos eléctricos en las dendritas, los combina en el soma y produce nuevos impulsos en el axón. Estos nodos se organizan en capas: los datos de entrada se procesan en la primera capa de nodos (usualmente, miles de nodos por capa) y producen nuevos datos, mismos que se procesan en una segunda capa de nodos y así, sucesivamente, hasta llegar a una capa final donde se obtiene el resultado esperado. Entre más capas

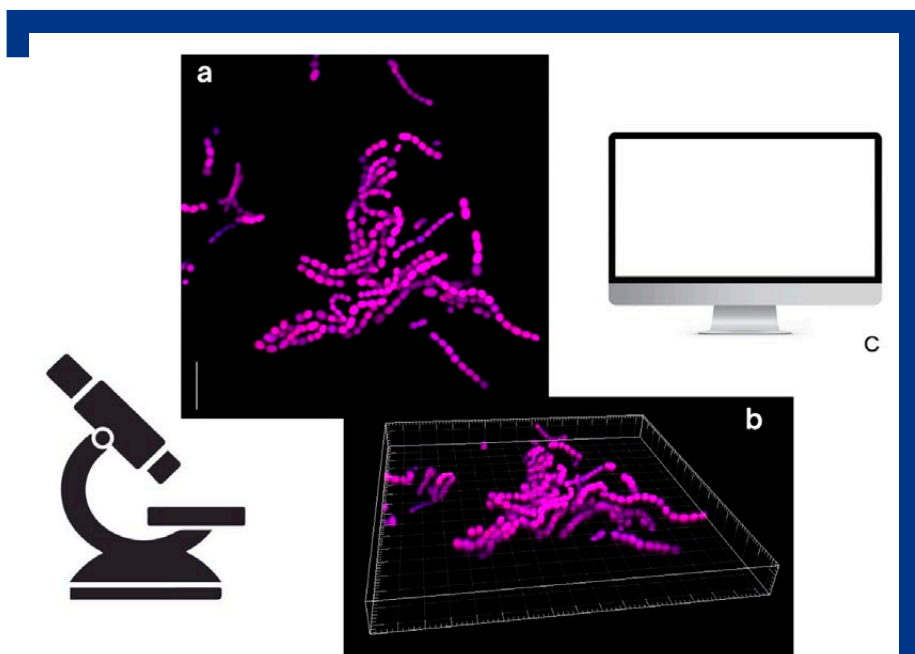


FIGURA 1.

- Obtención de múltiples imágenes 2D para su posterior reconstrucción tridimensional (profundidad) por microscopía de fluorescencia o confocal.
- Reconstrucción 3D a partir de serie de imágenes (máxima proyección).
- Obtención de datos, procesamiento de la imagen y análisis.

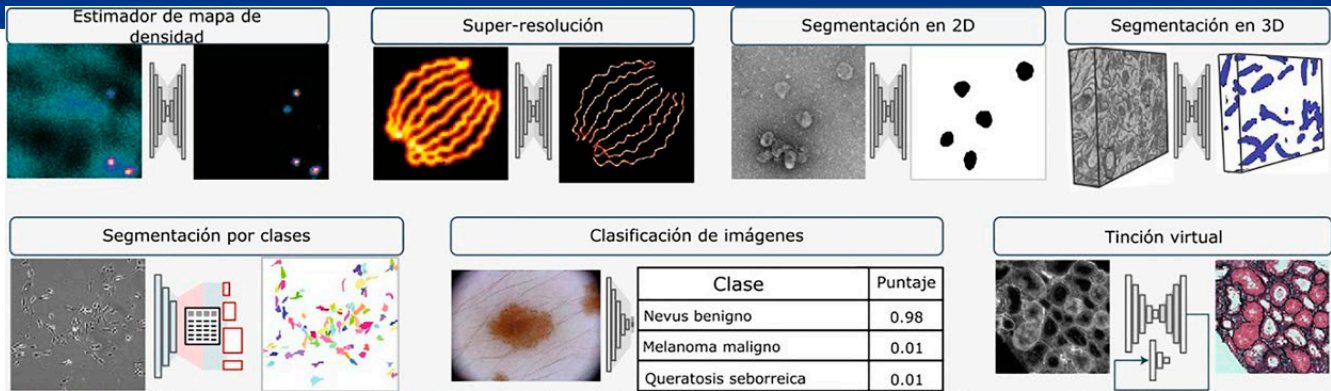


FIGURA 2. Algunas aplicaciones de DeepImageJ (Tomado de Gómez-de-Mariscal *et al.*)

(profundidad) tenga la red, puede aprender relaciones más complejas de los datos y, por lo tanto, resolver problemas más difíciles (Figura 2).

Velocidad y superresolución

En microscopía, la IA ha permitido analizar una cantidad enorme de datos que eran intratables de manera manual. Ejemplo de ello es la delineación de núcleos en imágenes, un problema muy común en

microscopía: las redes neuronales artificiales han permitido delinear en menos de un segundo más de 1 000 núcleos en una imagen; esta tarea, realizada por un humano experto, puede tomar hasta tres horas de labor continua.

Otro caso es el de la microscopía de superresolución, que permite observar objetos a resoluciones de nanómetros, pero que requiere de técnicas complejas y, usualmente, equipo muy costoso y poco

accesible para la mayoría de los laboratorios. Para resolver esto se han desarrollado técnicas basadas en IA que permiten observar objetos a la escala de nanómetros utilizando microscopios convencionales, así como otras aplicaciones comunes como remover ruido en imágenes, detectar eventos de división de núcleos, seguimiento de partículas, etcétera (Figura 3).

Además de la posibilidad de analizar una cantidad enorme de datos en poco

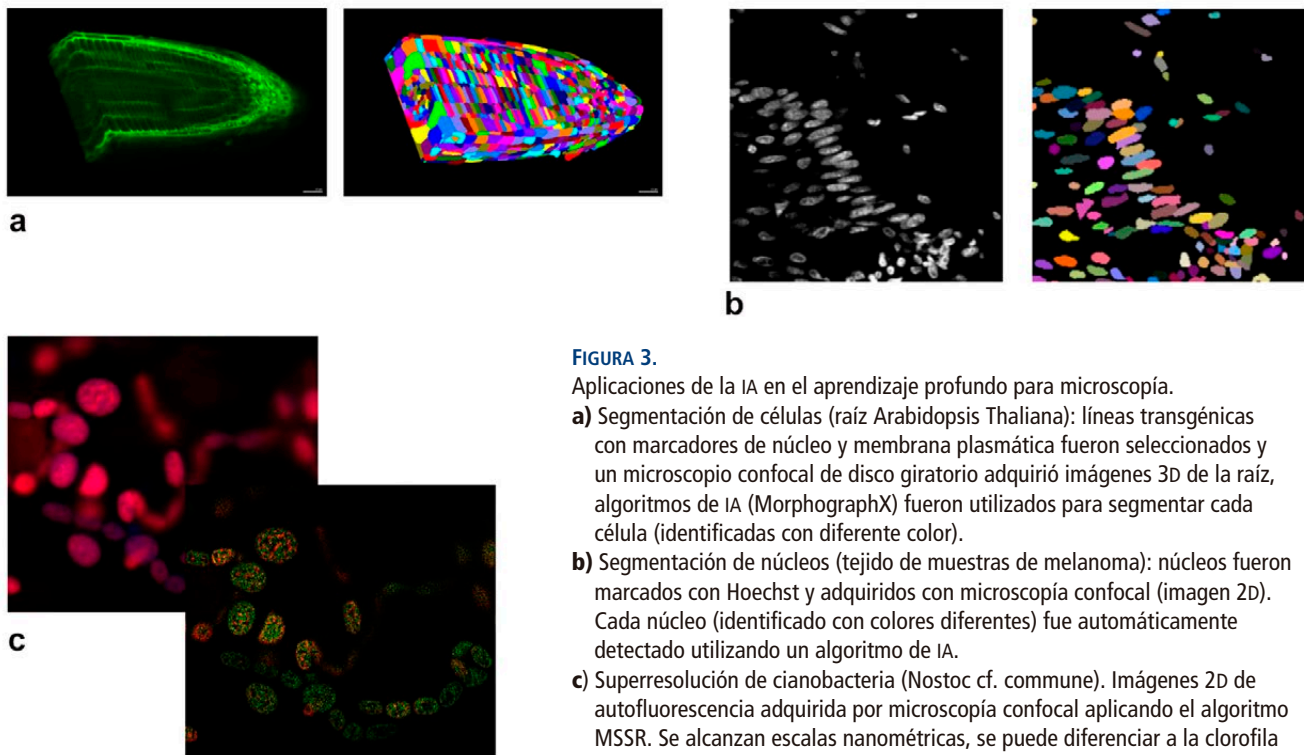


FIGURA 3.

Aplicaciones de la IA en el aprendizaje profundo para microscopía.

- a) Segmentación de células (raíz *Arabidopsis thaliana*): líneas transgénicas con marcadores de núcleo y membrana plasmática fueron seleccionados y un microscopio confocal de disco giratorio adquirió imágenes 3D de la raíz, algoritmos de IA (MorphographX) fueron utilizados para segmentar cada célula (identificadas con diferente color).
- b) Segmentación de núcleos (tejido de muestras de melanoma): núcleos fueron marcados con Hoechst y adquiridos con microscopía confocal (imagen 2b). Cada núcleo (identificado con colores diferentes) fue automáticamente detectado utilizando un algoritmo de IA.
- c) Superresolución de cianobacteria (*Nostoc cf. commune*). Imágenes 2D de autofluorescencia adquirida por microscopía confocal aplicando el algoritmo MSSR. Se alcanzan escalas nanométricas, se puede diferenciar a la clorofila (verde) y las ficobiliproteínas (rojo).

tiempo, la IA ofrece otras ventajas: la reproducibilidad de los resultados, pues un modelo de red neuronal siempre obtendrá el mismo resultado, así como la alta fidelidad de los resultados obtenidos, incluso superando a un humano experto.

Sin embargo, también pueden existir desventajas que limiten el uso de algoritmos de aprendizaje automático como las redes neuronales. Entre las principales: la necesidad de entrenamiento especializado, el cual puede requerir muchas horas/semanas, incluso meses, de labor; asimismo, son necesarios conocimientos profundos en

matemáticas y ciencias de la computación para obtener una capacitación adecuada que produzca resultados superiores al humano; por último, el entrenamiento rápido exige el acceso a computadoras con alta capacidad de procesamiento (GPU).

Por fortuna, existen proyectos internacionales que tienen como fin aliviar algunas de estas desventajas, como Zero-CostDL4Mic, DeeplmageJ y MIA, además de organizaciones como la Iniciativa Chan Zuckerberg, cuyo propósito es facilitar el uso y acceso a las nuevas herramientas para la comunidad de microscopistas.

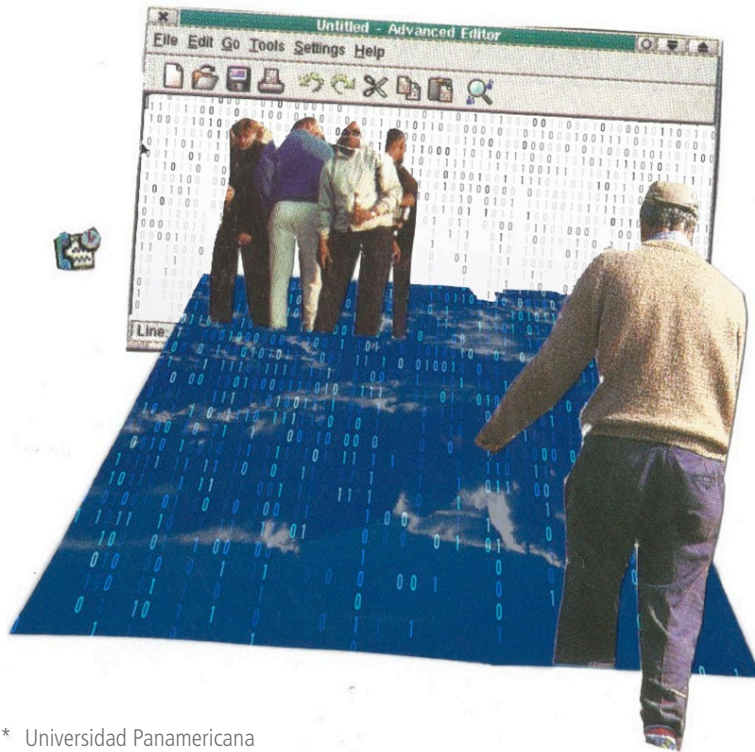
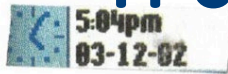
Finalmente, algo que debe tomarse en cuenta respecto a los *algoritmos de aprendizaje automático supervisado* es que su desempeño depende, en buena medida, de la calidad de las observaciones proporcionadas a la IA. Es decir, que si las observaciones tienen un sesgo, es factible que la aplicación *aprenda* ese sesgo. Por ejemplo, en la detección de núcleos: si las observaciones proporcionadas son solamente de núcleos pequeños, es muy probable que la IA tendrá problemas para detectar núcleos grandes. Por esta razón es muy importante proporcionar observaciones parecidas a la tarea que deba realizarse.

Referencias

- AHANGAR, M. N. *et al.* (2021). "A Survey of Autonomous Vehicles: Enabling Communication Technologies and Challenges", en *Sensors*, 21(3), 706.
- BARBIER DE REUILLE, P. *et al.* (2015). "MorphoGraphX: A Platform for Quantifying Morphogenesis in 4d", en *eLife* 4:e05864.
- CAMPBELL, M. *et al.* (2002). "Deep Blue", en *Artificial Intelligence*, 134(1-2), 57-83.
- CHEN, R. *et al.* (2021). "Deep-Learning Super-Resolution Microscopy Reveals Nanometer-Scale Intracellular Dynamics at The Millisecond Temporal Resolution", en *bioRxiv*.
- DARDIKMAN-YOFFE, G. y Y. C. Eldar (2020). "Learned Sparcom: Unfolded Deep Super-Resolution Microscopy", en *Optics Express*, 28(19), 27736.
- GÓMEZ-DE-MARISCAL, E. *et al.* (2021). "DeeplmageJ: A User-Friendly Environment to Run Deep Learning Models in ImageJ", en *J. Nat Methods* 18, 1192-1195. Disponible en <http://bit.ly/3AmYnEG> (Consultado el 3 de noviembre de 2022).
- KÖRBER, N. (2022). "MIA: An Open-Source Standalone Deep Learning Application for Microscopic Image Analysis", en *bioRxiv*, 2022.01.14.476308.
- KRIZHEVSKY B.A *et al.* (2012). "Imagenet Classification with Deep Convolutional Neural Networks", en *Adv. Neural Inf. Process. Syst.* 25.
- LEÓN-RODRÍGUEZ, S.G. *et al.* (2022). "A Machine Learning Workflow of Multiplexed Immunofluorescence Images to Interrogate Activator and Tolerogenic Profiles of Conventional Type 1 Dendritic Cells Infiltrating Melanomas of Disease-Free and Metastatic Patients", en *Journal of Oncology*, vol. 2022.
- LIU, Z. *et al.* (2021). "A Survey on Applications of Deep Learning in Microscopy Image Analysis", en *Computers in Biology and Medicine*, 134.
- LÓPEZ-MACAY, A. *et al.* (2016). "Principios y aplicaciones de la microscopía láser confocal en la investigación biomédica", en *Investigación en Discapacidad*, 5(3), 156-164.
- MARINÉ, M. H. *et al.* (2004). "Microscopy Methods Applied to Research on Cyanobacteria", en *Limnetica*, 23(1-2), 179-186.
- MCKINNEY, S. M. *et al.* (2020). "International Evaluation of an AI System for Breast Cancer Screening", en *Nature*, 577(7788), 89-94.
- NEU, T. R. *et al.* (2004). "Three-Dimensional of Photo-Autotrophic Biofilm Constituents by Multi-Channel Laser Scanning Microscopy (Single-Photon and Two-Photon Excitation)", en *J Microbiol Methods*, 56:161-172.
- QUERCIOLO F. (2011). "Fundamentals of Optical Microscopy", en A. Diaspro, ed., *Optical Fluorescence Microscopy*. Disponible en <https://bit.ly/3T4sBTo> (Consultado el 3 de noviembre de 2022).
- RAMÍREZ, M. *et al.* (2010). "Cyanobacteria-Containing Biofilms from a Mayan Monument in Palenque, Mexico", en *Biofouling*, 26:399-409.
- RAMÍREZ, M. *et al.* (2011). "Polyphasic Approach and Adaptive Strategies of *Nostoc cf. commune* (*Nostocales*, *Nostocaceae*) Growing on Mayan monuments". *Fottea*, 11(1), 73-86.
- RIBATTI, DOMENICO (2018). "An Historical Note on The Cell Theory", en *Experimental Cell Research*. 364(1):1-4. Disponible en <https://bit.ly/3sYo4Hx> (Consultado el 3 de noviembre de 2022).
- SHANER, N. C. *et al.* (2007). "Advances in Fluorescent Protein Technology", en *Journal of Cell Science*, 120(24), 4247-4260.
- TORRES-GARCÍA E. *et al.* (2021). "Nanoscope Resolution within a Single Imaging Frame", en *bioRxiv*. Disponible en <https://bit.ly/3zHDPpS> (Consultado el 3 de noviembre de 2022).
- VASIL, I.K. (2008). "A History of Plant Biotechnology: From the Cell Theory of Schleiden and Schwann to Biotech Crops", en *Plant Cell Rep* 27, 1423-1440. Disponible en <https://bit.ly/3sYAU8Q> (Consultado el 3 de noviembre de 2022).
- VON CHAMIER, *et al.* (2021). "Democratising Deep Learning for Microscopy with ZeroCostDL4Mic", en *Nature communications*, 12(1), pp. 1-18.
- VON CHAMIER, L. *et al.* (2019). "Artificial Intelligence for Microscopy: What you Should Know", en *Biochemical Society Transactions*, 47(4), 1029-1040.
- WEBB, S. (2018). "Deep Learning for Biology", en *Nature*, 554(7690), 555-558.

Laura Trujillo*

Desafíos tecnológicos y fragilidad humana



El desarrollo positivo o negativo de la IA dependerá de las intenciones que le impriman nuestras sociedades; y no sólo los científicos y desarrolladores de nuevas tecnologías sino las industrias, los gobiernos —como garantes del interés colectivo— y sectores de la ciudadanía preocupados por el presente y el porvenir.

* Universidad Panamericana

La evolución de la especie humana corre en paralelo con el despliegue de un conjunto de medios y herramientas indispensables para enfrentar los desafíos del entorno y mejorar la convivencia en sociedad. En este desarrollo, el ser humano se ha percatado de su poder de dominio frente a la naturaleza, pues, a diferencia de otros seres vivos, posee inteligencia y, con ella, es capaz de someter y manipular lo que le rodea para adaptarlo a sus necesidades.

Por medio de la razón (inteligencia) el hombre ha podido extender sus sentidos para asir el mundo de una manera nueva y mejor, tal como lo afirma el teórico de la comunicación Marshall McLuhan. Por ejemplo, el lenguaje constituiría una ex-

tensión del pensamiento, pues hace posible expresar aquello que se piensa; la rueda sería una extensión del pie, en tanto que agiliza el movimiento de un lugar a otro; el telescopio, una extensión del ojo al permitir la observación de lugares remotos. Mediante el desarrollo de muy diversos instrumentos la humanidad va construyendo su sociedad y, de alguna manera, se va haciendo a sí misma: “Modelamos nuestras herramientas y, luego, éstas nos modelan a nosotros” (McLuhan, 2009).

Cada uno de los medios que desarrollamos nos ayuda a mejorar nuestra relación con el mundo, pero, también, condiciona nuestra relación con él y se lleva algo de nosotros. La luz eléctrica, por ejemplo, constituye uno de los grandes avances de

la civilización: transformó la vida cotidiana, la convivencia en pueblos y ciudades, las formas de producción y organización del trabajo. A cambio de ello, del bienestar y el confort que genera, perdemos un vínculo esencial con la naturaleza: altera nuestro reloj biológico, la percepción del día y la noche, los ritmos de la energía y el esfuerzo humanos.

Nos hemos hecho dependientes de la electricidad, pues muchas de nuestras actividades dependen de ésta: el trabajo en casa o en la oficina, la televisión, la computadora, los celulares, el internet, etcétera. Podríamos, sin duda, vivir sin ella, pero ha condicionado nuestra existencia de maneras diversas. Y esto ocurre con muchos de los avances materiales, técnicos y culturales

logrados por la humanidad a lo largo de milenios. Por ello es importante darnos cuenta de que la tecnología puede ser una gran herramienta si se utiliza adecuadamente, pero también puede limitar nuestra acción si nos excedemos en su uso.

Si el hombre ha creado instrumentos para entender y dominar mejor al mundo, y estos han tenido como base sus sentidos, sus facultades, no es una sorpresa que también haya querido extender su inteligencia, la facultad más importante que posee.

La IA y las inteligencias humanas

El nacimiento de la Inteligencia Artificial (IA) suele situarse en la Conferencia de Dartmouth (New Hampshire, Estados Unidos) realizada en 1956; específicamente, en la propuesta de investigación que presentan los científicos John McCarthy, Marvin Minsky, Nathaniel Rochester y Claude Shannon en el Dartmouth College, donde se mencionan algunos conceptos que entonces sonaban utópicos como ordenadores automáticos, síntesis lingüística, redes neurona-

les y *machine learning*. John McCarthy, uno de los responsables principales, es quien acuña el término de *artificial intelligence* para englobar estos conceptos.

En las siguientes décadas, gracias al desarrollo teórico y a la concreción tecnológica, se llegará a definiciones aproximadas de la disciplina. Una de ellas la ofrece *Quartz*: "La Inteligencia Artificial es un *software* o programa de computadora dotado de un mecanismo para el aprendizaje. Ese conocimiento es utilizado para tomar una

Tabla 1. "Inteligencias múltiples", de Howard Gardner (2016)

TIPO DE INTELIGENCIA	POTENCIAL DE SIMULACIÓN (IA)	HERRAMIENTAS HUMANAS	DESCRIPCIÓN
Espacial-visual	Moderado	Modelos, gráficas, fotografías, modelado en 3D, video, televisión y multimedia.	Tiene que ver con la captación de dimensiones espaciales. Por ejemplo, los marineros o los arquitectos. Los vehículos autónomos (<i>self-driving cars</i>) la simulan.
Kinésica	Moderado a alto	Equipo especializado y objetos reales.	Movimientos del cuerpo como los que usa un cirujano o un bailarín requieren precisión y consciencia. Los robots usan este tipo de inteligencia para realizar movimientos repetitivos, a veces más precisos que los del ser humano.
Creativa	Ninguno	Arte, nuevos patrones de pensamiento, invenciones, nuevas maneras de composición musical.	Creatividad es el acto de desarrollar nuevos patrones de pensamiento que da como resultado nuevas formas de arte, música y literatura. La IA puede simular patrones existentes y combinarlos para crear lo que parecería una presentación única, pero es sólo una versión matemática del patrón existente.
Interpersonal	Bajo a moderado	Teléfono, audioconferencias, videoconferencias, correo electrónico.	Interactuar con otros se da en diferentes niveles. La finalidad de esta inteligencia es obtener, intercambiar y manipular información con base en la experiencia de los demás. Las computadoras pueden responder preguntas básicas por la información que tienen, no porque la entiendan.
Intrapersonal	Ninguno		Tiene que ver con entender los intereses propios y proyectar fines basados en esos intereses. Esto es único del ser humano. Como máquinas, las computadoras no tienen deseos, intereses o habilidades creativas.
Lógica/matemática	Alto	Juegos de lógica, investigaciones, misterios, rompecabezas.	Calcular un resultado, realizar comparaciones, explorar patrones y relacionar diferentes áreas es un tipo de acción en el que las computadoras superan al ser humano.

decisión en una nueva situación, como lo hacen los humanos. Los investigadores que construyen este *software* intentan escribir un código que pueda leer imágenes, texto, video o audio, y aprender algo de él. Una vez que una máquina ha aprendido, ese conocimiento puede utilizarse en otros lugares” (Gershgorn, 2017).

La complejidad de la IA y de lo que se pretende hacer con ella radica en que, hasta el momento, no comprendemos exactamente qué es y cómo funciona la inteligencia humana; de manera que difícilmente podremos recrearla en cualquier *software* o dispositivo, pues nos falta mucho por entender. En esa perspectiva, luego de muchos años de análisis y avances prácticos, resulta ilusorio afirmar que la IA llegará a “sustituir al hombre”.

Bastaría registrar la extraordinaria sofisticación de los mecanismos que hacen funcionar el cerebro humano. Se dice que el hombre no utiliza una sola inteligencia, pues para realizar diversas actividades (simples o complejas) requiere poner en marcha

múltiples inteligencias; algunas de éstas ya pueden ser sustituidas por la IA, pero otras aún no y es casi imposible que se logre algún día. La tabla de “inteligencias múltiples” de Howard Gardner (2016), que incluye un comparativo con la IA, puede darnos una idea al respecto (véase Tabla1).

Mediante esta comparación podemos ver que la IA dista mucho de ser una verdadera inteligencia; las actividades que realizamos a través de ella no pueden ser emuladas aún por creaciones artificiales. Esto demuestra que la capacidad humana, si bien es cierto, es potencialmente infinita, estamos limitados por nuestra propia finitud. Esto podría llevarnos a pensar que la IA tiene límites que no podrá superar y que puede ser inocua para la actividad en el mundo; sin embargo, no es del todo verdadero.

Mitos y realidades

Mucho se ha discutido en torno al impacto de la IA en nuestras sociedades. Para algunos, el hecho de que ésta pueda dañar al hombre no está a discusión; para otros,

sólo es un mito. Personalidades de la ciencia y las nuevas industrias tecnológicas, como Stephen Hawking, Elon Musk, Steve Wozniak y Bill Gates, han expresado su preocupación sobre los riesgos que pueden surgir de un desarrollo incorrecto de la IA (Mack, 2015). Afirman, por ejemplo, que debido a su potencial para superar la inteligencia humana, no se tiene una forma segura de predecir su comportamiento.

Esta incertidumbre es el reflejo de un fenómeno inédito: no es posible utilizar la experiencia de desarrollos tecnológicos anteriores porque nunca se ha creado nada que tenga la capacidad de ser más astuto que el ser humano. Para imaginar el curso de la IA, el mejor ejemplo de lo que enfrentamos es la propia evolución de la especie: hoy “controlamos” el planeta no porque seamos los más fuertes, los más rápidos o los más grandes, sino porque somos los más inteligentes. De ahí se desprende la gran interrogante: si ya no somos los más inteligentes ¿estamos seguros de mantener el control?

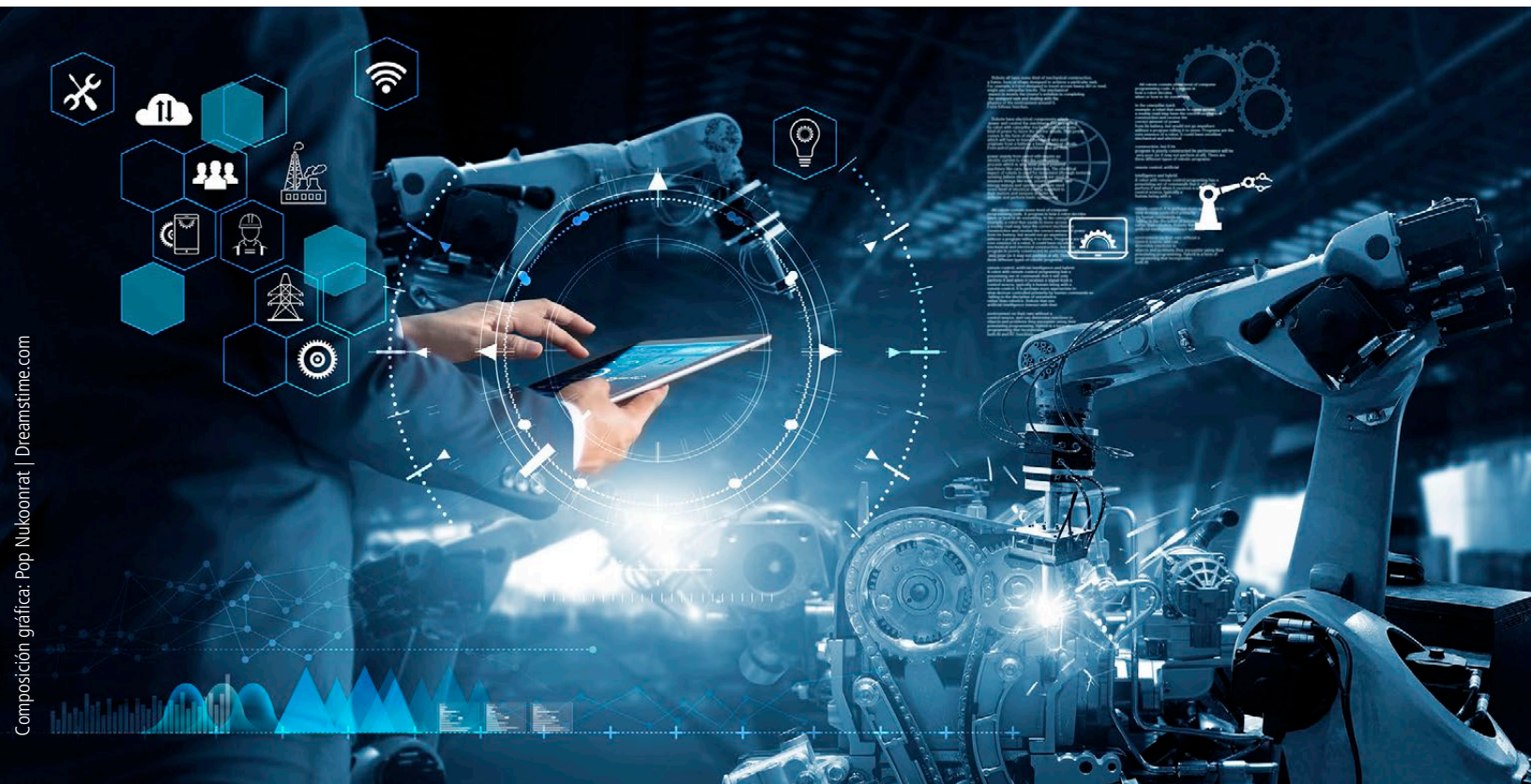


Tabla 2. Mitos y realidades de la IA

MITO	REALIDAD
Hacia el año 2100 una “superinteligencia” (artificial) será “inevitable”... o “imposible”.	Puede suceder en décadas, siglos o nunca. Los expertos aún no tienen una respuesta (o no lo saben).
La IA puede “volverse mala”.	La IA tiene que ver con nuestros propósitos; si son erróneos, puede ir en contra del ser humano.
La IA no puede controlar a los seres humanos.	La inteligencia puede controlar; el ser humano es capaz de controlar a los animales.
Las máquinas no pueden tener objetivos.	Un misil puede tener un objetivo.

El contraste entre mitos y realidades en torno a la IA puede ofrecernos un atisbo de los grandes retos que enfrentamos (véase Tabla 2).

Si bien esta lista puede ser interminable, también es claro que el desarrollo positivo o negativo de la IA dependerá de las intenciones que le impriman nuestras sociedades, y no sólo los científicos y desarrolladores de nuevas tecnologías, sino las industrias, los gobiernos —en tanto que reguladores y garantes del interés colectivo— y sectores de la ciudadanía preocupados por el presente y el porvenir.

Para encarar la incertidumbre y encontrar respuestas a la altura del desafío,

en años recientes han surgido iniciativas que combinan conocimiento especializado, sensibilidad global y despliegue de recursos técnicos e intelectuales. En 2014, por ejemplo, un grupo de científicos, investigadores y filántropos creó el Instituto para el Futuro de la Vida, cuyo objetivo es impulsar la IA *para beneficio de la comunidad internacional*, además de explorar formas de reducir los riesgos de las armas nucleares y de la biotecnología (Rohde, 2021).

Sólo de esta manera nuestra civilización prosperará: mientras ganemos la carrera entre el poder creciente de la tecnología y la sabiduría con la que se gestione. En

este sentido, el papel de la filosofía y otras disciplinas del pensamiento, la reflexión analítica, la información crítica, resultan de la mayor importancia para entender los alcances y límites de las creaciones humanas. No podemos olvidar que en la naturaleza de la especie está inscrita la necesidad de alcanzar el mayor grado de satisfacción o felicidad posible; pero esto sólo se concretará si buscamos el bien objetivo para cada persona y, por tanto, para la humanidad. El ir en contra de otros, el engaño, la mentira, la búsqueda de fines que nos alejan de la felicidad común, puede llevarnos a la destrucción del mundo como lo conocemos.

Referencias

CONN, ARIEL (2015). "Benefits & Risks of Artificial Intelligence", en *Future of Life Institute*. Disponible en <https://bit.ly/3DcX380> (Consultado el 26 de octubre de 2022).

GERSHGORN, D. (2017). "The Quartz Guide to Artificial Intelligence: What is it, Why is it Important, and Should we be Afraid?", en *Quartz*. Disponible en <https://bit.ly/3SBTw8M> (Consultado el 25 de octubre de 2022).

IONOS DIGITALGUIDE (29 de octubre de 2019). *RankBrain: La evolución del algoritmo de Google*. Disponible en <https://bit.ly/3zerYiY> (Consultado el 26 de octubre de 2022).

MACK, E. (2015). "Hawking, Musk, Wozniak warn about Artificial Intelligence's trigger finger", en *Forbes*. Disponible en <http://bit.ly/3XDWr4z> (Consultado el 25 de octubre de 2022).

MCLUHAN, M., & DUCHER, P. (2009). *Comprender los medios de comunicación: las extensiones del ser humano*, Barcelona, Paidós.

MUELLER, J. P. (2018). *Artificial Intelligence for dummies*. For Dummies.

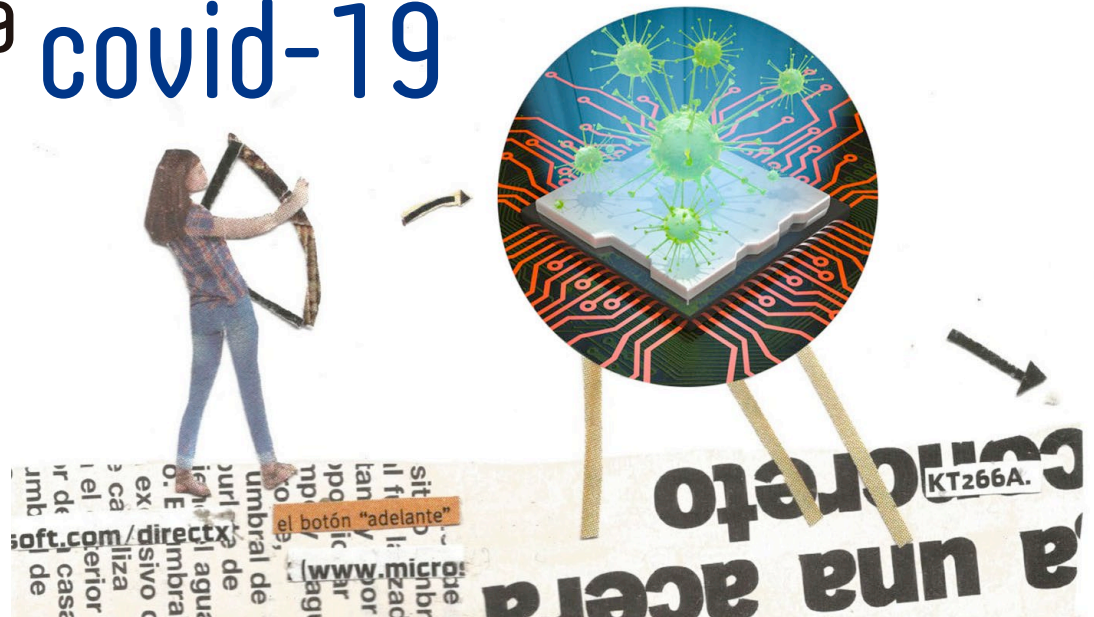
PROJECT ZERO (s. f.). "Multiple intelligences. Challenging the Standard View of Intelligence", en *Projects*. Universidad de Harvard. Disponible en <https://bit.ly/3FhOACU> (Consultado el 25 de octubre de 2022).

ROUHIAINEN, L. (2018). *Artificial Intelligence: 101 things you must know today about our future*, Lasse Rouhiainen.

Edna Márquez* / Jesús Savage** / Marco Negrete***

En la batalla contra covid-19

Diversas aplicaciones de IA permitieron acelerar los trabajos de investigación, desarrollo de vacunas y procesamiento de una gran cantidad de información relevante para encarar la pandemia.



* Hospital General de México, Servicio de Medicina Genómica

** Laboratorio de Bio-Robótica, Facultad de Ingeniería, UNAM

*** Laboratorio de Bio-Robótica, Facultad de Ingeniería, UNAM

En febrero de 2020 fue declarada oficialmente la pandemia de covid-19, enfermedad que apareció un par de meses antes en China y, rápidamente, se propagó por el mundo.¹

La situación fue agravándose cada vez más y lo que pensamos que sólo duraría unas semanas o meses se prolongó por más de dos años; ahora sabemos que llegó para quedarse. Sin embargo, gracias al esfuerzo colectivo en todos los rincones del planeta, se ha podido controlar; de tal suerte que, a pesar de seguir apareciendo casos en todo el mundo, lo que costó tantas vidas ya no tiene el grado de mortalidad ni de gravedad como en el primer año, principalmente.

El control que ha podido hacerse de la enfermedad y su propagación —a diferencia de otras grandes pandemias, como la de la “gripe española” a principios del siglo xx—² se debe, en gran medida, a los avances tecno-

¹ Al respecto, pueden consultar el documento *Archived: WHO Timeline - COVID-19*, editado por la ONU. Disponible <https://bit.ly/3TTgUQI> (Consultado el 30 de octubre de 2022).

² Cf. TAUBENBERGER, J.K. y David M. Morens (2006). *1918 Influenza: the mother of all pandemics*. Disponible en <https://bit.ly/3zvl-DzR> (Consultado el 30 de octubre de 2022).

³ Cf. JOSHI, A.V. (2020). “Introduction to AI and ML”, en *Machine Learning and Artificial Intelligence*, Springer, Cham. Disponible en <https://bit.ly/3TUjuWG> (Consultado el 30 de octubre de 2022).

⁴ Cf. HAO LV *et al.* (2021), “Application of Artificial Intelligence and Machine Learning for COVID-19 Drug Discovery and Vaccine Design”, en *Briefings in Bioinformatics*, vol. 22, Issue 6, noviembre. Disponible en <https://bit.ly/3Uub-2QS9y> (Consultado el 30 de octubre de 2022), así como Sali Abubaker Bagabir *et al.* (2022). “Covid-19 and Artificial Intelligence: Genome sequencing, drug development and vaccine

lógicos registrados en las últimas décadas, como la Inteligencia Artificial.

La IA es un área de las ciencias de la computación que se encarga de reproducir, a través de máquinas computadoras, el razonamiento y el comportamiento inteligente humano para resolver tareas difíciles. Dentro de los desarrollos de IA están los robots, los sistemas de lenguaje natural (traducción y reconocimiento de voz), los sistemas de visión artificial (identificación de rostros y objetos) y los sistemas para la toma de decisiones (diagnóstico automatizado), entre otros.³

Sistemas Inteligentes contra la covid-19

Todas las áreas que conforman la IA contribuyeron a la instrumentación de mecanismos que ayudaron a reducir los niveles de la pandemia.⁴

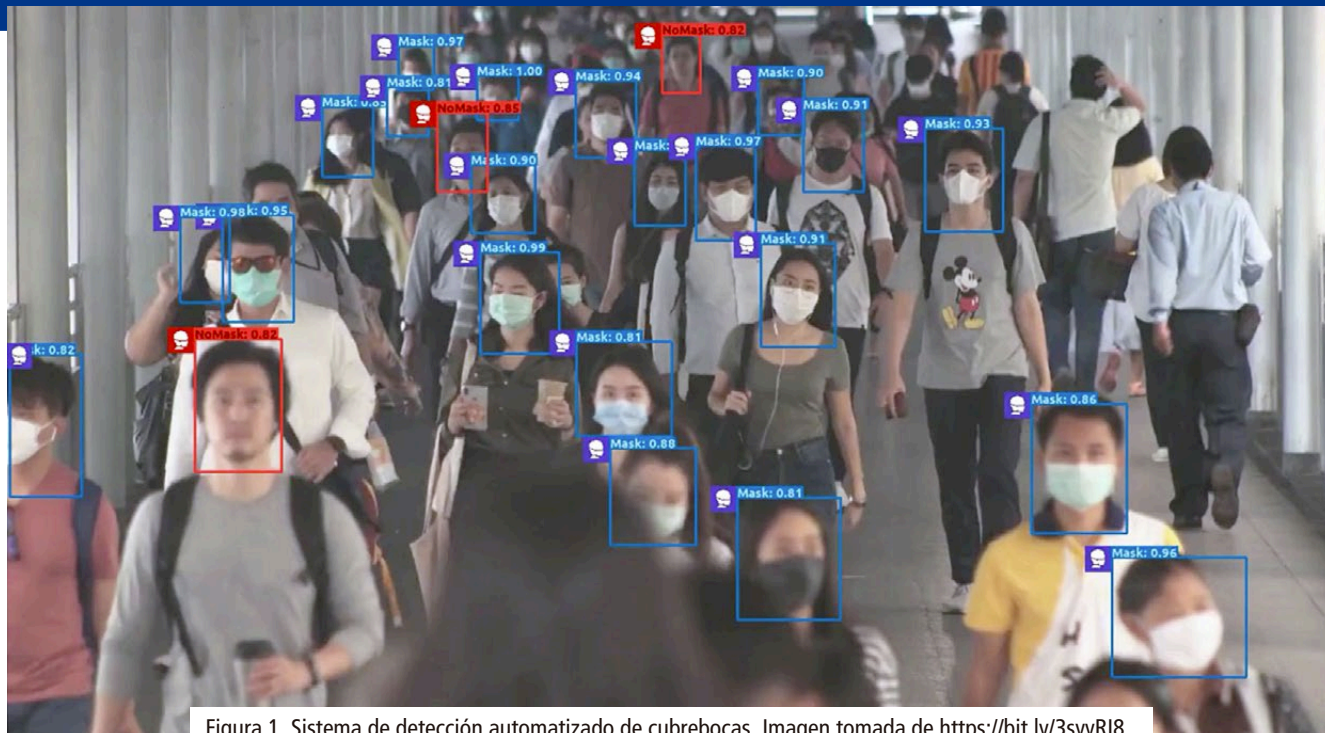


Figura 1. Sistema de detección automatizado de cubrebocas. Imagen tomada de <https://bit.ly/3syyR18>

El ejemplo más evidente es el de la mascarilla protectora. Es bien sabido que el uso correcto del cubrebocas ha sido importante para disminuir la propagación de la enfermedad, que resultó una de las más contagiosas de los últimos años.⁵ El cubrebocas disminuye el número de partículas que pueden contener el virus en el aire y reducir la cantidad de las que puedan ingresar a nuestro cuerpo. Para ello, en algunos países se desarrollaron sistemas de visión artificial que, a través de cámaras, identifican a quienes no portan adecuadamente la mascarilla; es decir, automáticamente se detecta cuando no está cubriendo completamente la nariz y la boca de la persona;⁶ el propósito es advertir de forma inmediata y corregir la situación (Figura 1).

Otro caso, de relevancia mayor, es el desarrollo de antídotos contra el virus. La generación de vacunas contra covid-19 pudo lograrse en un tiempo mucho más corto de lo previsible para la creación de cualquier vacuna. La IA fue uno de los factores que aceleró este proceso.

Cuando se crea una vacuna es necesario

saber qué sucederá con las proteínas que el virus está atacando en el cuerpo humano o cómo se afectarán a partir de la aplicación de

“discovery”, en *Journal of Infection and Public Health*, vol. 15, Issue 2, pp. 289-296. Disponible en <https://bit.ly/3FwXaOp> (Consultado el 30 de octubre de 2022).

⁵ Cf. AMBIKA LAKHERA *et al.* (2021). “Face Mask Detection for Preventing the Spread of Covid-19 using Knowledge Distillation”, en *Computational Performance Evaluation*.

⁶ Oumina, N. *et al.* (2020). “Control The COVID-19 Pandemic: Face Mask Detection Using Transfer Learning”, en *IEEE Xplore*. Disponible en <https://bit.ly/3WnbPSu> (Consultado el 30 de octubre de 2022).

⁷ Taubenberger y Morens, *op. cit.*

⁸ S. KHARE *et al.* (2021). “GISAI’s Role in Pandemic Response”, en *China CDC Weekly*, 3(49), pp. 1049-1051. Disponible en <https://bit.ly/3zUKNwX> (Consultado el 31 de octubre de 2022).

⁹ Cf. The Johns Hopkins Coronavirus Resource Center. Disponible en <https://bit.ly/3DXGFtL>.

¹⁰ Alanzi T. (2021). “A Review of Mobile Applications Available in the App and Google Play Stores Used During the COVID-19 Outbreak”,

la vacuna. Todo esto tomaba meses o años. Sin embargo, gracias al llamado “aprendizaje profundo” (*deep learning*) pudo hacerse en tiempo récord y con alta precisión.⁷

Otra área de aplicación de la IA en la lucha contra covid-19 se da en la capacidad de tomar decisiones. A partir de diciembre de 2019 se generaron grandes bancos de bases de datos en el mundo con información proveniente tanto del virus Sars-Cov2 —el cual provoca la enfermedad— como de la población diagnosticada.⁸ El denominado *Machine Learning* ha permitido el análisis de datos en grandes cantidades (Figura 2).⁹

El análisis de estos volúmenes de datos permite, a partir de datos históricos y actuales, anticipar el comportamiento de la enfermedad en un país o en cualquier orden geográfico. Para los mismos enfermos se ha podido predecir el comportamiento de la enfermedad, según los síntomas y comorbilidades que padecen. Se han creado, asimismo, aplicaciones que apoyan en el diagnóstico médico, algunas de las cuales puede utilizarlas el propio paciente con su teléfono celular.¹⁰ El propósito de estas

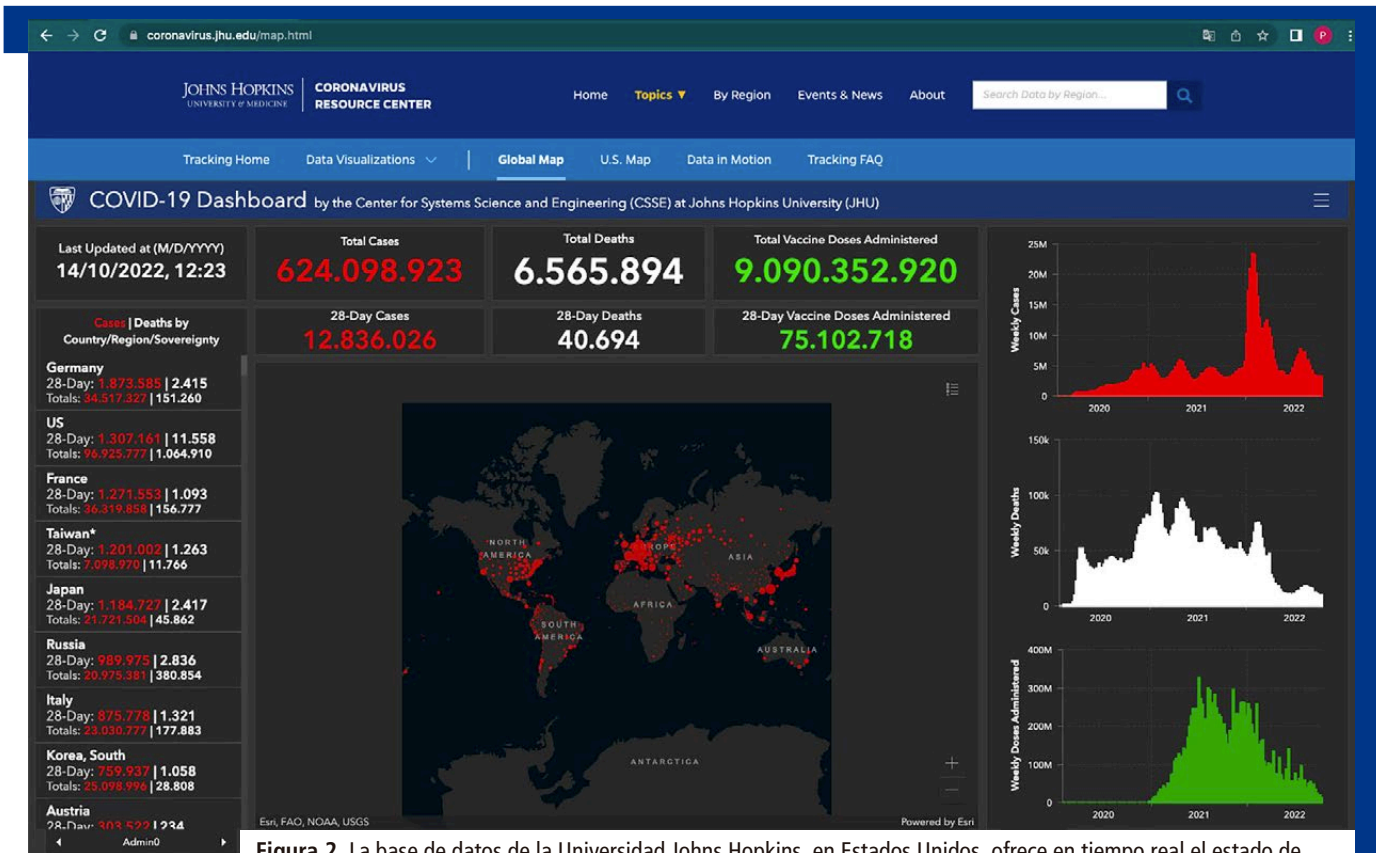


Figura 2. La base de datos de la Universidad Johns Hopkins, en Estados Unidos, ofrece en tiempo real el estado de la pandemia en el planeta. Imagen tomada de COVID-19 Dashboard by the Center for Systems Science and Engineering (CSSE) at Johns Hopkins University (JHU). Disponible en <https://bit.ly/3FOZpwI>. Consultado el 30 de octubre de 2022).

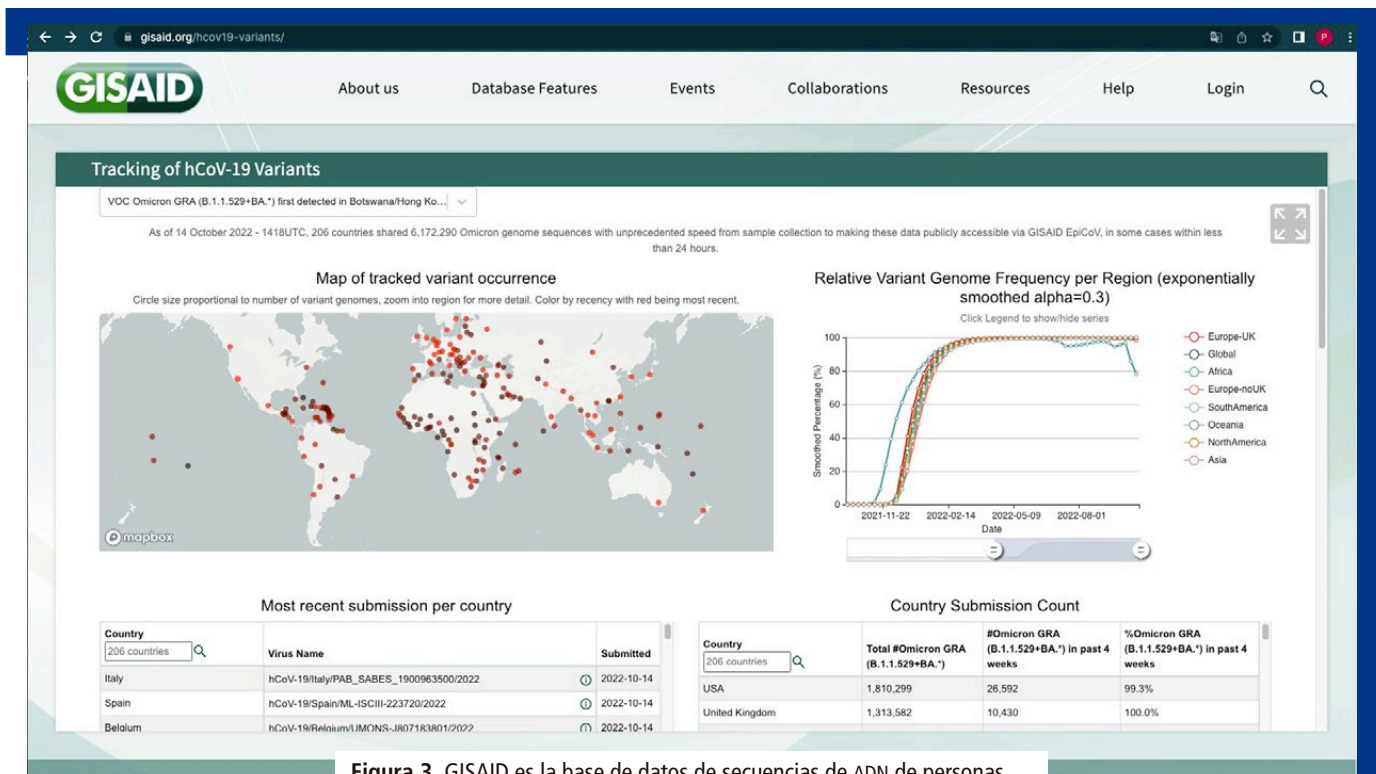


Figura 3. GISAID es la base de datos de secuencias de ADN de personas que han sido infectadas. Los datos están disponibles para todo el mundo.

aplicaciones es prevenir más contagios y recomendar al usuario la atención médica inmediata por un especialista.

Otra aplicación permite identificar personas que pudieran haberse contagiado de covid-19 de acuerdo con las zonas geográficas o la detección de casos de contagio ya reconocidos, y prevenirlos para su atención oportuna.¹¹

Como se sabe, el virus ha sufrido mutaciones a lo largo de los más de dos años de pandemia. Estos cambios se han conocido oportunamente gracias a que existe una gran base de datos de las secuencias del virus Sars-Cov2, denominada GISAID, en la que todos los países comparten secuencias obtenidas de personas enfermas (Figura 3), además de programas que permiten el análisis de la secuencia genética en muy corto tiempo y con gran exactitud haciendo la comparación de múltiples muestras tomadas a los pacientes de covid-19.

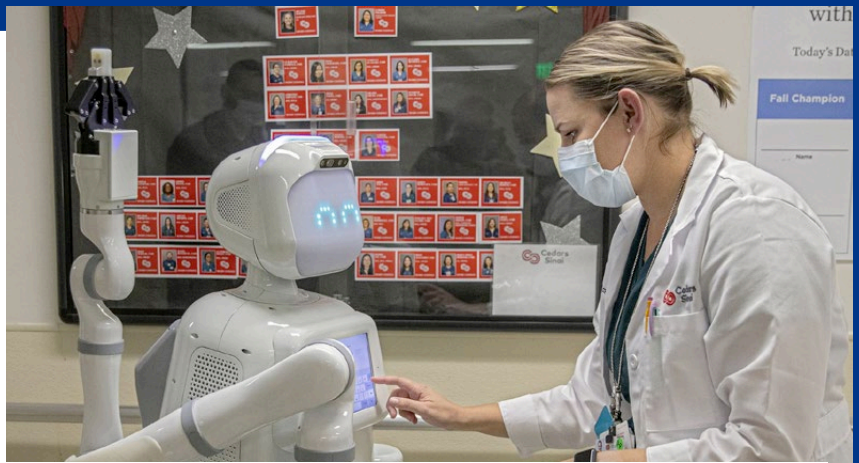
Un “robot de servicio” para México

Durante los primeros dos años de la pandemia los hospitales mexicanos fueron sobrepasados por la cantidad y complejidad para atender la gran cantidad de pacientes afectados por esta enfermedad. Esto provocó que se deba reconsiderar y reconfigurar todo el proceso de atención y seguimiento de pacientes sin poner en peligro al propio personal médico.

De todos los procesos que se han reconfigurado destacamos dos de ellos:

1. Desinfección periódica de áreas en clínicas y hospitales usando luz ultravioleta (UV) o mediante la dispersión de sustancias para eliminar la presencia del virus.
2. La atención a distancia y el teleseguimiento de pacientes delicados o portadores del virus, buscando su recuperación sin arriesgar la salud del personal sanitario.

Estos dos procesos pueden llevarse a cabo utilizando los llamados “robots de servicio”. El problema es que, en su gran mayoría, son construidos en el extranjero, lo que señala la necesidad de desarrollar capacidades pro-



Los Nuevos Robots Moxi ayudan a las enfermeras de Cedars-Sinai realizando tareas que consumen mucho tiempo y mejoran la eficiencia. Fotografía: Cedars-Sinai

pias y reducir sustancialmente la dependencia tecnológica del exterior.

No es lo mismo crear un robot de servicio diseñado específicamente para responder a los requerimientos de países como Estados Unidos, Japón o Alemania, que hacerlo a partir de la infraestructura disponible en México. Por otro lado, la interacción humano-robot impone, necesariamente, ciertas restricciones tanto de lenguaje como culturales. Además de esto, resulta indispensable el desarrollo nacional de algoritmos de control para desplazamiento, manipulación y postura, así como para la percepción y fusión de información de los robots de servicio; lo mismo que los mecanismos para la integración de la definición de tareas, la planificación de acciones, movimientos y trayectorias, y la ejecución mediante controladores.

En el laboratorio de Bio-Robótica, de la Facultad de Ingeniería de la UNAM se ha desarrollado un robot de servicio que pue-

da ser utilizado en hospitales. Para lograrlo se han establecido los siguientes objetivos:

Objetivos tecnológicos

Implementar módulos de *hardware* y *software* desarrollando los prototipos de “robots humanoides” con ruedas, construidos en el Laboratorio de Bio-Robótica; específicamente, las partes principales del robot: base móvil, manipuladores, sistema de visión, etcétera.

Objetivos sociales

Uso en clínicas y hospitales: desinfección periódica de áreas utilizando luz ultravioleta (UV) o dispersión de sustancias desinfectantes para eliminar la presencia del virus Sars-Cov2.

Comunicación

Ayuda a la interlocución entre pacientes, familiares y personal médico mediante mensajes de voz e imágenes.

Además de reducir el costo asociado a la importación de tecnología extranjera, un robot de servicio diseñado en el país contribuiría a generar plazas para ingenieros formados en nuestro sistema educativo. Por lo general, estos empleos calificados son escasos, por lo que un proyecto de estas características cumpliría con un propósito adicional: abrir oportunidades para nuevos talentos mexicanos en la ciencia y la tecnología de vanguardia.

en *J Multidisp Health* 14, pp. 5-57. Disponible en <https://bit.ly/3fkvKRh> (Consultado el 31 de octubre de 2022).

¹¹ Al respecto, consulte el sitio *Términos y condiciones de uso de la “APP Covid-19 CDMX” del gobierno de la Ciudad de México*, disponible en <https://bit.ly/3fiFv2p>



UAB

Universitat Autònoma
de Barcelona

<https://portalrecerca.uab.cat/en/organisations/grup-de-recerca-institut-de-dret-i-tecnologia-idt>

**INSTITUTO DE DERECHO Y TECNOLOGÍA
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BARCELONA**

REDES

Red de Investigación Feminista en Inteligencia Artificial, f<a+i>r

El enfoque feminista en todos los ámbitos de las ciencias, así como en la vida social, debe ser necesario, pues el mundo se encuentra en un momento en el cual las realidades que se conocían están cambiando y le han dado mayor apertura a la participación de las mujeres, así como a las problemáticas que las afectan de forma directa.

En la búsqueda de nuevos espacios para el feminismo en el espectro de la Inteligencia Artificial (IA), <A+> Alliance, con apoyo del Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (IDRC) en Canadá, creó en marzo de 2020 la Red de Investigación Feminista en Inteligencia Artificial f<a+i>r.

El propósito principal de esta red es construir y mejorar una red a nivel global de investigadoras de IA en la que colaboren académicas, activistas y profesoras con un objetivo afín: crear y mantener una agenda de investigación con acción feminista.

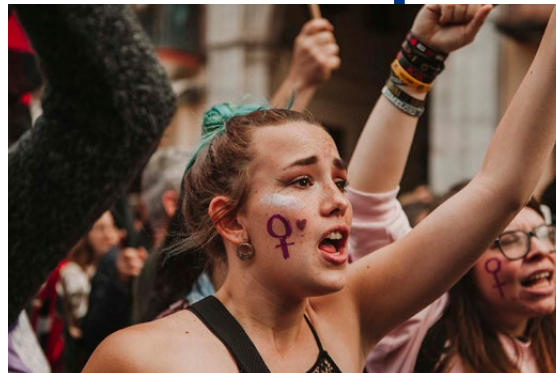
Alianza <A+>, creadora de la Red, ha buscado mejorar espacios dentro del campo de la IA, así como desarrollar e implementar una perspectiva feminista de alcance global y regional. Dicho objetivo lo ha logrado gracias a su repositorio de recursos, espacios de debate, formación y colaboración que ayudan en una constante actualización respecto a las políticas locales y globales cambiantes.

La visibilización del feminismo dentro de la IA, así como el mantenerse siempre a la vanguardia y buscar espacios para lograr socializar el conocimiento, financiar proyectos y buscar la creación de campañas o planes compartidos, ha sido uno de los trabajos más importantes para Alianza <A+>, por lo cual se ha hecho valer de tres socios.

Latinoamérica y el Caribe, Medio Oriente y Norte de África y Sudeste de Asia con redes hermanas en África Subsahariana, son los tres socios que se reúnen de forma recurrente para revisar la agenda feminista y su relevancia de acuerdo con la región, idiomas y

horarios. Incluso, en marzo de 2022 se realizó el Primer Encuentro Regional de la Red Feminista de Investigación en Inteligencia Artificial (f<a+i>r) en el hub de América Latina y el Caribe.

El objetivo de este primer encuentro consistió en la reflexión e intercambio entre activistas, desarrolladoras y estudiantes sobre temas referentes a tecnologías inteligentes donde abordaron experiencias y abrieron diálogos sobre alternativas que ayuden a avanzar en la equidad de género, derechos culturales, autonomía y soberanía tecnológica, así como la justicia social y ambiental.



Alianza <A+>, así como la misma Red de Investigación Feminista en Inteligencia Artificial, f<a+i>r, son reiterativas en la importancia de la IA y la perspectiva feminista dentro de los espacios destinados a la ciencia, por lo cual continúan desarrollando espacios seguros y completos para conseguir dicha meta.

Las tecnologías inteligentes son cada vez más indisolubles de la vida cotidiana y traen profundas implicaciones éticas y políticas. Por ello, se buscan alternativas sociales y comunitarias que promuevan principios feministas en todo el ciclo de vida de la IA en las bases de datos, herramientas de procesamiento de lenguaje natural, algoritmos inclusivos y toma de decisiones que no revictimicen a las poblaciones.

Contexto:
<https://bit.ly/3MeSxKi>

REDES

Inteligencia Artificial y ciencia de datos en Ciudad de México

El Laboratorio Nacional de Políticas Públicas, del Centro de Investigación y Docencia Económicas, tiene como objetivo diseñar y establecer una red especializada en Inteligencia Artificial (IA) y ciencia de datos (CD) en la Ciudad de México, con el fin de generar desarrollos tecnológicos que atiendan problemáticas urbanas en esta tecnología para esta metrópoli.

En una investigación del Laboratorio Nacional de Políticas Públicas se identificaron las principales aplicaciones científico-tecnológicas y de innovación en materia de IA y CD para la capital mexicana. Si bien ambos campos tienen ámbitos propios, la vinculación es fundamental para el desarrollo de la primera.

Entre las principales aplicaciones están las necesidades de formación de recursos humanos en educación superior. En este rubro, se encontraron tres retos importantes: ampliar la oferta de programas en IA y cd, o de campos del conocimiento cercanos; alcanzar mayor calidad gracias al desarrollo de habilidades cognitivas, y reducir las desigualdades en el acceso a los programas.

Las capacidades de innovación y las científico-tecnológicas tienen como principales desafíos la gestión del talento, el acceso y almacenamiento de datos, la subutilización de métodos y técnicas, la actualización de las regulaciones y el mayor impulso a la investigación. También cabe señalarse como una limitante, la necesidad de políticas enfocadas al desarrollo de innovaciones o investigación científica en IA y CD.

Entre los campos de productividad en la Ciudad de México que es posible potenciar mediante la aplicación de CD, se identificaron usos en la banca y bolsa de valores, comercio, publicidad y servicios de telecomunicaciones y farmacéutica. Para la IA se aprovecharía en la industria filmica y del video, algunas industrias manufactureras, la fabricación de maquinaria y equipo e industrias alimentarias.

Se tiene la propuesta de una agenda prioritaria que no pretende ser exhaustiva, sólo ilustrar las potencialidades de la aplicación de IA y CD en la atención de diversas problemáticas en la Ciudad de México. Se trata de poner estas herramientas al servicio de la ciudadanía, enriqueciendo los instrumentos e intervenciones diseñados para afrontar los problemas públicos.

Contexto:
<https://bit.ly/3yslAnN>

INSTITUCIONES

**Grupo de Investigación Bisite.
Universidad de Salamanca**

Bisite es el Grupo de Investigación en Bioinformática, Sistemas Informáticos Inteligentes y Tecnología Educativa en la Universidad de Salamanca, España. Dicho organismo agrupa a investigadores interesados en el desarrollo y la aplicación de sistemas informáticos inteligentes sobre distintos tipos de problemas referentes a la tecnología, entre ellos la Inteligencia Artificial (IA) y la ciberseguridad.

Cuenta con un centenar de integrantes multidisciplinares: informáticos, biólogos, farmacéuticos, físicos y economistas, mismos que participan activamente en más de 50 proyectos de investigación con empresas, universidades y centros de estudio.

Una de sus principales líneas de investigación es la IA, en la cual el grupo de Bisite tiene experiencia desarrollando sistemas aplicados en la gestión de conocimiento de diversas tecnologías, como los sistemas multiagentes, agentes inteligentes, sistemas de razonamiento referentes a casos en particular, así como en planes, sistemas para liberar, redes neuronales artificiales y algoritmos genéticos, entre otros.



La aplicación de todos los conocimientos implementados por Bisite, principalmente en la extracción de información de bases de datos heterogéneas y sistemas de recomendación, han sido positivos en entornos hospitalarios, en la monitorización y apoyo en la toma de decisiones dentro de residencias geriátricas, además de reconocer datos de enfermos de cáncer en bases de datos heterogéneas.

Lo cierto es que en el sector salud, las IA han sido de suma importancia, ya que al implementarlas, se ha facilitado el trabajo de las y los empleados de estas instituciones, y la velocidad en la que se realizan algunas actividades es cada vez mayor.

Acciones como la creación de este grupo de investigación multidisciplinario sólo refuerza lo que la mayor parte de los expertos en IA ha dicho durante los últimos años: las IA y las tecnologías en general, han estado tomando fuerza cada vez mayor dentro de la vida cotidiana. Por tal motivo, es menester lograr una convivencia armónica entre los individuos dentro de las sociedades y las IA, así como nuevas tecnologías de todas las índoles para lograr un desarrollo potencializado.

Contexto:

<https://bit.ly/3Vbb2mN>

Michiu Kaku



“

El siglo XX fue el siglo de la física, con los ordenadores, los láseres, la televisión, la radio, el GPS, internet... La física, a su vez, ha permitido la exploración biológica. Por eso creo que el siglo XXI será el de la física y la biología, en particular el de la biología que se pueda explorar mediante la física. Por eso, será un futuro de nanotecnología, biotecnología, inteligencia artificial y física cuántica.

”

INSTITUCIONES

Instituto de Investigación en Inteligencia Artificial

El Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) es la mayor institución pública en España dedicada a la investigación científica y técnica, y una de las más destacadas del espacio europeo de investigación. Con sede en Barcelona, está adscrito al Ministerio de Ciencia e Innovación, a través de la Secretaría General de Investigación.

Este Consejo desarrolla su actividad de investigación científica y técnica principalmente mediante sus institutos, organizados en departamentos, y en los que se integran los grupos de investigación. Entre ellos, el Instituto de Investigación en Inteligencia Artificial.

Este instituto cuenta con tres grupos de investigación: el primero es el Departamento de sistemas de aprendizaje, que abarca el diseño de algoritmos para desarrollar sistemas basados en el aprendizaje a partir de la experiencia, en particular a la salud, bioinformática, redes sociales, música, robótica y sistemas multiagente.

El segundo grupo, Lógica, razonamiento y búsqueda heurística, se centra en el diseño de algoritmos para la resolución de problemas basados en restricciones y en satisfactibilidad.

El último grupo es Sistemas multiagentes, el cual se centra en el diseño y desarrollo de sistemas abiertos y distribuidos compues-

tos de agentes inteligentes, equipados con mecanismos de coordinación que les permiten la resolución de problemas de forma colectiva.

Otro de los temas de investigación dentro del Instituto, es el uso de la Inteligencia Artificial (IA) en la educación. Al respecto, se tiene como objetivo que por medio de la construcción de equipos más eficientes o evaluaciones entre pares, se respalden las evaluaciones en cursos masivos en línea. También se pretende implementar en la creación de modelos y algoritmos que recomienden automáticamente contenidos personalizados y creen itinerarios de aprendizaje para las necesidades de los estudiantes.

Contexto:

<https://bit.ly/3SP6qBm>

James Lovelock



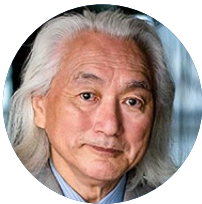
“

Todo este fenómeno se basa en la selección natural... Es la fuerza que todo lo empuja. No estamos hablando de una conquista del mundo, sino de una evolución.

Cuando los mamíferos aparecieron en el planeta, el mundo cambió. Pero las cosas que existían antes continuaron, no desaparecieron. Es lo que quiero subrayar. Nuestra relación con los seres del [Novaceno](#) será parecida a la que los humanos tenemos con nuestras plantas. La vida electrónica tan sólo ha podido evolucionar a partir de la vida orgánica.

”

Michiu Kaku



“

Los robots pueden ver mucho mejor que nosotros, pero no entienden lo que ven. Los robots también pueden oír mucho mejor que nosotros, pero no entienden lo que oyen.

”

PUBLICACIONES

¿Hacia una nueva Ilustración?
Una década trascendente

El undécimo título de la serie anual de BBVA OpenMind sobre las cuestiones clave de nuestro tiempo, publicado en 2019, se tituló *¿Hacia una nueva Ilustración? Una década trascendente*.

El primer número de esta serie fue lanzado en 2008 bajo el título *Fronteras del conocimiento*. En dicho texto, más de veinte científicos abordaron los avances más relevantes en el campo de la ciencia, todo siempre desde una perspectiva y un lenguaje accesible para quien decida leer el libro, con la intención de socializar el conocimiento de una manera adecuada.

Para BBVA OpenMind ha sido muy importante la divulgación y atención a temas que hablen sobre el impacto de la revolución tecnológica, por lo cual en el libro de 2017 abordaron las distintas transformaciones en la economía, la política, la sociedad, la cultura, los valores y la vida diaria de las personas gracias a los avances tecnológicos.

Dos años después, el tema central de este título es ambicioso en tanto que se busca revisar los cambios más importantes observados en la última década, además de que se da una mirada al futuro que se ha construido con base en los cambios y decisiones tomadas y que se tomarán de forma individual y colectiva referentes a la tecnología.

Para la compilación que conforma el undécimo título de estas entregas anuales, se contó con la participación de 23 especialistas, los cuales buscan revisar avances recientes y líneas de desarrollo para el futuro de la ciencia y las aplicaciones tecnológicas de la misma.

También buscan un mayor entendimiento sobre cuestiones de suma importancia en la actualidad, como el cambio climático, la globalización, la economía, organizaciones políticas, información, cuestiones de género y problemas que aquejan respecto a la urbanización de los espacios cotidianos y cibernéticos (ciberseguridad).

Los textos van desde la Ilustración digital y la nanotecnología, cuestiones antropológicas que ayudan a comprender mejor la nueva Ilustración que inunda la realidad



actual; igualmente, se menciona a la Inteligencia Artificial (IA) como un pilar de suma importancia en el desarrollo de las nuevas sociedades, así como en la implementación de éstas en el sector salud.

Se abordan aspectos como la globalización, la falta de equidad de género, la economía global, la política internacional, las redes sociales y su impacto en la opinión pública y, desde luego, la ciberseguridad, uno de los temas más vanguardistas y necesarios de abordar en una era en la que la digitalización es la nueva realidad que se experimenta sin importar el ámbito en la vida.

Todo el libro busca explicar el punto principal al que quieren llegar los especialistas que colaboraron en su creación: la revolución tecnológica está impactando en todas las condiciones de la vida en sociedad, ya sea de manera individual o colectiva.

También se busca abrir el diálogo sobre la importancia de modificar las bases que sustentan muchos de los aspectos en la sociedad, todo desde una perspectiva que comulgue de forma cordial con el entorno científico-tecnológico en la actualidad.

Plataformas como OpenMind son de suma importancia, ya que mediante la divulgación simplificada de temas tan específicos como la IA, la ciberseguridad y el futuro de la economía mundial y el cambio climático con la implementación de tecnologías innovadoras, es como se logra una sociedad informada y preparada para la nueva Ilustración.

Contexto:
<https://bit.ly/3edjAcr>

PUBLICACIONES

**Tecnología/Inteligencia Artificial:
el blog de OpenMind**

OpenMind de BBVA es un proyecto sin fines de lucro que tiene como objetivo contribuir a la generación y difusión de conocimiento sobre cuestiones fundamentales de nuestro tiempo, como la ciencia, la tecnología, las humanidades o la economía, de manera abierta y gratuita. El proyecto está disponible en una comunidad *online* de divulgación.

Para producir contenido de alta calidad, OpenMind se apoya en unas 300 empresas internacionales, que incluyen la colaboración de académicos, autores destacados, investigadores y publicistas en general que aportan artículos, libros y textos en secciones de cultura popular y académica, así como noticias en forma de blogs.

La inteligencia artificial (IA) es uno de los temas que generan mayor interés en el apartado de tecnología. Como lo describe Javier Yanes en su comentario "Ocho rarezas de la inteligencia artificial":

Buena parte de las esperanzas de la humanidad están depositadas hoy en día en el desarrollo de la IA, que se ve como una vía para curar enfermedades, mejorar diagnósticos o cuidar el medioambiente. Aunque también son muchos los temores motivados por la posibilidad de que los algoritmos terminen escapando del control humano.

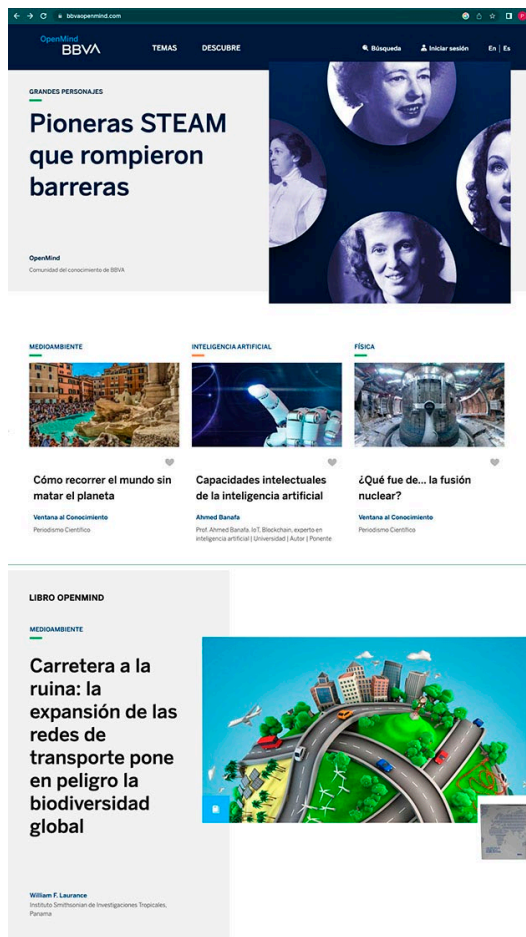
Consultores, periodistas, expertos en el tema, profesores y demás especialistas se encargan de abordar la importancia de las IA desde diferentes ámbitos y perspectivas, así como de exponer sus ideas, preocupaciones y visión del presente y futuro.

Como lo señala la periodista Elaine Thompson en su artículo "Por qué la IA nunca podrá reemplazar a un buen empleado":

Hoy en día, hay robots cirujanos, e incluso bots terapeutas si necesitas apoyo psicológico. Pero nada puede sustituir la implicación y la empatía de las que somos capaces los humanos. Los cuidadores, terapeutas y médicos sí pueden mostrar sinceridad y empatía hacia sus pacientes: esto es algo que una máquina no puede hacer, y que probablemente ni siquiera podrá emular durante algunos años más.

El camino hacia una realidad plena de IA seguirá siendo largo y difícil. Sin duda, tiene un extraordinario potencial para beneficiar a la sociedad siempre y cuando tenga un uso adecuado y prudente. Es fundamental aumentar la conciencia de sus limitaciones, así como actuar de forma colectiva para garantizar que se utilice en beneficio del bien común con seguridad, fiabilidad y responsabilidad.

Contexto:
<https://bit.ly/3SS1jAu>



Geoffrey Hinton



“ Siempre he estado convencido de que la única forma de hacer que funcione la inteligencia artificial es hacer el cálculo de manera similar al cerebro humano. Ese es el objetivo que he estado persiguiendo. Estamos progresando, aunque todavía tenemos mucho que aprender sobre cómo funciona realmente el cerebro.

”

Paul O’Dowd



“ El mayor problema es quién es el propietario de la tecnología. Si sólo una minoría de personas tiene el control de los robots en la economía, entonces sólo la minoría se beneficiará y la mayoría sufrirá el desplazamiento... La robótica presenta un problema de una distribución de poder que podría empeorar las cosas.

”

VIDEOS

Cómo la Inteligencia Artificial salvará a la humanidad

Kai-Fu Lee



“

China utilizó básicamente una mano de obra de bajo coste para convertirse en el suministrador de trabajadores no cualificados del mundo occidental. India utilizó una población de habla inglesa que está dispuesta a realizar los trabajos que el mundo occidental no quiere hacer en un proceso de subcontratación. Pero en el futuro, la IA terminará siendo el trabajo subcontratado, ya sea para ser utilizado en la fábrica o en el espacio de la oficina para la externalización. Así que los países que esperaban seguir el modelo de China o de la India para salir de la pobreza puede no funcionar. Realmente tienen que pensar en unos cuantos pasos adelante cuando la IA se popularice, cuál es el papel que su país puede desempeñar en ese futuro.

”

Kai-Fu Lee es un empresario, informático y escritor taiwanés fundador del fondo de capital riesgo Sinovation Ventures. También tiene un fondo especializado en Inteligencia Artificial (IA). En 2018, Lee realizó una Ted Talk en la que habló sobre la labor que realizan Estados Unidos y China respecto a la revolución del aprendizaje profundo, además de explicar cómo es que puede haber un futuro próspero de la mano de las IA.

Pese a que el informático apuesta por la IA y su coexistencia en armonía con la humanidad, comienza su ponencia hablando sobre los valores humanos con una anécdota sobre el nacimiento de su hija como una de las cosas que lo hicieron darse cuenta de que estuvo anteponiendo su ética de trabajo al amor familiar.

Aún de la mano de su anécdota familiar, Kai-Fu habla sobre qué es el aprendizaje profundo. Se trata de una tecnología que permite usar bases de datos en un sitio de dominio, con un nivel de precisión sobrehumano; dicha exactitud la ejemplifica con la habilidad de conducir un vehículo en la autopista mediante la muestra de fotos, videos y datos de sensores sobre cómo conducir.

Lee sabe que, hasta ese momento, la era de las IA está liderada por Estados Unidos; sin embargo, apuesta por la implementación, por la cual China entra al juego de la IA, ya que la cultura del ambiente laboral en este país ha obligado a las empresas de cualquier industria, a mejorar sus productos a una velocidad inmensa.

Para hablar sobre cómo han entrado en comunión la tecnología y el ser humano, Kai-Fu menciona la importancia que tiene en la vida económica de China los cambios de paradigmas apoyados por IA.

En China ya no usan dinero en efectivo o tarjetas de crédito; al contrario, los pagos vía móvil han hecho una aportación económica al país mucho más grande que su PIB, ya que la tecnología la usan cerca de 700 millones de personas que realizan pagos en

todos los ámbitos, incluso cotidianos, como ir al mercado.

La importancia de China en la IA es innegable. De hecho, es la razón por la cual las empresas más importantes en el campo de la visión artificial, reconocimiento del habla, sintetizadores de voz, traducción automática y drones son de origen chino. Sin embargo, Estados Unidos sigue siendo parte importante en el mundo de la IA.

Incluso, Lee habla sobre una era en la que ambas naciones trabajan juntas, razón por la cual ve posible, y muy pronto, una revolución tecnológica que inevitablemente afectará a las industrias y las obligará a modificar su herramienta de trabajo principal, que son las manos humanas, para darles paso a los robots. El informático apuesta porque dentro de 15 años los choferes, las fábricas, el servicio de atención a clientes, incluso los especialistas de la salud, sean reemplazados por IA.

Kai-Fu comienza a cerrar la charla con una reflexión sobre la verdadera razón de ser del humano, y el por qué hay que cuestionar más allá del trabajo y la tecnología. Igualmente, deja en claro cuál es la diferencia más clara entre el ser humano y la IA, razón por la cual es imposible que lleguen a reemplazarlo.

Las IA se pueden encargar de trabajos rutinarios, se volverán grandes herramientas para los creativos, trabajarán con la humanidad como herramientas de análisis y serán un pilar muy importante para que el ser humano no olvide su verdadera razón de ser en el mundo.

Lee finaliza con una frase que resume completamente su punto de vista sobre la relación entre los humanos y la IA: “La IA es una serendipia. Está aquí para liberarnos de nuestros trabajos rutinarios y está aquí para recordarnos qué es lo que nos hace humanos. Escojamos aprovechar la IA y amarnos sin condiciones”.

Contexto:
<https://bit.ly/3yqutOU>

VIDEOS

Inteligencia Artificial en la Red de Bioética de la Unesco

Un video realizado por la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (Unesco) sobre Inteligencia Artificial (IA) nos abre la puerta no sólo a conocer de qué se trata esta tecnología; también nos lleva a reflexionar el sentido que tiene este trabajo tecnocientífico que pretende ser un intermediario entre el hombre y la máquina.

La intención de la Unesco es aspirar a que una IA apoye a la humanidad, por lo que considera que los valores humanos se deben de poner al centro de su desarrollo. Por ello, considera la necesidad de educar a los sistemas y a los algoritmos de forma ética.

La vulnerabilidad humana es otro de los conceptos que se trata de poner en el centro de la IA, tomándola en cuenta durante el desarrollo de estas tecnologías, para que contribuya a sentirnos más seguros con ella y que ésta sea la que se adapte a nosotros y no al contrario. Esto llegaría al punto de moldear nuestras acciones junto con las tecnologías de una forma más activa y consciente.

Desde la bioética, centrada en la promoción y respeto de los derechos humanos, se

considera que existen valores que comparte toda la humanidad, aunque haya modos diferentes de ponerlos en práctica. Hay valores universales en los que coinciden culturas y religiones como el respeto a la vida, a la verdad, a la justicia, el reconocimiento del otro ser humano como valioso, entre otros.

La forma de reaccionar que las máquinas de IA tienen ha sido programada por seres humanos, quienes insertan en ellas sus propias creencias, probablemente con el punto de referencia de una superioridad del humano sobre la naturaleza y la naturalización de su uso y corrección por parte de ésta.

Los seres humanos no sólo son responsables de la fabricación de las tecnologías de la IA, también lo son de introducirlas de la mejor manera a la sociedad. Esto implica educarlas y entrenarlas, con ellas se puede ir a una influencia superior al del campo en que se trabaje.

Contexto: <https://bit.ly/3MmXHDV>

Geoffrey Hinton



“

[...] a la gente le gusta pensar que si las cosas van mal es por los líderes políticos, en lugar de pensar en términos de sistemas.

Es el sistema social y sus dinámicas lo que deberíamos entender y organizar para que funcione bien.

”

AUDIOS

¿Somos conscientes de los retos y principales aplicaciones de la Inteligencia Artificial?

La Inteligencia Artificial (IA) dejó de ser ciencia ficción para adentrarse en nuestras vidas y, aunque todavía en una fase inicial, está llamada a protagonizar una revolución o un fenómeno equiparable al que generó internet.

Es momento de pensar en el futuro, por eso la gran pregunta es: ¿Qué es realmente la IA? Una combinación de algoritmos y máquinas que replican las capacidades humanas o una tecnología que, por un lado, parece lejana y misteriosa, y, por otro, forma parte de nuestra rutina, como lo puede ser el asistente de voz, una actualización en tiempo real, el filtrado de correos electrónicos, o una sugerencia musical o una serie de acuerdo con los gustos personales.

Según el podcast “¿Qué es la Inteligencia Artificial?”, del grupo energético global Iberdrol, la IA afectará indirectamente en muchos más aspectos, como las finanzas, donde ayuda a mejorar la seguridad y el servicio al cliente; en el ámbito comercial, para saber si un producto será o no exitoso antes de salir al mercado; en los avances agrícolas, donde se mejorarían los rendimientos y advertencias de impactos ambientales adversos, así como en el cambio climático, en el cual se implementaría para disminuir los contaminantes.

La irrupción de la IA en nuestras vidas ha llevado al parlamento europeo a crear leyes de control de la robótica, destacando que no podrán hacer daño a los humanos y que deberán tributar a la seguridad

social para ayudar al posible desempleo que generen.

Según el Fondo Monetario Internacional, la IA acabará con 85 millones de puestos de trabajo en cinco años, pero creará 97 millones. En conjunto, se estima que el mercado de la IA pueda llegar a representar 127,000 millones de dólares en 2025.

No hay nueva tecnología sin incertidumbre. Los beneficios de la IA se enfrentan a potenciales peligros, pero todo queda en manos de la huella que dejemos los humanos con su uso. Los avances en robótica e IA supondrán un cambio en todos los aspectos de nuestra vida. ¿Positivos, o negativos? Sólo el tiempo lo dirá.

Contexto: <https://bit.ly/3Tdaefz>

Kai-Fu Lee



“

El *Deep learning*, es un algoritmo muy poderoso pero muy limitado. No puede pensar como los humanos, no tiene las capacidades de la curiosidad, la creatividad, el pensamiento estratégico, el entendimiento complejo, la planificación, la intuición, la comprensión abstracta o la conciencia, la autoconciencia, emociones, sentimientos, compasión para que se produzca la singularidad y construir algo igual o mejor que los humanos. Esas 12 características deben ser inventadas. Llevamos investigando la IA 60 años y sólo tenemos un avance. No habrá 12 más en los próximos 20 años.

”

AUDIOS

Pódcast para fanáticos de Inteligencia Artificial y datos

El artículo titulado “Podcasts en Español para los Fanáticos de la Inteligencia Artificial y los Datos” enlista los pódcast en español que su autor, Jaime Durán, considera más interesantes en lo referente a Inteligencia Artificial (IA), Data Science o Big Data. Se enlistan 14 pódcast que tienen como eje central la tecnología en general, aunque la IA es protagonista en muchos de ellos. A continuación se mencionan sólo algunos, los que roban la mayor atención.

El primer pódcast es *Pensamiento digital*, espacio sonoro en el que se habla del uso de la IA en las empresas, además de que busca, mediante la información que comparten y la experiencia de profesionales en el tema, acercar más esta tecnología a la sociedad y a las organizaciones en las que pueda ser aplicable.

Este pódcast publicó su primer episodio en febrero de 2019 con el título “La Inteligencia Artificial en las empresas”, y contó con la presencia de Javier Martín, director de Innovación en Sngular, quien habló sobre el panorama de la IA en las compañías. Además, abordaron el plan del entonces presidente de Estados Unidos, Donald Trump, para que este país se volviera líder en el campo. Su última actualización fue en junio de 2022.

En el puesto número dos de la lista está *Software 2.0*, pódcast dedicado por completo a la IA y a entrevistas con actores relevantes en el tema. Su última entrega fue en junio de 2022, y abordó la mancuerna entre el derecho y la IA. Contó con la presencia de Elen Irababal, abogada y programadora, que durante todo el pódcast intenta explicar la eficiencia de la tecnología en el tema de los derechos humanos y cómo ésta puede ayudar a tener una mejor visión y ejercicio de la justicia.

Por su parte, *Inteligencia Artificial + Humana*, proyecto de Clubes de Ciencia España, busca darle un enfoque más humano a las IA

de la mano de científicos, humanistas y filósofos. Su primera emisión fue en enero de 2020 y aborda, de la mano de Teresa Rodríguez, profesora de Derecho Mercantil, cuestiones fundamentales respecto a la tecnología en general, concretamente en la IA, y como han comenzado a permear en la vida en sociedad actualmente.

BigDateame es un pódcast de Iker Gómez que se encarga de la divulgación sobre Big Data. Son capítulos cortos que abordan la teoría, pero también se complementan con unos más extensos con entrevistas a expertos.

También Microsoft hizo lo propio y produjo *PerspectIA*, un pódcast en el cual exponen casos en el que se ha usado IA en empresas españolas. El acercamiento que tiene Microsoft con la IA y su aplicación real en las empresas se ve reflejado en el estudio de casos dentro de la economía europea.

Cuenta con diez episodios, y el último aborda el tema de la covid-19 y la manera en que el sector público y su administración han mejorado sus procesos, tanto que 80% de las administraciones en España reconocen que la IA es prioridad digital, según un estudio de EY para Microsoft.

En la lista también se nombran *Inteligencia Artificial, el Podcast*; *AI, The New Sexy*; *Data Latam Podcast*; *Café de Datos*; *Cadena de Datos*; *Machine Learning en Español*; *SaturdaysAI Podcast*; *Territorio Big Data y Lo que AI que oír*.

Todos los contenidos sonoros cuentan con entrevistas a especialistas; sin embargo, tratan de tener una interacción con los escuchas de una manera sencilla, y buscan simplificar temas tan complicados como la IA a tal grado que sean de interés general y que todo tipo de público pueda entenderlos.

Contexto: <https://bit.ly/3T355qg>



www.fca.unam.mx

FACULTAD DE CONTADURÍA Y ADMINISTRACIÓN

Daniel H. Wilson



“

Nosotros, los humanos, tenemos una relación de amor-odio con nuestra tecnología. Amamos cada nuevo avance y odiamos cuán rápido está cambiando nuestro mundo. Los robots realmente expresan esa relación de amor-odio que tenemos con la tecnología.

”

Marvin Minsky



“

[...] la mayoría de los conocimientos de la gente están llenos de contradicciones y, aún así, sobrevivimos... lo mejor que podemos hacer al respecto es ser razonablemente cautelosos... hagamos también a nuestras máquinas así de cuidadosas. . . y si existen algunas probabilidades de error, bueno, así es la vida.

”

Propuestas de proyectos de Investigación en Inteligencia Artificial en el Espacio de Innovación UNAM-Huawei

La Alianza para promover el desarrollo de capacidades digitales en México está formada por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Huawei Technologies, la Secretaría de Relaciones Exteriores (SER), la Secretaría de Economía (SE), el Consejo Nacional para el Fomento a la Inversión, el Empleo y Crecimiento Económico (Cofinece), la Cooperación Alemana al Desarrollo Sustentable en México y la Red de Soluciones de Desarrollo Sostenible de la ONU.

El objetivo principal de unir a todas estas empresas, instituciones y organismos gubernamentales es edificar las bases de una propuesta que busque fortalecer el desarrollo, la investigación y la implementación de nuevas tecnologías, principalmente enfocadas en la Inteligencia Artificial (IA).

En la búsqueda de construir este semillero de talentos en el ámbito de la tecnología, la Alianza lanzó una convocatoria para proyectos de investigación en IA que busquen aportar algo a la solución de problemas poblacionales en el Espacio de Innovación UNAM-Huawei.

La UNAM va de la mano con la Dirección General de Cómputo y de Tecnologías de Información y Comunicación (DGTIC), el Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas (IIMAS), el Instituto de Investigaciones Sociales (IIS) y la Coordinación de Vinculación y Transferencia Tecnológica (CVTT). Estos organismos en Alianza hacen un llamado a investigadores, académicos y sociedad en general a unirse en la búsqueda de mejores y más desarrollados algoritmos e implementación de la IA.

Los tres ejes temáticos que comprenden los proyectos en la convocatoria son: propuestas de diseño para la aplicación de tecnologías, desarrollo de productos que puedan implementarse y la puesta en marcha de proyectos con un enfoque social.

Uno de los principales beneficios que obtienen los proyectos aprobados es la tecnología que Huawei les ofrece, como lo son los recursos físicos, *software* y cursos de capacitación, certificaciones de Huawei y becas otorgadas por la UNAM a los alumnos que participen de la convocatoria.

Desde luego que los incentivos económicos para las y los participantes de la convocatoria son importantes, además de que los conocimientos que pueden ser adquiridos gracias a la oportunidad de utilizar tecnología tan avanzada como la de Huawei; sin embargo, podría considerarse que el hecho de tener la oportunidad de crear un proyecto que impacte en la sociedad es un factor de igual importancia.

Se postularon 16 proyectos de investigación en IA en el Espacio de Innovación UNAM-Huawei, los cuales fueron encabezados por investigadores de diferentes partes del país. Entre las propuestas presentadas se encuentran: Detección de anomalías en signos vitales a través de dispositivos portátiles inteligentes y transmisión de data a dispositivos móviles para detectar posibles contagios de covid-19, influenza u otros; Detección automática de inundaciones, en el sureste mexicano, mediante imágenes satelitales Sentinel y aprendizaje profundo, así como Detección y clasificación de trayectorias en espacios abiertos y validades para tareas de videovigilancia.

En la convocatoria se menciona que los proyectos deben “contribuir en la solución de problemas sociales prioritarios”, y lo referente a la pandemia y la vida cotidiana después de la misma es una problemática social catalogada como primordial. Utilizar IA para facilitar la detección de contagios responde al punto de la convocatoria acerca de buscar alternativas que ayuden al desarrollo de la sociedad.

En el caso de la detección de inundaciones, se responde al fortalecimiento de sectores en condiciones vulnerables y ayuda a impulsar un desarrollo fomentado por una alianza entre gobierno, ciencia y sector privado.

Lo cierto es que, acciones como la convocatoria de UNAM-Huawei son necesarias y ayudan al fomento de la sensibilización de la importancia que tiene la ciencia, las nuevas tecnologías y el enfoque humano.

La entrega de propuestas de proyectos finalizó en noviembre de 2022, así como su evaluación.

Proyecto: <https://bit.ly/3ROyztz>

13 proyectos industriales de vanguardia

El Servicio de Información Comunitario sobre Investigación y Desarrollo de la Comisión Europea (Cordis, por sus siglas en inglés) publicó los resultados de 13 proyectos que se encuentran en desarrollo o que concluyeron recientemente; todos ellos tienen en común el ámbito de la Inteligencia Artificial (IA). A continuación, algunas características de estos proyectos:

El primero es Manuwork, el cual tiene que ver con el entorno de la fabricación, fomentando un uso del sistema de realidad aumentada en entornos productivos para la mejora de los trabajadores.

El segundo proyecto es Bots2ReC, que ha desarrollado un sistema robótico capaz de gestionar la eliminación del amianto en los inmuebles, el cual despertó gran interés del sector de la construcción, dado que la extracción de éste provoca riesgos en la salud.

El proyecto Hit2GAP creó una plataforma de gestión energética de edificación que incluye módulos basados en algoritmos de IA y extracción de datos, centrándose en la fase de uso del edificio.

Factory2Fit es un proyecto que demuestra el impacto positivo que la IA puede tener en la productividad y el bienestar del trabajador. Este integra las tecnologías y los conocimientos humanos en un contexto de creciente automatización. Dicha integración ofrece resultados tangibles, como un flujo de trabajo mejorado y una mayor participación de los empleados.

El proyecto Good Man busca, a su vez, crear modelos para poner en práctica estrategias de control basadas en IA para prevenir defectos de fabricación. Esto se puede entender como un nuevo modelo de control de calidad.

Por su parte, el Proyecto SERENA, se ha ocupado de programar las actividades de mantenimiento en un plazo determinado, lo que evita la interrupción en el proceso global de producción en una fábrica.

El proyecto Coroma ha desarrollado un robot cognitivamente mejorado dedicado a la producción de piezas metálicas y de materiales compuestos, el cual es capaz de aprender del entorno que lo rodea para funcionar de forma autónoma.

Por su parte, el proyecto Monsoon utiliza métodos predictivos basados en IA para optimizar los procesos de producción en la transformación de materiales en grandes cantidades.

El proyecto Thomas se ha planteado el objetivo de crear fábricas reconfigurables gracias al uso de operarios robóticos móviles autónomos con capacidad para moverse con libertad por una planta industrial.

A su vez, el proyecto CritCat propone una reducción de la huella de carbono y un abaratamiento de los costes de producción de la industria química, utilizando la IA en una plataforma de modelización de materiales para el diseño de catalizadores con menor consumo energético.

El proyecto Aeroarms ha desarrollado drones con IA para las grandes refinerías, debido a que estos dispositivos representan cada vez más una tecnología única para prevenir la corrosión y los accidentes.

Phoenix es un proyecto pensado en el mantenimiento de las infraestructuras, integrando elementos de *software*, *hardware* e IA para crear enjambres de pequeñas esferas robóticas que exploraran, recogen datos y mapean áreas en los fallos estructurales.

El reto del proyecto ResiBot es crear un algoritmo para que los robots sean menos resilientes. Con este nuevo algoritmo se espera que los robots puedan recuperarse rápidamente y de manera autónoma ante cualquier contratiempo, de modo que puedan improvisar durante el curso de una misión difícil.

Proyecto:
<https://bit.ly/3CF7Pnl>

Yuval Noah Harari



“
¿Quieres saber cómo los *cyborgs* superinteligentes podrían tratar a los humanos ordinarios de carne y hueso? Mejor comienza investigando cómo los humanos tratan a sus primos animales menos inteligentes. No es una analogía perfecta, por supuesto, pero es el mejor arquetipo que realmente podemos observar en lugar de simplemente imaginar.

”

Sebastian Thrun



“
Nadie lo dice de esta manera, pero creo que la Inteligencia Artificial es casi una disciplina de humanidades. Es realmente un intento de entender la inteligencia humana y la cognición humana.

”

INTELIGENCIA ARTIFICIAL, GLOSARIO MÍNIMO

AGENTE ESPECIAL. Sistema computacional persistente, capaz de actuar de manera autónoma para encontrar sus objetivos o metas cuando está situado en un ambiente.

BASIC. Acrónimo de *Beginners' All-purpose Symbolic Instruction Code*, o Código simbólico de instrucciones de propósito general para principiantes.

CAMBRIDGE ANALYTICA. Compañía privada británica que combinaba la minería de datos y su análisis con la comunicación estratégica para la creación de campañas publicitarias y políticas. Por su participación e influencia en procesos electorales en Estados Unidos, así como en la campaña para la retirada del Reino Unido de la Unión Europea, enfrenta cargos judiciales en ambos países. Saltó a la fama en 2018 al verse involucrada en un escándalo contras las normas de Facebook al filtrar datos personales de los usuarios.

CUARTA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL. Proceso de transformación que inició a principios del siglo XXI y se basa en la revolución digital. Se caracteriza por un internet más ubicuo y móvil, por sensores más pequeños y potentes que son cada vez más baratos, y por la inteligencia artificial y el aprendizaje de la máquina.

DATOS. Registros en medios materiales, como dibujos y textos en un cuaderno de notas, o su expresión digital en las memorias RAM de las computadoras.

ECHELON. Programa de vigilancia considerado como la mayor red de espionaje y análisis para interceptar comunicaciones electrónicas de la historia, operado por los cinco países firmantes del Acuerdo de Seguridad UKUSA: Australia, Canadá, Nueva Zelanda, Reino Unido y Estados Unidos, y creado inicialmente a fines de la década de 1960 para monitorear las comunicaciones militares y diplomáticas de la Unión Soviética y sus aliados durante la Guerra Fría.

GOBERNANZA JURÍDICA (en IA). Uso de sistemas inteligentes para la regulación (como la regulación de la propia IA) para producir resultados aceptables, minimizando los riesgos de un impacto negativo en los derechos y en la vida cotidiana de los ciudadanos.

INFORMACIÓN. Interpretación de los datos por parte de los seres humanos. Se manifiesta como creencias y conocimiento.

INTELIGENCIA ARTIFICIAL. Conjunto de ciencias, teorías y técnicas (entre las que se incluye lógica matemática, estadística, probabilidad, neurobiología computacio-

nal, ciencias de la información) que pretende imitar las capacidades cognitivas de un ser humano. Su desarrollo está íntimamente ligado al de la informática y ha llevado a las computadoras a realizar tareas cada vez más complejas que antes sólo podían delegarse a un ser humano.

INTELIGENCIA ARTIFICIAL. Elucidación del proceso de aprendizaje humano, la cuantificación del proceso de pensamiento humano, la explicación de la conducta humana y la comprensión de lo que hace posible la inteligencia. Es el paso final del hombre para comprenderse a sí mismo.

INTELIGENCIA ARTIFICIAL. *Software* o programa de computadora dotado de un mecanismo para el aprendizaje. Ese conocimiento es utilizado para tomar una decisión en una nueva situación, como lo hacen los humanos. Los investigadores que construyen este *software* intentan escribir un código que pueda leer imágenes, texto, video o audio, y aprender algo de él. Una vez que una máquina ha aprendido, ese conocimiento puede utilizarse en otros lugares.

MECATRÓNICA. Combinación sinérgica de sistemas mecánicos de precisión, electrónica de control y sistemas de información computarizados.

MICROSCOPIA. Disciplina que nace de la curiosidad por ver lo que no es perceptible a simple vista. Desde su aparición en los siglos XVI y XVII ha traído múltiples beneficios a la humanidad.

PEGASUS. Programa espía instalado en algunos dispositivos móviles desarrollado por una firma cibernética israelí, y capaz de leer mensajes de texto, rastrear llamadas, recopilar contraseñas, rastrear la ubicación de un teléfono y recoger información de las aplicaciones.

SINGULARIDAD. Es un tiempo venidero en el que el ritmo del cambio tecnológico será tan rápido y su repercusión tan profunda, que la vida humana se verá transformada de forma irreversible.

TRAILBLAZER. Programa de la Agencia de Seguridad Nacional de Estados Unidos destinado a analizar datos transportados en redes como internet. Estaba destinado a rastrear utilizando métodos de comunicación como teléfonos celulares y correo electrónico.

WHISTLEBLOWERS. Denunciante o persona, generalmente algún empleado, que revela información sobre actividades dentro de una organización pública o privada que se considera ilegal, inmoral, ilícita, insegura o fraudulenta.



INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN EN INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Consejo Superior de Investigaciones Científicas, España



CSIC

CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS

www.iiia.csic.es/es



 **IIIA**
Institut d'Investigació en
Intel·ligència Artificial

IIIA-CSIC
INSTITUT D'INVESTIGACIÓ EN
INTEL·LIGÈNCIA ARTIFICIAL



COLABORAN EN ESTE NÚMERO:

Raymundo Morado

Instituto de Investigaciones Filosóficas (IIF), UNAM
<https://www.filosoficas.unam.mx/>

Investiga la filosofía de la lógica, en especial los sistemas de razonamiento no-monotónico y la teoría de la argumentación. Maestro en Ciencias de la Computación y Doctor en Filosofía. Fue presidente de la Asociación Filosófica de México, primer presidente de la Academia Mexicana de Lógica y primer ganador del Premio Nacional de Lógica.

morado@unam.mx

Luis A. Pineda

Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas (IIMAS), UNAM
<http://www.riimas.unam.mx/>

Investigador en Inteligencia Artificial, robots de servicio, procesamiento del lenguaje natural, representación del conocimiento, razonamiento automatizado y memoria asociativa. Doctor (PhD) por la Universidad de Edimburgo, Escocia, fue investigador asociado del departamento de Cognitive Science de la misma universidad (1989-1992). En 1998 se incorporó como investigador titular al IIMAS-UNAM. Ha creado los grupos de investigación Diálogos Inteligentes Multimodales en Español (DIME), Golem (para el desarrollo de robots de servicio) y Memoria Asociativa y Racionalidad Entrópica (MARE). Pertenece a la Academia Mexicana de Computación, de la que fue presidente fundador.

lpineda@unam.mx

COMENTARISTAS

Pompeu Casanovas Romeu

Instituto de Derecho y Tecnología de la Universidad Autónoma de Barcelona (IDT-UAB)

La Trobe University LawTech Research Group, Victoria, Australia

<https://ddd.uab.cat/collection/idt?ln=es&as=1>

<https://www.latrobe.edu.au/latrobe-law-school>

Profesor de Filosofía y Sociología del Derecho en la Facultad de Derecho de la Universidad Autónoma de Barcelona (UAB). Fundador y director del Instituto de Derecho y Tecnología (IDT-UAB). Forma parte de La Trobe University LawTech Research Group (Victoria, Australia). Sus temas de interés son el desarrollo de ontologías legales para la implementación de tecnologías semánticas de Web; modelos de gobernanza para instrumentar seguridad y protección de datos en la Web; mediación, Online Dispute Resolution (ODR) y *crowdsourcing* para fomentar la participación democrática ciudadana.

pompeu.casanovas@uab.cat

p.casanovasromeu@latrobe.edu.au

Pablo Noriega

Instituto de Investigación en Inteligencia Artificial (IIIA), UAB
<https://www.iiia.csic.es/es/>

Instituto de Investigación en Inteligencia Artificial, Consejo Superior de Investigaciones Científicas (IIIA-CSIC), España. Su investigación gira en torno de la gobernanza de sistemas en línea en los que intervienen personas y agentes artificiales autónomos. Recientemente se ha enfocado en el problema de incorporar valores en los sistemas autónomos.

pablo@iiia.csic.es

Ma. Esther Martínez González

Facultad de Contaduría y Administración, UNAM
<https://www.fca.unam.mx/>

Profesora en las áreas de Desarrollo e Inteligencia Artificial, Facultad de Contaduría y Administración (FCA-UNAM). Maestra en Inteligencia Artificial por la Universidad Veracruzana (UV) con DEA en Informatique por el Institut National Polytechnique de Grenoble (INPG), Francia. Miembro asociado de la Academia Mexicana de Informática AC.

maga@igeofisica.unam.mx

Roberto Carlos Hernández López

Facultad de Estudios Superiores Acatlán, UNAM
<https://www.acatlan.unam.mx/>

Profesor de la Facultad de Estudios Superiores, FES-Acatlán, UNAM; Jefe de la División del Sistema de Universidad Abierta y Educación a Distancia de la misma institución. Doctor en Filosofía y Psicoanálisis por la Universidad Complutense de Madrid, España. Sus líneas de investigación: filosofía política, biopolítica y relación entre política y psicoanálisis.

roberhernan@gmail.com

Jesús Manuel Dorador González

Escuela Nacional de Estudios Superiores Juriquilla, UNAM
<https://www.enesjuriquilla.unam.mx/>

Profesor titular en el área de diseño mecánico, con líneas de investigación y desarrollo tecnológico en diseño de prótesis y diseño del producto. Secretario General de la Escuela Nacional de Estudios Superiores Unidad Juriquilla, Querétaro, UNAM.

dorador@unam.mx

Axel Barceló Aspeitia

Instituto de Investigaciones Filosóficas (IIF), UNAM
<https://www.filosoficas.unam.mx/>

Investigador titular del Instituto de Investigaciones Filosóficas, IIF-UNAM. Doctor en Filosofía con especialización en Lógica por la Universidad de Indiana, Bloomington. Especialista en lógica, argumentación, filosofía del lenguaje y de la ciencia. Autor de los libros *Sobre el análisis y Falibilidad* y *normatividad*:

COLABORAN EN ESTE NÚMERO:

un análisis filosófico de la suerte. Miembro del grupo de investigación Arte Más Ciencia.

abarcelo@filosoficas.unam.mx

<https://www.artemasciencia.org>

Edna Márquez

Hospital General de México, Servicio de Medicina Genómica

<https://hgm.salud.gob.mx/interna/unidades/genomica/genomica.html>

Doctora en Ciencias de la Computación. Ha trabajado en aplicaciones de la Inteligencia Artificial en el área de bioinformática. Es investigadora del Hospital General de México "Dr. Eduardo Liceaga" y profesora de la UNAM.

cednam@gmail.com

Marco Negrete

Laboratorio de Bio-Robótica, Facultad de Ingeniería, UNAM

<https://biorobotics.fi-p.unam.mx/es/>

Doctor en Ciencias de la Computación. Ha trabajado en el desarrollo de robots móviles autónomos y en otras aplicaciones de IA y el procesamiento de señales. Profesor asociado en la Facultad de Ingeniería de la UNAM y miembro de la Federación Mexicana de Robótica.

marco.negrete@ingenieria.unam.edu.mx

Jesús Savage

Laboratorio de Bio-Robótica, Facultad de Ingeniería, UNAM

<https://biorobotics.fi-p.unam.mx/es/>

Doctor en Ingeniería Eléctrica. Campo de investigación: robots móviles, realidad virtual, reconocimiento de patrones, inteligencia artificial e interfaces hombre-máquina. Profesor titular en la Facultad de Ingeniería de la UNAM y miembro de la Federación Mexicana de Robótica.

robotssavage@gmail.com

Laura Trujillo Liñán

Universidad Panamericana

<https://www.up.edu.mx/>

Licenciada en Filosofía por la Universidad Panamericana (UP), maestra en Filosofía por la UNAM y doctora en Historia del Pensamiento por la UP. Profesora-investigadora en el Instituto de Humanidades, la Escuela de Comunicación y la Universidad en línea de la UP. Su más reciente libro: *Formal Cause in Marshall McLuhan's Thinking: An Aristotelian Perspective.*

laura.trujillo@up.edu.mx

Haydee O. Hernández Aviña

Posgrado en Ciencia e Ingeniería de la Computación, UNAM

<http://www.mcc.unam.mx/>

Licenciada en Ciencias de la Computación por la UAEM y maestra en Óptica por el Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE). Cursa el último semestre de doctorado en el Posgrado en Ciencia e Ingeniería de la Computación, UNAM.

hoha441@comunidad.unam.mx

Mónica Ramírez Vázquez

Facultad de Ciencias, UNAM

<https://www.fciencias.unam.mx/>

Bióloga y maestra en Ciencias por la Facultad de Ciencias de la UNAM; doctora por la Universidad de Barcelona. Investiga la estructura y función de biopelículas (microbianas, fotosintéticas y fúngicas). Además busca explicar, a través de la microscopía avanzada, la arquitectura, función y el papel que desempeñan en el medio que habitan.

m.ramirez@ciencias.unam.mx

José Fabián Villa Manríquez

Instituto de Ciencias Aplicadas y Tecnología, UNAM

<https://www.icat.unam.mx/>

Licenciado en Ciencias Fisicomatemáticas, maestro y doctor en Ciencias Ópticas por el INAOE. Su área de investigación se ha centrado en el análisis y detección de biomarcadores, principalmente con biomoléculas referentes en detección de diabetes mellitus, utilizando técnicas espectroscópicas. Trabaja en el Instituto de Ciencias Aplicadas y Tecnología, UNAM.

jfvillam@gmail.com

Paúl Hernández Herrera

Laboratorio Nacional de Microscopía Avanzada, Instituto de Biotecnología, UNAM

<https://www.ibt.unam.mx/agrupacion/direccion-22/laboratorio-nacional-de-microscopia-avanzada-60>

Licenciado en Matemáticas y doctorado en Ciencias de la Computación. Su área de investigación se ha centrado en el desarrollo, modificación y aplicación de algoritmos de aprendizaje automático para la detección y segmentación de estructuras en imágenes biomédicas. Miembro de la Academia Mexicana de Computación. Trabaja en el Laboratorio Nacional de Microscopía Avanzada, Instituto de Biotecnología, UNAM.

paul.hernandez@ibt.unam.mx



GOBIERNO DE
MÉXICO

SALUD
SECRETARÍA DE SALUD

HOSPITAL GENERAL DE MÉXICO “Dr. Eduardo Liceaga”, SERVICIO DE MEDICINA GENÓMICA



HOSPITAL
GENERAL
de MÉXICO

DR. EDUARDO LICEAGA



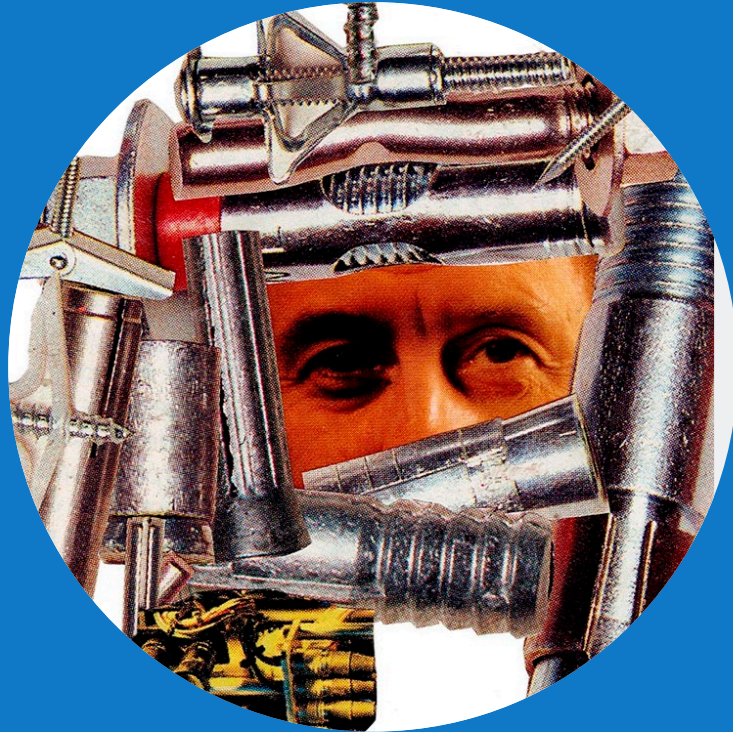
hgm.salud.gob.mx/index.html



En el próximo número...

PERCEPCIÓN DEL RIESGO Y DESASTRES

- PREVENIR Y COMUNICAR
- LA GESTIÓN DE LA VULNERABILIDAD HUMANA
- VER CON "ANTEOJOS NUEVOS"
- UNA RAYUELA PRECAUTORIA (POR SI VIENE EL LOBO)
- EL RIESGO COMO RELATO



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO