

# **Inteligencia artificial**

## Gran oportunidad del siglo XXI



**Documento de reflexión  
y propuesta de actuación**

Autores: Enrique Iglesias Rodríguez, Antonio García Zaballos, Pau Puig Gabarró e Isaac Benzaqué



## **Inteligencia artificial**

Gran oportunidad del siglo XXI

Documento de reflexión  
y propuesta de actuación

Autores: Enrique Iglesias Rodríguez, Antonio García Zaballos, Pau Puig Gabarró e Isaac Benzaqué



**Catalogación en la fuente proporcionada  
por la Biblioteca Felipe Herrera del  
Banco Interamericano de Desarrollo**

Inteligencia artificial: la gran oportunidad del siglo XXI: documento de reflexión y propuesta de actuación / Enrique Iglesias Rodríguez, Antonio García Zaballos, Pau Puig Gabarró, Isaac Benzaqué.

p. cm. — (Monografía del BID ; 904)

Incluye referencias bibliográficas.

1. Artificial intelligence-Economic aspects-Latin America. 2. Artificial intelligence-Government policy-Latin America. 3. Artificial intelligence-Economic aspects-Israel. 4. Artificial intelligence-Government policy-Israel. I. Iglesias Rodríguez, Enrique. II. García Zaballos, Antonio. III. Puig Gabarró, Pau. IV. Benzaquén, Isaac. V. Banco Interamericano de Desarrollo. División de Conectividad, Mercados y Finanzas. VI. Serie. IDB-MG-904

**Clasificaciones JEL:** L88, L96, O14, O3

**Palabras clave:** inteligencia artificial, machine learning, big data, política pública, infraestructura digital

**Código de publicación:** IDB-MG-904

Copyright © 2020 Banco Interamericano de Desarrollo. Esta obra se encuentra sujeta a una licencia Creative Commons IGO 3.0 Reconocimiento-NoComercial-SinObrasDerivadas (CC-IGO 3.0 BY-NC-ND) (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/igo/legalcode>) y puede ser reproducida para cualquier uso no-comercial otorgando el reconocimiento respectivo al BID. No se permiten obras derivadas.

Cualquier disputa relacionada con el uso de las obras del BID que no pueda resolverse amistosamente se someterá a arbitraje de conformidad con las reglas de la CNUDMI (UNCITRAL). El uso del nombre del BID para cualquier fin distinto al reconocimiento respectivo y el uso del logotipo del BID no están autorizados por esta licencia CC-IGO y requieren de un acuerdo de licencia adicional.

Nótese que el enlace URL incluye términos y condiciones adicionales de esta licencia.

Las opiniones expresadas en esta publicación son de los autores y no necesariamente reflejan el punto de vista del Banco Interamericano de Desarrollo, de su Directorio Ejecutivo ni de los países que representa.



Banco Interamericano de Desarrollo  
1300 New York Avenue, N.W.  
Washington, D.C. 20577  
[www.iadb.org](http://www.iadb.org)

El Sector de Instituciones para el Desarrollo fue responsable de la producción de la publicación.

**Colaboradores externos:**

**Coordinación de la producción editorial:** Sarah Schineller (A&S Information Specialists, LLC)

**Revisión editorial:** Julia Gomila

**Diagramación:** Gastón Cleiman

# ÍNDICE

<b>01</b>	<b>INTRODUCCIÓN Y CONCEPTOS BÁSICOS</b>	<b>6</b>
	Introducción	7
	¿Qué es la inteligencia artificial?	8
	Sistemas inteligentes en la actualidad	11
<b>02</b>	<b>IMPACTO ECONÓMICO DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL</b>	<b>12</b>
	Situación económica actual	13
	La inteligencia artificial: una revolución económica	16
	Vías de crecimiento basadas en la IA	22
<b>03</b>	<b>ADOPCIÓN DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL</b>	<b>25</b>
	Factores influyentes	26
	Potenciales riesgos	31
	Regulación	32
	Índice de preparación de los gobiernos	38
	Una oportunidad para los gobiernos	39
	Estrategias nacionales	41
	Iniciativas de investigación y financiación pública	43
	Iniciativas estatales para fomentar la innovación abierta	45
	Importancia de las políticas de promoción	46

# ÍNDICE

<b>04</b>	<b>LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN ISRAEL: CASO DE ÉXITO</b>	<b>48</b>
	Antecedentes	49
	Situación actual	49
	Profesionales especializados en IA: una demanda creciente	51
	Implicación del gobierno	54
	Investigación en IA	57
	<i>Startups</i> de IA	62
	Multinacionales activas en IA en Israel	71
<b>05</b>	<b>ANÁLISIS DE AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE</b>	<b>76</b>
	Antecedentes	77
	Situación actual	77
	Índice de preparación para la IA	81
	Beneficios económicos de la IA por países	97
	Recomendaciones	102
	Páginas web consultadas	125



# Introducción y conceptos básicos



## INTRODUCCIÓN

La inteligencia artificial (IA) está cada vez más presente en nuestro día a día. Sin ser conscientes, interactuamos con sistemas de IA para realizar nuestras actividades habituales: escuchar música en Spotify, ver series en Netflix, encontrar una ruta con Google Maps o comprar en Amazon. Muchas tareas, que en el pasado realizaban personas y en las últimas décadas se sustituyeron por algoritmos, en la actualidad ya incorporan la IA. Se trata de una tecnología relativamente nueva, aunque en pleno auge, que tendrá una repercusión enorme en el futuro.

Tal como ha ocurrido con otras grandes disruptpciones tecnológicas, se prevé que la IA también conlleve una revolución económica a nivel mundial. En la actualidad, nos encontramos en el punto inicial de este camino, que brindará infinidad de oportunidades para aquellos países y regiones que sepan posicionarse o incluso lleguen a liderar esta disruptión. Las previsiones indican que la IA será uno de los principales motores de crecimiento de los próximos años. Según el informe “Sizing the Price”, de PWC,<sup>1</sup> la IA se convertirá en la mayor oportunidad de negocio, y llegará a generar USD 16.500 trillones en el año 2030: USD 6.600 billones por mejoras en la pro-

ductividad y USD 9.900 billones derivados del consumo adicional generado. McKinsey Global Institute estima que, en 2030, el 70% de las empresas a nivel mundial habrá adoptado algún tipo de IA.

En este contexto, la información (los datos, *data* en inglés) se convierte en un activo muy valioso, ya que constituye el elemento esencial para la creación de algoritmos de IA de valor. Tal es así que la revista The Economist habla de “el nuevo petróleo” (“*the new oil*”). Y es que los datos resultan imprescindibles para que los sistemas inteligentes puedan entrenarse, mejorar y corregir desviaciones, a fin de obtener algoritmos más fiables y efectivos. La gestión de los macrodatos (*Big Data*) puede dar lugar a conflictos de privacidad, responsabilidad o intereses. Es por ello que cada gobierno debe abordar el tema estableciendo los marcos legales necesarios para favorecer su desarrollo.

Resulta, pues, de vital importancia reaccionar inmediatamente ante la irrupción de la IA, con políticas públicas eficaces que permitan aprovechar las oportunidades que genera el crecimiento de esta tecnología, contribuyendo a una mayor prosperidad y bienestar de las personas, las empresas y el país o la región en todo su conjunto.

---

<sup>1</sup> <https://www.pwc.com/gx/en/issues/analytics/assets/pwc-ai-analysis-sizing-the-prize-report.pdf>.

## ¿QUÉ ES LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL?

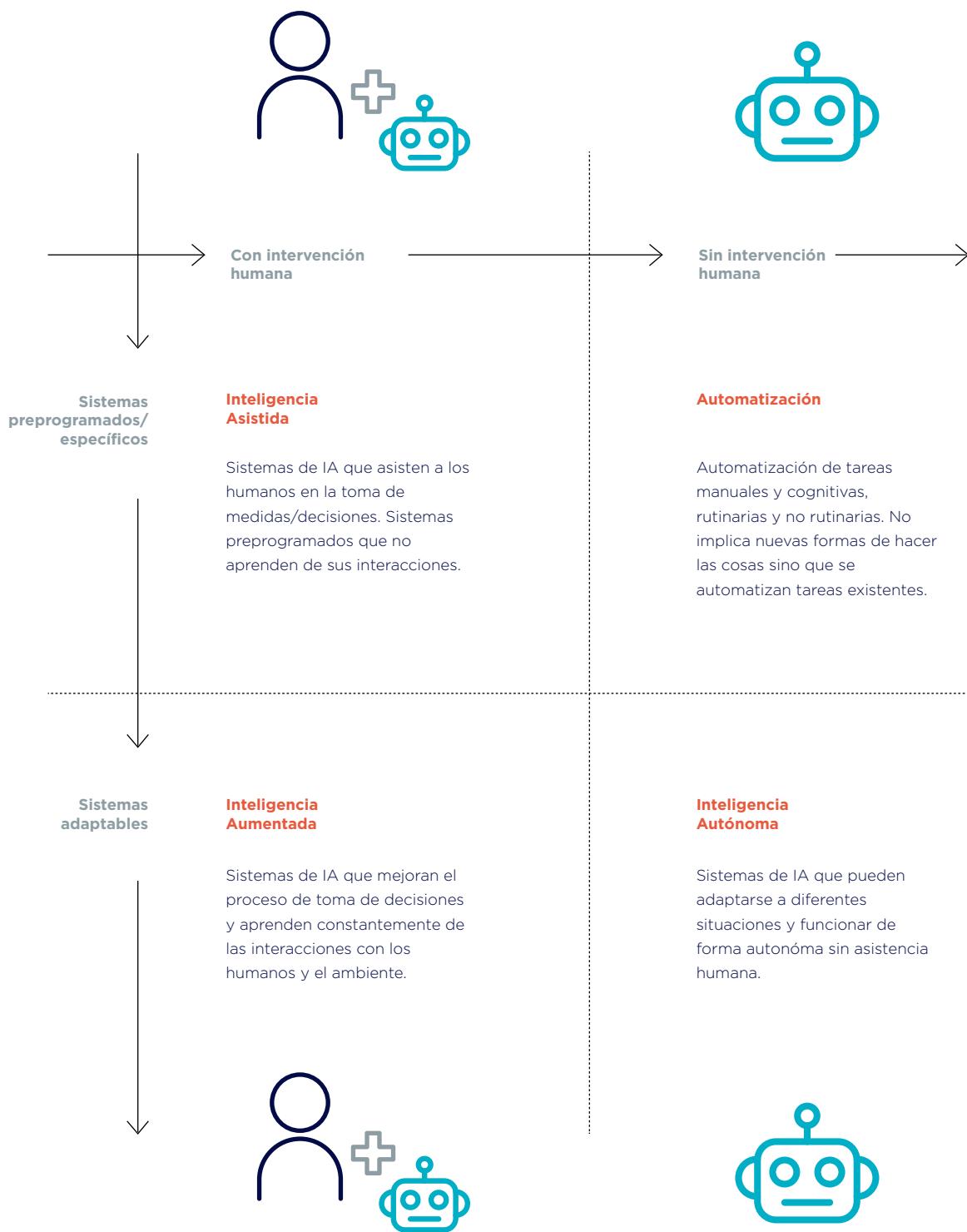
La inteligencia artificial es un término que engloba aquellos sistemas informáticos capaces de detectar su entorno, pensar, aprender y tomar decisiones en función de las entradas que reciben y sus objetivos. Algunas formas de IA que encontramos integradas en nuestra vida diaria incluyen los asistentes virtuales, como el famoso *Siri* de Apple o *Alexa* de Amazon.

La IA trabaja en cuatro campos:

- Inteligencia automatizada (*Automated Intelligence*): orientada a la automatización de tareas manuales o cognitivas, y rutinarias o no rutinarias.
- Inteligencia asistida (*Assisted Intelligence*): dirigida a ayudar a las personas a desarrollar las tareas de forma más ágil y eficiente.
- Inteligencia aumentada (*Augmented Intelligence*): tiene como objetivo ayudar a que las personas tomen mejores decisiones.
- Inteligencia autónoma (*Autonomous Intelligence*): se centra en automatizar procesos de toma de decisiones sin intervención humana.

En el gráfico 1 se puede observar la clasificación en función del grado de intervención humana y el tipo de sistemas.

## GRÁFICO 1. CAMPOS DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL



Fuente: Sizing The Prize (PwC) (<https://www.pwc.com/gx/en/issues/analytics/assets/pwc-ai-analysis-sizing-the-prize-report.pdf>).

De esta forma, la IA permite que las máquinas aprendan de la experiencia, se ajusten a nuevos contextos y actúen de forma similar a como lo haría un humano. Para ello, dos factores son clave:

- Una **capacidad de procesamiento ilimitada**, que permite llevar a cabo todos los procesos necesarios en el menor tiempo posible.
- El **crecimiento de los macrodatos**, que resulta imprescindible para poder alimentar y perfeccionar los sistemas de IA. Con más datos y de mayor calidad, se podrán conseguir mejores sistemas.

Muchos de los ejemplos de IA que conocemos actualmente, desde juegos de ordenador como el ajedrez hasta automóviles capaces de circular sin conductor, se basan principalmente en:

- Aprendizaje automático a gran escala (*Large-scale Machine Learning*): incluye el diseño de algoritmos de aprendizaje y el escalado de algoritmos ya existentes para trabajar con conjuntos de datos de gran tamaño.
- Aprendizaje profundo (*Deep Learning*): se trata del uso de redes neuronales (que imitan la capacidad de autoaprendizaje del cerebro humano) para mejorar por ejemplo el reconocimiento de voz o la visión por ordenador.
- Procesamiento del lenguaje natural (*NLP*): se ocupa de investigar la forma

de procesar el lenguaje humano y convertirlo en representaciones comprensibles.

- Sistemas colaborativos (*Collaborative Systems*): engloban modelos y algoritmos que ayudan a desarrollar sistemas autónomos que puedan trabajar de forma colaborativa con otros sistemas o con personas.
- Visión por computador (*Computer Vision*): corresponde al proceso de extracción de información importante de una imagen o de un conjunto de imágenes para poder realizar clasificaciones y análisis avanzados.
- Teoría algorítmica de juegos (*Algorithmic Game Theory*) y elección social computacional (*Computational Social Choice*): comprenden sistemas que tratan las dimensiones de computación social y económica de la IA, investigando por ejemplo cómo los sistemas pueden gestionar incentivos potencialmente desalineados, teniendo en cuenta los intereses de las propias personas o empresas participantes y los agentes automatizados basados en IA que los representan.
- Automatización de procesos robóticos (*Soft Robotics*): se centra en la automatización de tareas repetitivas y procesos cotidianos, como la atención al cliente, sin la necesidad de transformar los mapas de sistemas de tecnología de la información (TI) vigentes.

Gracias a todas estas líneas de investigación, la IA podrá aplicarse en una multiplicidad de tareas en todos los sectores de producción.

## SISTEMAS INTELIGENTES EN LA ACTUALIDAD

A la espera de futuros avances en el campo de la IA, ya son muchos los beneficios que los sistemas inteligentes actuales están aportando. Algunos ejemplos, en diferentes campos, son:

- Sistemas de reconocimiento de imagen que se utilizan para identificar posibles anomalías en las radiografías, con una eficacia demostrada entre un 62% y 97% superior a la de un panel de radiólogos.
- Asistentes virtuales capaces de atender llamadas, interactuar con el cliente y gestionar peticiones, facilitando a las empresas un mejor conocimiento de sus clientes y el desarrollo de nuevas estrategias de marketing y comunicación.
- Aplicaciones inteligentes capaces de mejorar la eficiencia en procesos de logística y transporte.
- Robots que, en cadenas de producción alimentaria, seleccionan los mejores elementos con mayor precisión que si lo hiciera una persona, disminuyendo la tasa de desperdicio de forma muy notable.
- Asistentes virtuales capaces de hacer la compra desde casa, organizar la agenda o enviar un correo electrónico utilizando únicamente comandos por voz.

Como puede observarse, son muchas las ventajas que las aplicaciones con IA pueden aportar a los ámbitos educativo, sanitario, comercial o de transporte. Los futuros sistemas inteligentes supondrán múltiples beneficios para millones de personas, mejorando el nivel de vida gracias a la reducción de riesgos sanitarios, alimentarios o de transporte. Ello conllevará un cambio global en la forma de trabajar y una revolución económica sin precedentes.

# Impacto económico de la inteligencia artificial



## SITUACIÓN ECONÓMICA ACTUAL

En los últimos 30 años, las tasas de crecimiento del producto interno bruto (PIB) están descendiendo en muchos países. Los principales indicadores de eficiencia económica permiten observar una clara tendencia a la baja, a la vez que los niveles de mano de obra en el mundo desarrolla-

do se mantienen casi paralizados o incluso descienden en ciertos países. Desde el año 1980, el crecimiento del PIB se ha frenado en muchas economías desarrolladas. Además, el impacto de la pandemia mundial causada por la COVID-19 está provocando notables caídas en las previsiones económicas de crecimiento de los países más afectados (gráfico 2).

GRÁFICO 2. CRECIMIENTO REAL DEL PIB (PORCENTAJE, MEDIA ANUAL EN EL PERÍODO)



Fuente: *Oxford Economics*.

Nota: Los datos correspondientes a las líneas de puntos indican la media de los seis países.

La productividad total de los factores (PTF) es un indicador que permite conocer la eficacia con la que una economía hace uso de su capital y su fuerza laboral. Los

datos indican un descenso de la PTF, fundamentalmente en los últimos 10 años (gráfico 3).

**GRÁFICO 3. CRECIMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD TOTAL DE LOS FACTORES (PORCENTAJE)**

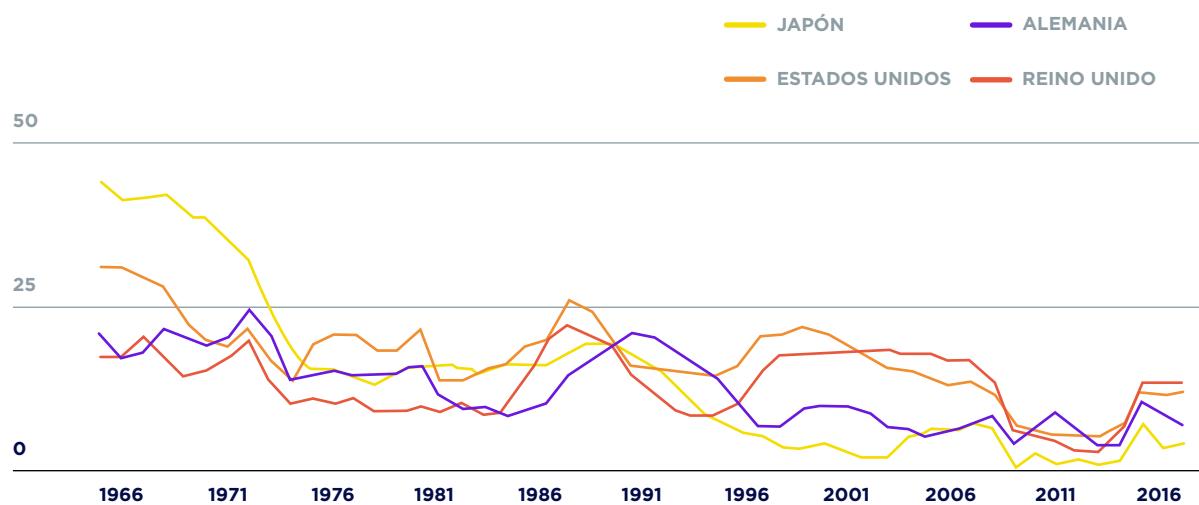


Fuente: The Conference Board, Total Economic Database.

Por su parte, la tasa marginal de eficiencia del capital, un indicador de la productividad de capital (como máquinas o edifi-

cios), ha disminuido constantemente en los últimos 50 años (gráfico 4).

**GRÁFICO 4. EFICIENCIA MARGINAL DEL CAPITAL (PORCENTAJE, MEDIA MÓVIL A SEIS AÑOS)**

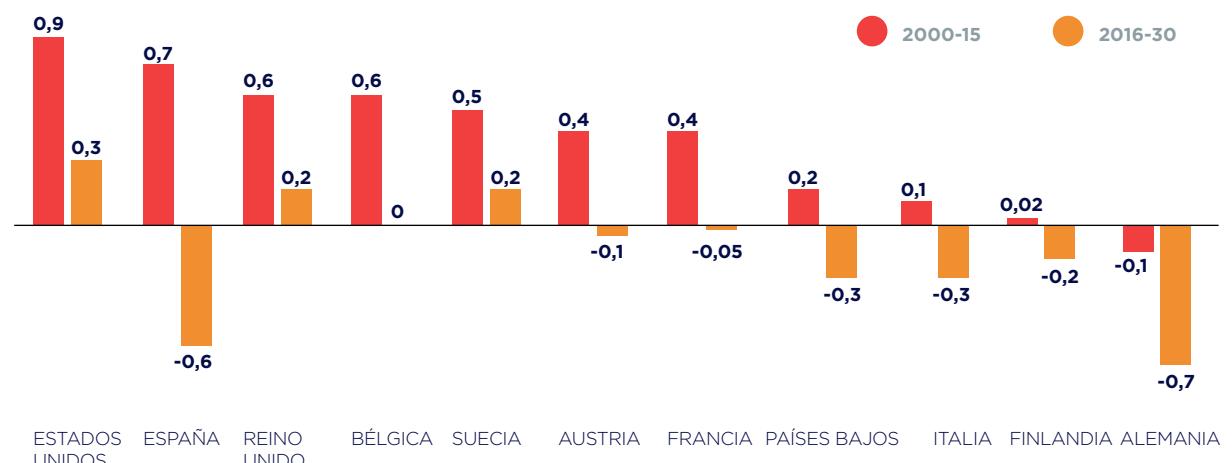


Fuente: Comisión Europea, Base de datos macroeconómica anual.

Otro factor que debe considerarse es la situación demográfica. A medida que la población envejece y se reducen las tasas de

natalidad, disminuye más la población en edad de trabajar y puede resultar más complicado encontrar mano de obra (gráfico 5).

**GRÁFICO 5. POBLACIÓN EN EDAD DE TRABAJAR (PORCENTAJE, CRECIMIENTO MEDIO ANUAL EN EL PERÍODO)**



Fuente: Oxford Economics.

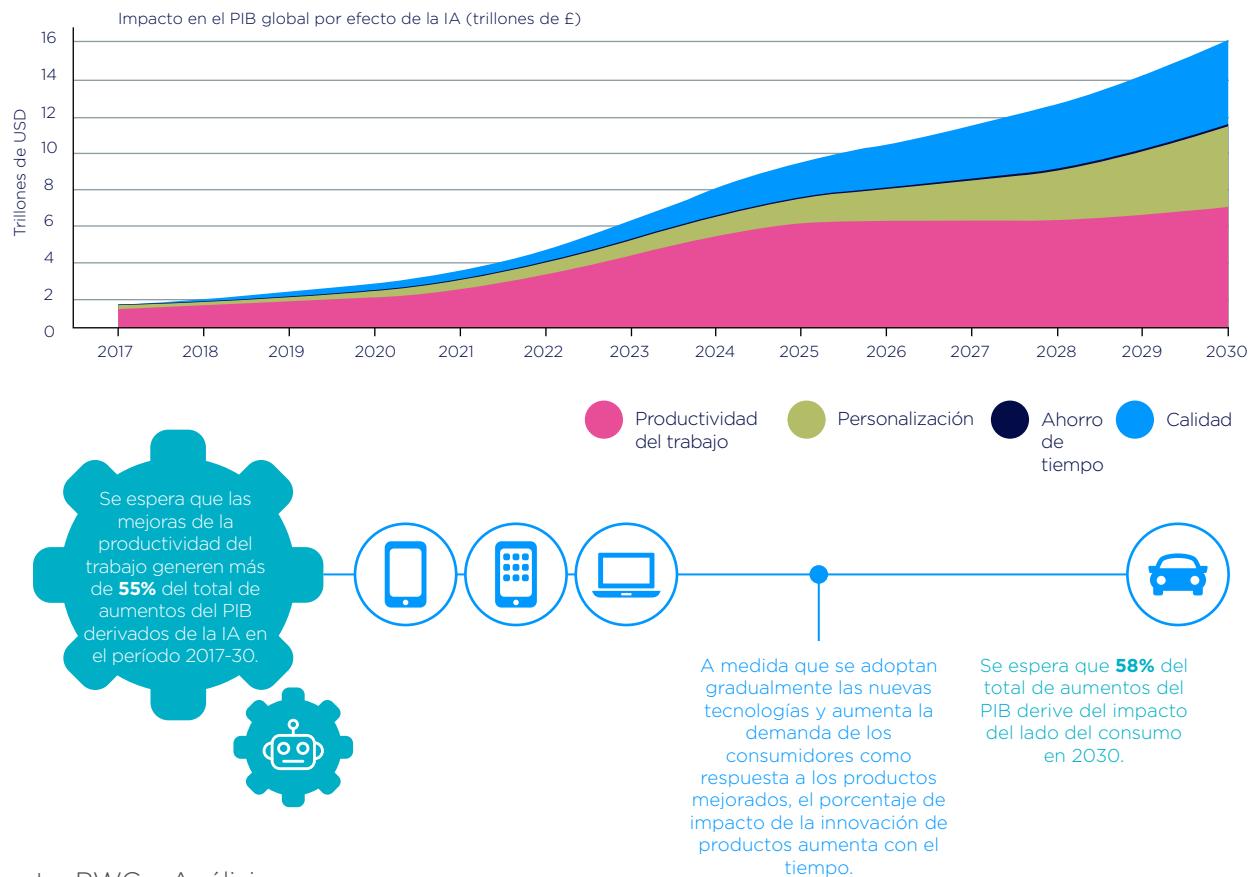
Tradicionalmente, el crecimiento económico ha sido impulsado por los factores de producción considerados: el capital y el trabajo. El crecimiento se produce cuando aumentan el capital o el trabajo, o cuando se emplean más eficientemente. El crecimiento resultado de las innovaciones y los cambios tecnológicos se puede medir con la PTF. Hasta el momento, se ha considerado que las nuevas tecnologías son un motor de crecimiento por su capacidad de aumentar la PTF. Esta premisa ha sido válida para los avances tecnológicos del último siglo, pero podría dejar de serlo en el caso de la IA: los cambios en la fuerza laboral podrían alcanzar una dimensión de transformación sin precedentes.

## LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL: UNA REVOLUCIÓN ECONÓMICA

Según el análisis conducido por PWC, el PIB mundial podría crecer hasta un 14% en 2030 como resultado de una aceleración del desarrollo y la adopción de la IA. Ello significa llegar a generar USD 16,5 trillones (gráfico 6), cifra que evidencia la magnitud de su impacto económico, que estaría principalmente impulsado por:

- Un aumento de la productividad, como consecuencia de la adopción por parte de las empresas de sistemas de inteligencia automatizada, tales como robots o vehículos autónomos, y de sistemas de inteligencia asistida e inteligencia aumentada para ayudar a los empleados.
- Un incremento del consumo, resultado de la aparición en el mercado de nuevos productos y servicios perfeccionados y personalizados, y por tanto más atractivos y de mayor valor.

## GRÁFICO 6. ¿DE DÓNDE PROCEDERÁN LAS GANANCIAS DE VALOR CON LA IA?

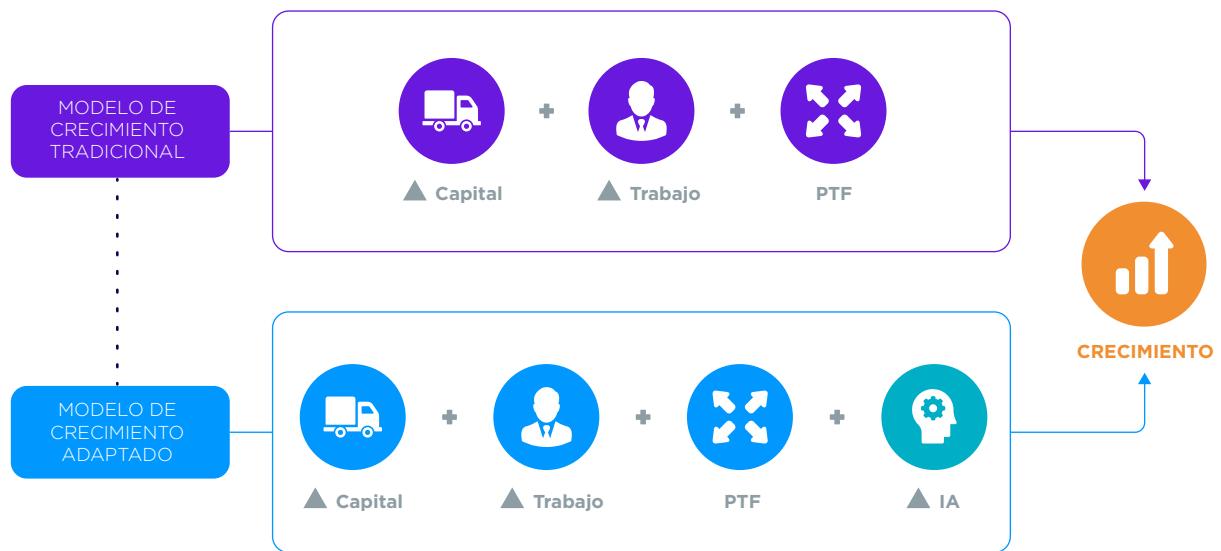


Fuente: PWC – Análisis.

Con estas previsiones puede deducirse que la IA no es solamente un motor de crecimiento con potencial para aumentar la PTF, sino que se la puede considerar como un híbrido entre capital y trabajo. Permitirá realizar tareas laborales a mucha mayor velocidad y escala, e incluso posibilitará la realización de tareas que son imposibles de llevar a cabo por personas, con los beneficios económicos que ello conlleva para las empresas. Por otra parte, la IA también puede adoptar la forma de

capital físico, como robots o máquinas con notable nivel de inteligencia. A su vez, contrariamente a lo que sucede con el capital convencional (como inmuebles o máquinas tradicionales) puede incrementar su valor en el tiempo, gracias a su capacidad de autoaprendizaje y mejora. Así pues, podría considerarse que la IA es un nuevo factor de producción, y no solo un impulsor de la productividad (gráfico 7).

## GRÁFICO 7. MODELO DE CRECIMIENTO DE LA IA COMO NUEVO FACTOR DE PRODUCCIÓN



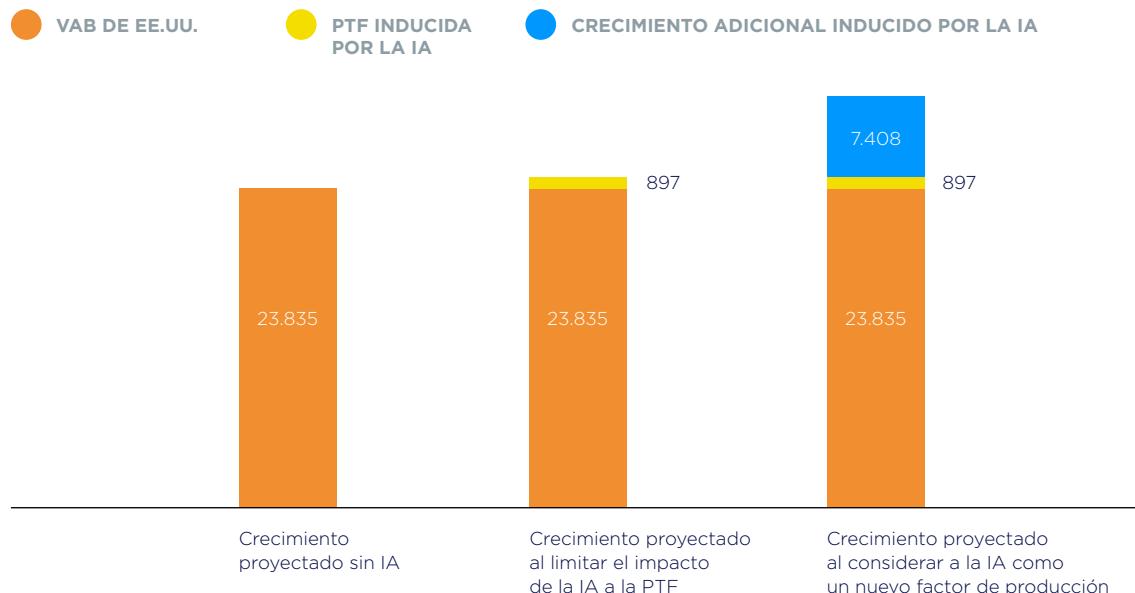
Fuente: Análisis de Accenture.

Nota: ▲ indica el cambio en ese factor. PTF = Productividad total de los factores.

El verdadero potencial de la IA está en la capacidad que posee para complementar y enriquecer los factores de producción tradicionales, dando lugar a un replanteamiento de las relaciones económicas básicas y de la forma en la que se genera valor. Se trata de un nuevo factor de producción que tiene la capacidad de transformar las bases de crecimiento en todos los países del mundo.

Accenture y Frontier Economics han elaborado una previsión del impacto en el crecimiento del PIB de Estados Unidos en los siguientes tres casos: i) suponiendo que la IA no tiene ningún efecto; ii) considerando a la IA como impulsor de la PTF, donde el impacto en el crecimiento es limitado, y iii) tomando a la IA como un nuevo factor de producción, donde las perspectivas de crecimiento aumentan de forma notable (gráfico 8).

**GRÁFICO 8. TRES MODELOS DE CRECIMIENTO PARA LA ECONOMÍA DE ESTADOS UNIDOS,  
VAB DE EE.UU. EN 2035 (MILES DE MILLONES DE USD)**



Fuente: Accenture y Frontier Economics.

Nota: VAB = valor añadido bruto.

Al considerar a la IA como un nuevo factor de producción, también se analizó el impacto potencial en las 12 economías desarrolladas que, conjuntamente, generan más del 50% de la producción económica mundial. A tal fin, se efectuó una comparación de dos casos para estimar el potencial económico de la IA en cada país: el primer caso, tomado como referencia, refleja la previsión de crecimiento económico con los supuestos actuales sobre el futuro, mientras que el segundo considera el papel de la IA. (Para que se aprecie el impacto de la tecnología se ha escogido el año 2035 como base para la comparación.)

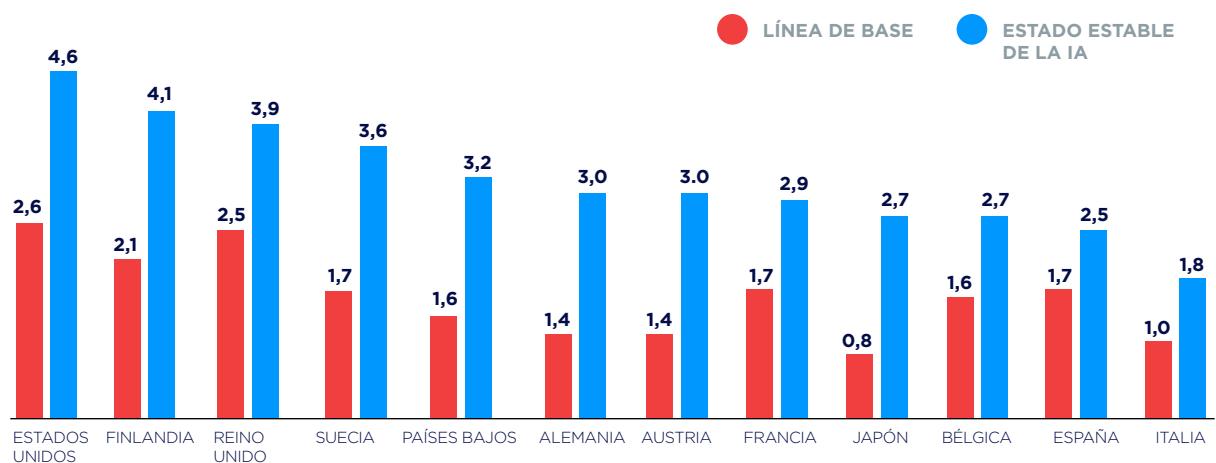
Los resultados indican nuevas oportunidades de generación de valor y denotan que la IA tiene el potencial de duplicar los índices de crecimiento de dichos países, modificando el lento crecimiento de los últimos años. Como se describe a continuación, las previsiones revelan, por un lado, un aumento del crecimiento a nivel nacional y, por otro, una reducción drástica de los años necesarios para que los países dupliquen el tamaño de sus economías.

## Aumento del crecimiento a nivel nacional

Según el estudio, la IA podría duplicar las tasas de crecimiento anual en términos de valor añadido bruto en los países analizados. Estados Unidos registraría la mayor tasa de crecimiento en términos absolutos: 4,6% en 2035. Japón triplicaría el cre-

cimiento de su valor añadido bruto, mientras que Alemania, Austria, Holanda y Suecia podrían duplicar sus tasas de crecimiento. Los demás países analizados, aunque con administraciones con niveles de madurez tecnológica e inversión mucho menores, también podrían elevar su tasa de crecimiento (gráfico 9).

**GRÁFICO 9. IMPACTO ECONÓMICO DE LA IA EN TÉRMINOS DE VALOR AÑADIDO BRUTO (VAB) REAL (PORCENTAJE DE CRECIMIENTO)**

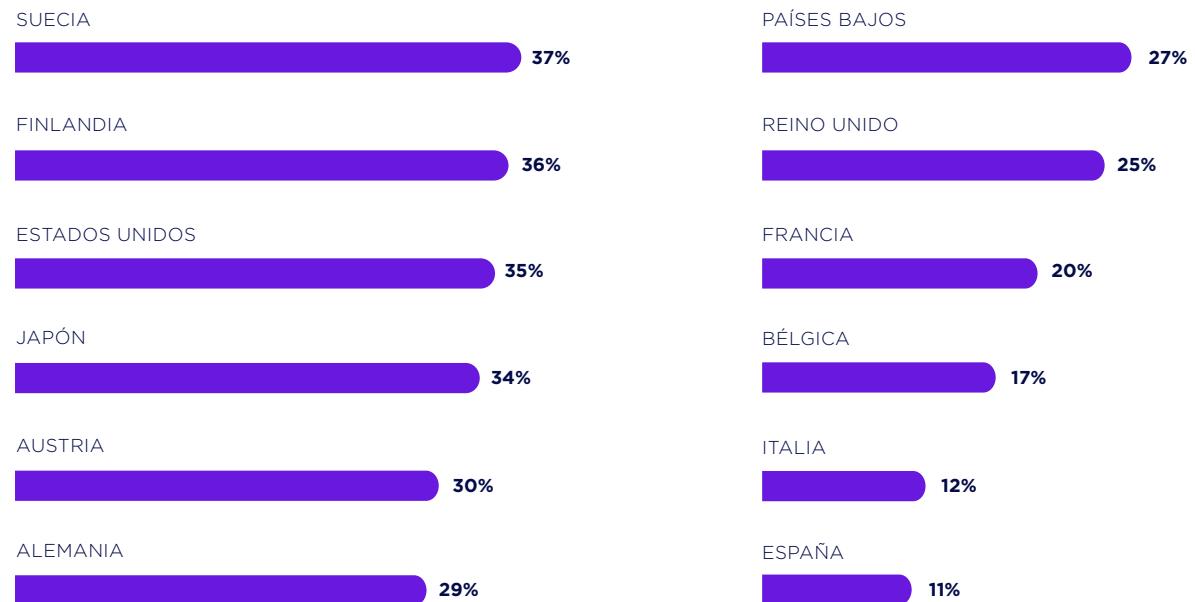


Fuente: Accenture y Frontier Economics.

Como puede observarse en el gráfico 10, la productividad de las empresas en las eco-

nomías desarrolladas se ve impulsada considerablemente con la adopción de la IA.

**GRÁFICO 10. AUMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD LABORAL EN UN MUNDO CON IA (DIFERENCIA PORCENTUAL ENTRE EL CASO DE REFERENCIA Y EL CASO CON IA EN 2035)**



Fuente: Accenture y Frontier Economics.

## **Reducción drástica de los años necesarios para que los países dupliquen el tamaño de sus economías**

La capacidad de cada país para implantar las innovaciones tecnológicas en toda su infraestructura económica influirá de forma notable en el resultado. De todas formas, se intuye que la IA tiene la capacidad de trascender diferencias entre regiones y estructuras, mejorando la productividad laboral de forma rápida y, por tanto, permitiendo un crecimiento acelerado de la economía del país en su totalidad. La IA se presenta, pues, como un elemento catalizador de las economías, abriendo paso a un nuevo período de crecimiento sólido y duradero.

## **VÍAS DE CRECIMIENTO BASADAS EN LA IA**

Como nuevo factor de producción, la IA abre nuevas vías de crecimiento: i) la automatización inteligente; ii) el enriquecimiento del capital y del trabajo, y iii) la difusión de innovaciones.

### **Automatización inteligente**

La automatización inteligente puede crear mano de obra virtual de tres formas diferentes:

- Mediante la automatización de tareas complejas del mundo físico que requieren agilidad y adaptabilidad: un ejemplo son los robots de Fetch Robotics, que son capaces de encontrar artículos en un almacén y están equipados con láseres y sensores de profundidad de movimiento que les permiten moverse por espacios estrechos y evitar obstáculos en movimiento.
- Mediante la resolución de problemas relacionados con distintas industrias y tipos de trabajo: IPsoft ha desarrollado una plataforma, llamada Amelia, con capacidad de procesamiento de lenguajes naturales que ayuda a ingenieros de mantenimiento de forma remota. Tiene la capacidad de leer todos los manuales, diagnosticar un problema y proponer la solución más adecuada.
- Mediante el autoaprendizaje que se logra con la reproductibilidad a escala: como en el ejemplo del punto anterior, Amelia tiene la capacidad de detectar carencias en sus propios conocimientos y tomar las medidas necesarias para cubrirlas de la misma forma que lo haría un empleado. Si recibe una pregunta para la que no encuentra respuesta, la traslada a una persona y analiza cómo resolver la cuestión.

## **Enriquecimiento del capital y del trabajo**

El crecimiento económico derivado de la IA tiene que ver con la sustitución del capital y el trabajo existentes, pero también con el hecho de que estos puedan utilizarse con mayor eficacia. La IA permitirá:

- Que las personas se concentren en los campos de su trabajo que generen más valor. Por ejemplo, Savioke ha desarrollado un robot autónomo que permite realizar los encargos rutinarios de las habitaciones de los hoteles, permitiendo que el personal ahorre mucho tiempo y pueda concentrarse en atender otras demandas más personalizadas de los clientes.
- Que se complementen las capacidades humanas y se ofrezcan a los trabajadores nuevas herramientas mediante las cuales podrán aumentar su inteligencia natural. Praedicat ha diseñado, mediante tecnologías de aprendizaje automático y el procesamiento de macrodatos, una plataforma con capacidad para leer millones de artículos científicos y detectar riesgos de importancia, ayudando así a las aseguradoras a tasar los riesgos con mayor precisión y crear nuevos productos.
- Que aumente la eficiencia del capital, reduciendo, por ejemplo, el tiempo de inactividad en una fábrica. Fanuc, en

colaboración con Cisco, ha creado el sistema FIELD, una plataforma analítica con aprendizaje automático avanzado que captura y analiza datos de distintas partes del sistema de producción a fin de mejorarlo.

## **Difusión de innovaciones**

La IA va a permitir impulsar la innovación a medida que vaya penetrando en la economía. Consideremos como ejemplo el caso de los vehículos autónomos; es decir, sin conductor. En su diseño y desarrollo intervienen empresas pioneras en tecnología, pero también empresas del sector automotriz tradicional, interesadas en conseguir nuevas alianzas para no quedarse atrás.

Además, los operadores móviles podrían notar un aumento en la demanda de sus servicios, debido al tiempo libre del que dispondrían las personas (que antes conducían) durante sus viajes. Ello podría también dar lugar a nuevos espacios de publicidad para los proveedores de servicios. Por su parte, las aseguradoras contarían con nuevas fuentes de ingresos gracias a los datos generados por los vehículos sin conductor y su posibilidad de combinarlos con datos de móviles y sistemas de transporte público, pudiendo crear nuevas pólizas de movilidad.

En el otro frente, las autoridades podrían cambiar su forma de recaudar fondos, ya que los impuestos tradicionales podrían sustituirse por peajes de pago por uso con precios en constante actualización según el tránsito, lo que contribuye a reducir los atascos.

El uso generalizado de este tipo de transporte comportaría beneficios sociales importantes en materia de salud pública. Habría menos accidentes y menos muertos en carretera y aumentaría la independencia de las personas con discapacidad, permitiéndoles acceder a empleos lejos de su domicilio.

Este ejemplo ilustra claramente cómo la innovación genera más innovación: el impacto potencial de los vehículos sin conductor en la economía puede redundar no solo en beneficios para la industria automotriz sino para muchos otros sectores.

# Adopción de la inteligencia artificial



## FACTORES INFLUYENTES

Según IDC, 1 de cada 4 empresas en el mundo ha desarrollado alguna estrategia de inteligencia artificial (IA) para toda la organización: la mitad de ellas considera a la IA una prioridad y dos tercios apuesta por la cultura “lo primero es la IA” (“AI First”). Por otra parte, más de un 60% ya ha experimentado cambios en sus modelos de negocio debido a la adopción de IA.

Un informe de Capgemini (2020)<sup>2</sup> sobre el ritmo de adopción de la inteligencia artificial (IA) en las empresas revela que el 53% ya ha superado la etapa experimental (un notable incremento comparado con el 36% que figura en Capgemini [2017])<sup>3</sup>. Además, el 78% de los líderes en IA a gran escala sigue progresando en sus iniciativas al mismo ritmo que antes de la COVID-19, mientras que otro 21% ha acelerado la implementación. Entre las empresas con dificultades, 43% ha retirado sus inversiones y otro 16% ha suspendido todas las iniciativas de IA debido a la incertidumbre empresarial derivada de la COVID-19. A continuación, se enumeran los principales factores que influyen en la adopción de la IA.

### Infraestructura

Al igual que ha sucedido con otras etapas de transformación digital, la infraestructura tecnológica disponible puede suponer una limitación para la adopción de la IA. La IA necesita infraestructuras capaces de soportar altas cargas de almacenamiento, que permitan recoger los datos de procesamiento necesarios para que los sistemas inteligentes puedan desarrollar sus funciones.

Según Futurum Research,<sup>4</sup> en 2019 solamente un 15% de las empresas contaba con la infraestructura tecnológica adecuada para implementar con éxito alguna forma de IA. Las demás no disponían de sistemas con suficiente capacidad para procesar los datos con la rapidez necesaria para su óptimo funcionamiento.

### Gestión de la información

La mayoría de las organizaciones (ya sean privadas o públicas) disponen de numerosos repositorios de información. Uno de los retos principales a la hora de adoptar sistemas de IA es tener la capacidad de unificar todos esos datos en una única plataforma que pueda alimentar a la IA. Caso contrario, se perdería el valor que aporta

2 [https://www.capgemini.com/wp-content/uploads/2020/07/State-of-AI\\_Report\\_Web.pdf](https://www.capgemini.com/wp-content/uploads/2020/07/State-of-AI_Report_Web.pdf).

3 <https://www.capgemini.com/es-es/wp-content/uploads/sites/16/2018/01/turning-ai-into-concrete-value-14.pdf>.

4 <https://futurumresearch.com>.

esa información y, por tanto, su adopción carecería de sentido.

## Calidad de los datos

Los datos son el combustible de la IA. Las soluciones de IA entrenadas con datos incompletos, tergiversados o sesgados tomarán decisiones que las personas calificarían como incorrectas. Es esencial que los gobiernos y las organizaciones inviertan en sanear sus datos con el propósito de obtener la calidad necesaria que permita alimentar y mejorar los sistemas inteligentes adoptados.

También resulta fundamental garantizar que los datos se actualicen continuamente y que los modelos recapaciten en función de los cambios que se produzcan en los productos, servicios o mercados. Ello garantiza que los modelos entrenados continúen tomando las decisiones más acertadas según las circunstancias del momento, de la misma forma en que las personas aprenden constantemente y modifican su punto de vista en virtud de las experiencias vividas.

## Seguridad

Las empresas muestran preocupación con relación a la protección de los datos de los clientes y a sus propios sistemas informáticos cuando implementan sistemas de IA. En una encuesta realizada en 2019 por HFS Research, casi el 50% de los ejecutivos señalaba que su preocupación por la seguridad representaba un gran obstáculo a la hora de introducir sistemas inteligentes dentro de sus departamentos de Tecnología de la Información (TI). Sin embargo, también es cierto que la IA puede incrementar los parámetros de seguridad, conforme avance su desarrollo e implementación.

## Ética

La adopción de aplicaciones capaces de tomar decisiones por sí mismas sigue planteando numerosas dudas a nivel ético, por ejemplo: ¿quién será el verdadero responsable de los razonamientos y las decisiones (acertadas o no) de los dispositivos inteligentes? o ¿cuibriría una aseguradora los daños causados a una víctima atropellada por un automóvil autónomo?

Aunque sí existen principios ampliamente aceptados que guían la ética en la IA, resulta complicado evaluar con detenimiento la moralidad de cada aplicación de IA. Las Administraciones Públicas deben anticipar y prevenir futuros daños potenciales, creando una cultura de innovación responsable para desarrollar e implementar sistemas de IA éticos, justos y seguros. A su vez, es clave la aplicación de los princi-

pios éticos de la IA al diseño y la implementación de sistemas algorítmicos o inteligentes y a proyectos de IA en el sector público. Los gobiernos deben asegurar la existencia de los marcos regulatorios necesarios (como se verá en el siguiente punto) que faciliten el desarrollo de sistemas inteligentes éticos y de directrices que comprueben su cumplimiento.

Un informe del grupo de Estrategias de Experiencia del Usuario (UXS) en Strategy Analytics<sup>5</sup> —una investigación sobre las percepciones y experiencias de los consumidores de los dispositivos, sistemas y servicios de IA actuales— destaca que la transparencia en el uso de datos es clave. Por ejemplo, muchas personas se preocupan por no conocer a quien puede estar escuchando sus conversaciones a través del altavoz inteligente. Para solucionarlo, las compañías han lanzado nuevos modelos con interruptores físicos integrados que permiten silenciar el micrófono.

Las grandes empresas tecnológicas han reconocido la necesidad de mejorar las medidas de seguridad y están estableciendo comités de ética externos con el fin de demostrar su compromiso con los usuarios y que estos se sientan más seguros utilizando los productos de IA.

## Marco regulatorio

Como suele suceder con las tecnologías emergentes, el avance tecnológico de la IA va por delante del avance en materia legislativa. La ausencia de marcos normativos claros que regulen los diferentes aspectos relacionados con la IA (entre ellos, el derecho sobre los datos) supone un obstáculo para su adopción. Por ejemplo, muchas empresas que se plantean adoptar algún sistema de IA temen potenciales ataques de ciberseguridad que los enfrenta a posibles demandas legales por no proteger los datos de sus clientes de forma adecuada. Otros casos mencionados (el automóvil autónomo que atropella a una persona o el asistente que obtiene datos de la intimidad de su entorno, entre otros) también deberían poder encontrar en la legislación una respuesta al dilema de la responsabilidad.

Los gobiernos deberán facilitar el desarrollo de la IA y el progreso económico teniendo en cuenta que los ciudadanos y las empresas esperan que la ley proteja sus derechos, también en relación con el uso de sistemas inteligentes. Será necesario crear sinergias entre política y regulación a fin de anticipar posibles implicaciones desconocidas de la tecnología, que puedan conducir a una regulación excesiva o insuficiente.

---

<sup>5</sup> <https://www.strategyanalytics.com>.

## Gobernanza

Una forma que puede comportar claros beneficios en la gobernanza de la IA es utilizar medidas de gobernanza ágiles, tales como: i) elaboración y uso de estándares; ii) esquemas de incentivos privados; iii) certificación; iv) supervisión por parte de organismos profesionales; v) acuerdos industriales; vi) normas sociales que conlleven límites o avales, y vii) políticas que las organizaciones puedan aplicar voluntariamente o por contrato en sus relaciones con competidores, proveedores, clientes o socios. Como tal, el trabajo de la “Iniciativa Global sobre Consideraciones Éticas en Inteligencia Artificial”<sup>6</sup> así como los sistemas autónomos (AS) son de gran importancia como parte de las iniciativas de gobernanza ágil.

Estas pautas permitirán a los gobiernos desplegar y diseñar de manera responsable la tecnología de IA en beneficio de los ciudadanos, a la vez que el poder adquisitivo de los gobiernos puede impulsar la adopción de estos estándares por parte del sector privado. En forma paralela al debate existente en la industria sobre la creación de sus propios estándares de IA, la autoridad moral y la credibilidad de los gobiernos pueden ayudar a construir una base para estas discusiones. Estos métodos indirectos para

influir en la evolución de la IA constituyen una opción complementaria y más apacible a la regulación, que resulta particularmente necesaria en un campo donde las medidas de gobernanza tradicionales avanzan con demasiada lentitud frente a la velocidad de los cambios tecnológicos.

Asimismo, es crucial que los gobiernos sepan identificar los beneficios y el potencial de crecimiento de la IA y los transmitan y promuevan entre las empresas y los ciudadanos. Aunque sea el mercado quien, en última instancia, impulse el desarrollo y la adopción de aplicaciones de IA específicas, el papel de los gobiernos es esencial para asegurar que los beneficios de la IA lleguen a todos los miembros de la sociedad.

## Profesionales especializados

Una de las piezas clave para el desarrollo de la IA y su adopción en las organizaciones es la disponibilidad de profesionales cualificados. A medida que las empresas vayan adoptando los sistemas de IA, necesitarán integrar personal en su plantilla que cuente con los conocimientos necesarios para gestionar esta tecnología. Se trata de un punto especialmente delicado para las pyme, que disponen de presupuestos más pequeños y equipos de TI más reducidos.

---

**6 The IEEE Global Initiative on Ethics of Autonomous and Intelligent Systems (2019).**

Según IDC, alrededor de un 28% de las iniciativas de IA en empresas ha fracasado, principalmente debido a la escasez de personal cualificado y a la falta de entornos de desarrollo integrados, entre otros factores adversos.

Capgemini (2020) muestra que el 70% de las empresas califica la falta de talento entre los niveles medio y senior como un gran desafío para la escalabilidad de la IA. El 58% de los líderes en IA ha nombrado a un responsable que pueda aportar a los equipos de desarrollo una visión concreta, unificar el uso de plataformas y herramientas para el desarrollo de la IA y establecer directrices en torno a la priorización de casos de uso, ética y seguridad. En la actualidad, existe una brecha considerable entre la oferta y la demanda en disciplinas importantes como el aprendizaje automático (*machine learning*) o la visualización de datos; por lo tanto, la formación y la mejora de cualificaciones resultan críticas para zanjar esta distancia.

## Capital

La mayoría de las organizaciones interesadas en adoptar algún tipo de IA necesitan realizar una importante inversión de capital en nuevas plataformas de TI con suficiente capacidad de almacenamiento y velocidad de procesamiento. En el caso de

la IA, esta condición debería considerarse *sine qua non*, dado que las empresas pueden obtener grandes beneficios si los sistemas de IA que se adoptan son los adecuados y si la implantación y explotación se realizan correctamente. Cada organización debería tener en cuenta su presupuesto para explorar las formas de IA que podría adoptar para poder seguir siendo competitiva en el futuro.

## Visión en la dirección

Tanto los líderes de los países como los líderes de las organizaciones son, sin duda, una de las piezas clave para activar el desarrollo y la adopción de la IA. Como se verá más adelante, en el plano estatal hay mayor predisposición por parte de determinados gobiernos para apostar por la IA. Algunos de ellos ya han diseñado planes estratégicos en este campo. Otros, en cambio, siguen sin otorgar la suficiente importancia a la IA y aún no la ven como uno de los principales factores de crecimiento a futuro.

Cada vez son más los directivos de empresas que se muestran dispuestos a cambiar el modelo de toma de decisiones por uno basado en los datos; sin embargo, cuando se trata de delegar en estos sistemas la toma de decisiones que son clave para el negocio, aumentan las reticencias. Este hecho denota la falta de visión y confianza que

persiste entre los líderes de las compañías respecto de los sistemas inteligentes.

Para poder dar un paso adelante, la visión de los dirigentes resulta fundamental, así como una apuesta firme por esta tecnología, a fin de dotar a los países y a las organizaciones de los recursos necesarios en todos los niveles (formativos, económicos, humanos, tecnológicos, etc.).

### **Contexto social, económico y político**

Estos tres aspectos desempeñan un papel clave en la adopción de la IA. En sociedades más equitativas, económicamente potentes y políticamente estables, la IA encontrará el marco ideal para su adopción y desarrollo. En cambio, los países con inestabilidad política, que estén pasando por una crisis económica o sufran más las desigualdades sociales, deberán ser más cautelosos respecto de la adopción de la IA y, con anterioridad a cualquier acción, realizar una revisión de todos los elementos que podrían influir o complicar o agravar la situación.

## **POTENCIALES RIESGOS**

Existen también posibles riesgos asociados a la adopción de sistemas de IA. Algunos son compartidos por más tecnologías, pero se identifican otros que son específicos de la IA:

- **Destrucción de puestos de trabajo:** algunos estudios estiman que entre 21% y 38% del empleo en los países desarrollados podría desaparecer a causa de la digitalización y la automatización de la economía. Al mismo tiempo, la tecnología de la IA está propiciando la aparición de otras formas de empleo y competencias profesionales.
- **Situaciones éticamente problemáticas:** estas pueden darse tanto en la conveniencia de ciertos cambios (relacionados en especial con el punto anterior) como en la falta de marcos normativos respecto a los sistemas inteligentes, lo que puede dar lugar a lagunas de responsabilidad (por ejemplo, en el caso de accidente de un automóvil autónomo).
- **Explicabilidad (explicability):** este punto está estrechamente relacionado con el punto anterior, y se refiere a la falta de una clara explicación de por qué un sistema inteligente ha tomado una determinada decisión, lo que puede dificultar la asignación de daños, perjuicios y responsabilidades. De este punto deriva el riesgo de que dispositivos con IA acaben tomando decisiones inexplicables o impredecibles para una persona.
- **Manipulación, seguridad y vulnerabilidad:** la IA comprende elementos de software y hardware susceptibles de un funcionamiento erróneo. Además, como las aplicaciones de IA actúan me-

diente algoritmos basados en modelos estadísticos e ingentes cantidades de datos, en función de los datos introducidos, las decisiones resultantes pueden incluir sesgos, lo que abre la puerta a posibles manipulaciones intencionadas, con conclusiones injustas o parciales.

- **Privacidad:** existe una evidente preocupación por parte de los ciudadanos en cuanto al uso y la gestión que puedan hacer los gobiernos y las empresas de la inmensa cantidad de datos que poseen sobre ellos con el propósito de alimentar los sistemas de IA.
- **Transformación de las relaciones humanas:** el uso excesivo de pantallas, dispositivos móviles y redes sociales puede perjudicar las habilidades cognitivas, la estabilidad emocional y la salud física de las personas. Un gran aumento de dispositivos inteligentes en los que se delegan nuestras interacciones y procesos sociales —tales como la comunicación, la toma de decisiones o la planificación— podría derivar en una pérdida importante de habilidades personales.
- **Aumento de la desigualdad:** es posible que los países que se queden atrás en la adopción de la IA noten cómo se amplía la desigualdad con respecto a los países que la implementan.
- **Erosión de la sociedad civil:** la introducción de sistemas inteligentes en los medios de comunicación puede distor-

sionar la opinión pública y reducir la pluralidad de puntos de vista.

A su vez, el enorme potencial que posee esta tecnología exige prudencia ante los posibles riesgos que pueda desencadenar su uso.

## REGULACIÓN

La regulación nacional e internacional del uso de la IA es un tema complejo debido a la necesaria implicación y coordinación de enfoques de varias disciplinas y de intereses económicos, tanto de las grandes corporaciones, que persiguen regulaciones más laxas, como de los propios gobiernos, por el impacto generalizado que supone en todos los sectores económicos. Existen opiniones diferentes sobre el papel que deberían tener los gobiernos, el sector privado y las organizaciones internacionales en el desarrollo y la regulación de la IA. Aun así, es necesario que se elaboren marcos normativos específicos, ya que su ausencia provoca incertidumbre en las empresas, que invierten menos en IA de lo que deberían.

Cabe destacar que uno de los puntos más relevantes en relación con la necesaria regulación de la IA reside en la gestión de los datos. Los datos son la base para el desarrollo de la IA, puesto que son la entrada imprescindible para los sistemas inteligen-

tes. Es importante abordar cuestiones tales como qué datos pueden o no utilizarse, el consentimiento detrás de los datos cedidos o el poder —y posiblemente la posición en el mercado— que otorga a las grandes empresas la posesión de ingentes cantidades de datos.

Uno de los debates abiertos se refiere a si los datos que son propiedad de importantes empresas privadas deberían compartirse con los organismos públicos para posibilitar oportunidades más equitativas en la investigación y el desarrollo de sistemas inteligentes.

## MAPA 1. MAPAMUNDI CON INICIATIVAS DE REGULACIÓN DE LA IA



Fuente: Elaboración propia a partir de información pública de los países.

Por ejemplo, ante la preocupación de los consumidores por el equilibrio entre obtener servicios útiles y entregar información personal, en Europa, la General Data Protection Regulation (GDPR) toma en cuenta el derecho a la privacidad, la necesidad de transparencia, la información y el control por parte de los ciudadanos sobre qué información personal se va a utilizar y de qué forma, y la necesidad de que exista un consentimiento explícito para tal fin.

En el mapa 1 se pueden apreciar algunas de las iniciativas implementadas en el ámbito de la regulación de la IA en diferentes lugares del mundo.

La Unión Europea, por ejemplo, pretende ser un espacio en el que exista un equilibrio entre la salvaguarda de los derechos de los ciudadanos y la promoción del desarrollo tecnológico. Para ello, la Comisión Europea está trabajando en una nueva normativa sobre la IA que implicará la regulación de tres áreas interrelacionadas:

- **El desarrollo de la tecnología:** se parte de la idea de que la máquina no es inteligente (simplemente se entrena con datos históricos para ajustar los parámetros de los algoritmos de decisión) ni sabe por qué ha decidido lo que ha decidido. El problema radica en los datos masivos que se introducen para entrenarla y en el objetivo marcado.
- **Los principios y derechos fundamentales, la ética y la filosofía bajo la cual se desarrolla dicha tecnología:** debe efectuarse un análisis profundo de los principios mínimos de respeto a los derechos fundamentales de los individuos.
- **La cadena de responsabilidades:** es importante por su efecto e impacto en las terceras partes.

La Comisión plantea la necesidad de responder preguntas tales como:

- *¿Cómo garantizar que un desarrollo de IA cumple con los mínimos requisitos y exigencias de seguridad y protección de los individuos y sus derechos?*

- *¿Qué mecanismos de auditoría deberían existir para los algoritmos?*

Dado que resulta especialmente complejo conocer el funcionamiento de los desarrollos de IA, estas cuestiones son difíciles de abordar y estandarizar. En la programación de la IA pueden aparecer sesgos (y allí es donde la ética adquiere un papel crucial): del mismo modo que, en mayor o menor medida, cada persona tiene prejuicios, los programadores de las aplicaciones inteligentes también pueden tenerlos (aunque probablemente no se harán evidentes hasta que se acumulen varios errores en el sistema).

En cualquier sistema inteligente, ciertos científicos consideran como un derecho irrenunciable la necesidad de que tenga la capacidad de explicar los resultados. En esta línea, la Unión Europea tiene un proyecto muy ambicioso que introduce el concepto de explicabilidad (*explicability*), a fin de conocer cómo la máquina ha procesado los datos para llegar a una conclusión determinada. De esta manera, la transparencia en la toma de decisiones asegura el control y la exigencia de responsabilidades (*accountability*). Por otro lado, al reducir el nivel de opacidad del sistema, sería necesario posibilitar el certificado de los proyectos.

Al tratarse de una normativa comunitaria deberá tener en cuenta las estrategias nacionales en torno a la IA. Probablemente se llegue a crear una agencia europea encargada de supervisar el desarrollo de esta regulación, armonizando el marco técnico y jurídico de cada país miembro.

### **Regulación del empleo**

Existe cierta preocupación ante la posibilidad de que los sistemas inteligentes sustituyan en cierta medida a las personas que desarrollan tareas más automatizables o que aportan menor valor. Como se describe a continuación, esta amenaza se está abordando de diferentes maneras a nivel país.

### **Corea del Sur**

En cuanto a la adaptación del sistema laboral, Corea del Sur comparte la primera posición en esta categoría, junto con Alemania y Singapur. Estos tres países obtienen puntuaciones altas en casi todos los indicadores de política del mercado laboral, incluidos el apoyo gubernamental, los enfoques de formación profesional y el fomento de la readaptación laboral.

Dada la escasez de ingenieros de IA en el país, el Gobierno coreano ha planeado la

creación de seis nuevas escuelas de IA, a fin de formar a más de 5.000 ingenieros coreanos.

### **Emiratos Árabes Unidos**

Dispone de un Ministerio de IA, el cual está trabajando junto con otros ministerios para incluir la IA en el plan de estudios nacional. En enero de 2018, el Gobierno anunció su plan para formar a 500 hombres y mujeres en materia de IA.

### **Israel**

A principios de 2017, el Gobierno aprobó la implementación de un programa nacional con el objetivo de aumentar el número de profesionales cualificados para trabajar en la industria de alta tecnología. Ofrecen formación en IA varias universidades reconocidas, como la Open University of Israel, y varios centros privados.

### **Estados Unidos**

En septiembre de 2017 se firmó un Memorando Presidencial que prioriza la educación de alta calidad en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (CTIM<sup>7</sup>), con especial énfasis en la formación informática.

---

<sup>7</sup> En inglés, STEM (*Science, Technology, Engineering and Mathematics*).

## Regulación de aspectos éticos

Al abordar el tema de la IA, es común plantearse cuáles son los límites de un sistema inteligente. ¿Tendrán límite todas las máquinas inteligentes? ¿Dónde está el límite? Hay ciertos aspectos de la IA que pueden conllevar problemas éticos; por ejemplo, la discriminación en las decisiones debida a sesgos o la posibilidad de que un sistema inteligente cause daños a un ser humano. Por lo tanto, es fundamental contar con un marco regulatorio que contemple estas cuestiones, y así evitar, por ejemplo, dilemas en la asignación de responsabilidades.

Las estrategias para abordar estas preocupaciones incluyen el establecimiento de un marco de IA centrado en las personas, la incorporación de valores éticos en los algoritmos, la eliminación de los sesgos inconscientes en la evaluación de los datos y la garantía de transparencia en el proceso de decisión de los sistemas inteligentes.

En este aspecto cabe destacar dos iniciativas vinculadas a la ética:

- **La IEEE Global Initiative on Ethics of Autonomous and Intelligent Systems:** en su publicación *Ethically Aligned Design: A Vision for Prioritizing Human Well-being with Autonomous and Intel-*

*ligent Systems*,<sup>8</sup> analiza el resultado de los aportes de centenares de participantes de los seis continentes que representan a la academia, la industria, la sociedad civil, las políticas y el gobierno. El diseño tiene como objetivo avanzar en el debate público sobre la mejor manera de implementar cuestiones éticas y sociales relacionadas con los sistemas inteligentes, en línea con valores definidos y principios éticos que priorizan el bienestar humano ante un cierto contexto cultural.

- **La Asociación sobre Inteligencia Artificial:** se trata de un consorcio tecnológico en el que participan las empresas más grandes del sector, instituciones académicas y expertos, con el objetivo de estudiar y formular las mejores prácticas en tecnologías inteligentes, avanzar en la comprensión que tiene la sociedad respecto de la IA y servir como plataforma abierta para la discusión y el compromiso en torno a la IA y sus influencias en las personas y la sociedad.

<sup>8</sup> [https://standards.ieee.org/content/dam/ieee-standards/standards/web/documents/other/ead\\_v2.pdf](https://standards.ieee.org/content/dam/ieee-standards/standards/web/documents/other/ead_v2.pdf).

Como se describe a continuación, algunos países y regiones ya han comenzado a llevar a cabo acciones en materia de regulación sobre los aspectos éticos de la IA.

### **Corea del Sur**

Su “Plan de Reforma Reguladora” plantea preguntas sobre ética y confianza y preocupaciones sobre la posibilidad de un uso poco ético de la IA. El Gobierno ha establecido una carta de ética sobre la IA y un estudio de estándares y procedimientos para recopilar datos y crear algoritmos. El desarrollo conjunto de tecnologías de IA aplicadas a las armas militares llevó al presidente del Korea Advanced Institute of Science and Technology (KAIST) a afirmar que la universidad no tenía intención de participar en el desarrollo de sistemas letales de armas autónomas.

### **Arabia Saudita**

Sophia, un robot humanoide diseñado por la compañía Hanson Robotics, se convirtió en ciudadana de pleno derecho en octubre de 2017.

### **Japón**

El Comité de Ética de la Sociedad Japonesa de Inteligencia Artificial (JSAI) se estableció en el año 2014. Este organismo ana-

liza la relación entre la investigación y la tecnología de IA y la sociedad, y se esfuerza por comunicarla de manera efectiva a toda la población. En 2017, se aprobaron las “Directrices Éticas de la Sociedad Japonesa para la Inteligencia Artificial”.

### **Europa**

Como parte de la estrategia de tres frentes propuesta por la Comisión Europea (CE) (aumentar la inversión en IA en los sectores público y privado, prepararse para cambios socioeconómicos y garantizar un marco ético y legal adecuado), la CE presentó en diciembre de 2018 un borrador de las “Directrices de Ética de Inteligencia Artificial”. Elaborado por el Grupo de Expertos de Alto Nivel sobre Inteligencia Artificial de la Comisión Europea (AI HLEG), el documento incluye las directrices éticas que contemplan principios tales como la protección de datos y la transparencia.

Alemania tiene una Comisión de Ética sobre Conducción Automatizada, que ha publicado principios que abordan ampliamente la responsabilidad y la asignación de responsabilidad en torno a la IA y que ha reconocido la necesidad de evitar sesgos y discriminación cuando la IA se aplica a la toma de decisiones públicas, destacando la importancia de la protección de los ciudadanos y sus derechos en el uso público de la IA.

Francia, por su parte, lanzó su “Plan de Inteligencia Artificial”, en el que hace hincapié en la transparencia, la conciencia y la información, incluido su deseo de sentar las bases para el desarrollo ético de la IA y promover el debate social acerca de este tema a través de la capacitación.

## ÍNDICE DE PREPARACIÓN DE LOS GOBIERNOS

Los países del hemisferio norte están en general en mejores condiciones para aprovechar el potencial económico de la IA que los países del hemisferio sur. Existe el riesgo, pues, que esta nueva revolución industrial deje rezagados a los países del sur, que podrían no solo dejar de aprovechar los beneficios potenciales de la IA, sino verse perjudicados por la profundización de las desigualdades globales debido a una implementación despareja.

En 2017, Oxford Insights creó el primer “Índice de preparación para la inteligencia artificial del gobierno del mundo”<sup>9</sup>, a fin de responder a la pregunta: ¿qué tan bien posicionados están los gobiernos nacionales para aprovechar los beneficios de la IA en sus operaciones y prestación de servicios públicos? Los resultados buscaron capturar la capacidad actual de los

gobiernos para explotar el potencial innovador de la IA.

El “Índice de preparación para la inteligencia artificial” está alimentado por bases de datos, como las del Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (IDRC), con el objetivo de lograr expandir el alcance y cubrir a todos los países de la ONU. El Índice califica a los gobiernos de 194 países y territorios de acuerdo con su preparación para usar la IA en la provisión de servicios públicos.

Los datos proceden de una amplia variedad de recursos, desde la propia investigación sobre estrategias de IA y bases de datos con el número de nuevas empresas de IA registradas en Crunchbase hasta índices como el “Índice de Desarrollo de Administración Electrónica” de las Naciones Unidas<sup>10</sup>.

Este Índice destaca la desigualdad actual en términos de preparación para la IA entre los gobiernos del mundo: los países con ingresos más altos se encuentran en una posición privilegiada frente a los países de ingresos medios y bajos. Los responsables de formular las políticas deben actuar para garantizar que las desigualdades a nivel mundial no se vean todavía más acentuadas debido a esto. A su vez, pre-

9 <https://www.oxfordinsights.com/government-ai-readiness-index/>.

10 <https://publicadministration.un.org/en/Research/UN-e-Government-Surveys>.

tende servir de ayuda a los responsables del diseño de políticas de cada país para detectar en qué campos son buenos sus resultados y qué aspectos necesitan más atención. Es importante que todos los países estén lo mejor preparados posible para permitir que sus ciudadanos aprovechen los beneficios de la automatización, protegiéndolos de los posibles riesgos.

La clasificación que figura en el anexo de dicho Índice, coloca en los 10 primeros puestos a Estados Unidos, Reino Unido, Finlandia, Alemania, Suecia, Singapur, Corea del Sur, Dinamarca, Holanda y Noruega. Israel se sitúa en la posición número 20.

## UNA OPORTUNIDAD PARA LOS GOBIERNOS

La IA puede transformar la forma en que los gobiernos prestan servicios a sus ciudadanos, mejorando la eficiencia, ahorrando tiempo y dinero y ofreciendo servicios de mayor calidad. Es una oportunidad única que los gobiernos no deben desaprovechar: deben asegurarse de que están listos para sacar partido del poder que conlleva la IA. Para ello, deben tener una visión única y estructurada de los datos que ya acumulan sobre los ciudadanos, compartirlos de manera adecuada con todos los departamentos (protegiendo al mismo tiempo la privacidad) y utilizarlos para crear nue-

vos servicios, anticipar lo que los ciudadanos necesitarán en el corto plazo y tomar medidas para prevenir las crisis. A su vez, deben aprovechar los datos para cuantificar y reducir las desigualdades.

Estas son algunas de las áreas en las que puede contribuir la IA:

- **Gestión de las finanzas públicas:** la IA puede resultar clave en la detección de fraudes y la lucha contra el blanqueo de capitales. A través de algoritmos de aprendizaje profundo, las máquinas son capaces de analizar una multitud de transacciones en pocos segundos e identificar distintos tipos de irregularidades en diferentes escenarios.
- **Toma de decisiones:** sobre la base de grandes cantidades de datos, los sistemas inteligentes son un elemento indispensable para tomar las decisiones más acertadas, considerando posibles escenarios y factores de todo tipo. Este es uno de los motivos por los cuales se considera de vital importancia la adopción de la IA por parte del gobierno.
- **Seguridad ciudadana:** gracias a los sistemas inteligentes se puede mejorar el control de la delincuencia, detectar denuncias falsas, revisar casos archivados por falta de pruebas, gestionar recursos policiales y resolver crímenes o incluso prevenirlos.

- **Seguridad en la red:** algunos sistemas de IA pueden llegar a descubrir un 85% de los ataques cibernéticos, detectar noticias falsas (*fake news*) o autenticar de forma más fiable a los ciudadanos en sus trámites con las Administraciones Públicas.
- **Atención ciudadana:** la IA posibilita, por ejemplo, analizar los mensajes de los ciudadanos en redes sociales e identificar los problemas que más les preocupan. Esto permite a las autoridades responder de forma proactiva a los problemas y utilizar el análisis predictivo para abordarlos antes de que surjan.
- **Urbanismo:** la IA puede ser un elemento catalizador para transformar las ciudades actuales en ciudades inteligentes (*smart cities*). Mediante la adopción de sistemas inteligentes es posible disminuir la dependencia de las personas respecto de los automóviles, reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y facilitar y agilizar los desplazamientos de los ciudadanos, entre otras cuestiones.

La adopción de la IA ofrece a los gobiernos una oportunidad única de impulsar la forma en la que los ciudadanos utilizan y se benefician de la tecnología. Las mayores economías partirán con cierta ventaja, pero los países pequeños también pueden competir en aplicaciones de IA específicas, creando una nueva base para la competitivi-

edad global desvinculada de las tradicionales medidas de fuerza y poder.

Por otra parte, es importante que cualquier acción que lleve a cabo un gobierno en este campo se realice con gran cautela: si se implementa sin la necesaria atención a la ética o la seguridad, la IA en los servicios públicos podría ser ineficaz o incluso representar un grave peligro. Los gobiernos se exponen a los mismos riesgos que las empresas al utilizar la IA; por ello, deben identificar y mitigar los riesgos inherentes a cada etapa de la solución. Por ejemplo, si se implanta una aplicación inteligente para ofrecer un determinado servicio, desde un principio se puede advertir al ciudadano que está interactuando con un algoritmo, permitiéndole la opción de no participar o de ser transferido a una persona para continuar con el trámite.

Las crecientes expectativas de los ciudadanos son uno más de los retos a los que se enfrentan los gobiernos en la actualidad. La rápida urbanización, los complejos problemas socioeconómicos, el envejecimiento de la población y la crisis sanitaria están poniendo a prueba los servicios públicos. Si se considera el escaso crecimiento económico que mantiene los presupuestos en niveles bajos, resulta imperativo que los gobiernos encuentren soluciones que sean eficientes y sostenibles.

## ESTRATEGIAS NACIONALES

Con el objetivo de aprovechar el potencial de la IA, los países siguen diferentes estrategias que buscan su potenciación. A continuación se exponen algunas.

### China

Persigue posicionarse como líder mundial en IA y generar riqueza por un valor de USD 150.000 millones para 2030 (New Generation Artificial Intelligence Development Plan), con el objetivo de convertirse en el principal centro de innovación del mundo. Además del empuje del Gobierno, el sector privado (liderado por Alibaba, Baidu y Tencent) ha forjado una alianza nacional para trabajar en áreas como el vehículo autónomo, la imagen médica o las ciudades inteligentes.

### Corea del Sur

Ya posicionado como líder en robótica industrial, no quiere quedarse rezagado en la lucha por el liderazgo en torno a la IA y destinará USD 2.000 millones hasta 2022 en línea con su plan para la Cuarta Revolución Industrial (Fourth Industrial Revolution Committee). Actualmente, la IA de Corea del Sur sigue a China y a Estados Unidos en inversiones, pero según las previsiones del Instituto Global McKinsey po-

dría superar a ambos países en términos de adopción de IA.

Su presidente, Moon Jae-in, ha convertido a la tecnología en pieza clave de su primer mandato, con la IA como elemento fundamental. En mayo de 2018 se lanzó una estrategia de investigación y desarrollo para IA.

Corea tiene la ventaja de tener un gobierno estable, pero también una desventaja: la población envejecida. Estas dos circunstancias unidas abren la oportunidad de desarrollar sistemas de IA que contribuyan a enfrentar los desafíos que plantea una edad más avanzada. Así, se ha posicionado como uno de los países líderes en chips de memoria para construir, algo que a futuro puede convertir al país en el monopolizador de la industria de chips de IA más competitiva del mundo. Asimismo, Corea despunta en su adopción de la IA en el ámbito educativo.

### Israel

La Autoridad de Innovación Israelí gestiona la estrategia de innovación y de IA del país. Dispone de ciertos mecanismos de actuación, como la mediación entre Gobierno, autoridad fiscal y grandes corporaciones para implantar centros de I+D+I en el país, incubadoras sectoriales, los préstamos de I+D+I (OCS grants) y la iniciativa

de fondos Yozma, impulsada en el pasado. Israel es un modelo de especial importancia ya que con un bajo costo ha sido capaz de despuntar en IA (el capítulo 4 describe el caso de Israel).

### Estados Unidos

La Casa Blanca, reconociendo el creciente papel de la IA en el futuro, publicó tres informes en 2016: i) “Inteligencia artificial, automatización y economía”; ii) “Preparándose para el futuro de la inteligencia artificial”, y iii) “Plan Estratégico Nacional de Investigación y Desarrollo de Inteligencia Artificial”.<sup>11</sup> En mayo de 2018, se anunció la creación de un Comité Selecto de Inteligencia Artificial para asesorar a la Casa Blanca sobre las prioridades de I+D entre agencias de IA, y para apoyar al Gobierno en la consecución de los objetivos fijados.

### Canadá

Empezó su promoción de la IA en la década de 1990 y por ello sobresale en la calidad de la investigación a nivel mundial. Recientemente, el Gobierno ha aprobado la estrategia de IA (“Pan Canadian Artificial Intelligence Strategy”). Se trata de un programa de cinco años centrado en la investigación y el talento, que incluye

apoyo para la creación de clústers (*hubs*) en Edmonton (Edmonton Intelligence Institute), Toronto (Vector Institute) y Montreal (MILA).

### Emiratos Árabes Unidos

En octubre de 2017, el jeque Mohammed anunció la “Estrategia para la IA”, como una parte importante de los objetivos del Centenario 2071 del país. Esta estrategia tiene como objetivo posicionar al país entre los primeros del mundo en el campo de la inversión en IA en varios sectores vitales, así como crear un nuevo mercado vital con alto valor económico. También se nombró a un ministro de IA.

### Europa

La Unión Europea pide a sus miembros mejorar la colaboración en materia de investigación de IA, destinando una cifra común (USD 24.000 millones hasta 2020) que será revisada al alza en los próximos años.

Asimismo, varios estados miembros han arrancado iniciativas propias. Es el caso de Francia, que publicó el “France IA Plan” en marzo de 2017, donde se incluyeron 50 recomendaciones. En marzo de 2018, por su parte, publicó el informe “Para un signifi-

11 <https://www.whitehouse.gov/ai>.

cado de inteligencia artificial: hacia una estrategia francesa y europea”,<sup>12</sup> a fin de promover un mejor acceso a los datos con un enfoque centrado en salud, transporte, ecología y defensa. El Gobierno francés se ha comprometido también a invertir USD 1.850 millones para financiar I+D+i y *startups*, y ha definido límites para la compartición de datos con el objetivo de generar mayor seguridad jurídica.

Se espera que pronto se publiquen los planes de IA de Finlandia y Alemania. Los estados nórdicos-bálticos realizaron una declaración conjunta sobre la colaboración de IA en mayo de 2018 para mejorar el acceso a los datos mientras desarrollan pautas, estándares, principios y valores éticos y transparentes, basados en la privacidad, la seguridad y la confianza. Los firmantes manifestaron su deseo de evitar cualquier regulación innecesaria que pudiera interferir en este campo.

Estos son algunos de los países que han comenzado a posicionarse como líderes en IA gracias a agresivas inversiones, pero no son los únicos. La región de América Latina y el Caribe (ALC) no puede permitirse quedar rezagada sin lograr maximizar los beneficios de la implantación masiva de la IA.

## INICIATIVAS DE INVESTIGACIÓN Y FINANCIACIÓN PÚBLICA

A continuación, se mencionan algunas políticas de diferentes países que buscan fomentar la investigación, el desarrollo y la adopción de técnicas de IA.

### China

Su “Plan de Desarrollo de IA de la Próxima Generación” tiene como objetivo fortalecer la investigación en el marco de los estándares de IA a fin de colaborar con las principales universidades y organizaciones de investigación públicas del mundo. Basado en la estrategia de “One Belt One Road”, busca potenciar la creación de centros internacionales de cooperación científica y tecnológica y centros conjuntos de investigación para promover y aplicar la tecnología de IA.

### Corea del Sur

La principal empresa del sector de defensa, Hanwha Systems, y la universidad estatal de investigación científica, Instituto Avanzado de Ciencia y Tecnología de Corea (KAIST), han lanzado un proyecto conjunto para desarrollar tecnologías de IA

12 <https://uk.ambafrance.org/France-s-AI-strategy>.

que puedan aplicarse a las armas militares. Recientemente, las dos partes abrieron un centro de investigación conjunto en KAIST, donde los investigadores de la universidad y Hanwha llevarán a cabo varios estudios sobre la forma en que las tecnologías de la Cuarta Revolución Industrial pueden utilizarse en futuros campos de batalla.

### Japón

Su “Estrategia de Revitalización” ha contratado al Consejo de Estrategia Tecnológica de Inteligencia Artificial para elaborar una hoja de ruta que defina los objetivos para I+D relacionados con las tecnologías de IA.

### India

El Informe de 2018 del Grupo de Trabajo de Inteligencia Artificial se centra en la investigación pública, incluida la financiación de una Misión Interministerial de Inteligencia Artificial Nacional para coordinar las actividades relacionadas con la IA. El “Documento de Discusión de la Estrategia Nacional para la Inteligencia Artificial”<sup>13</sup> también sugiere financiamiento para centros de excelencia en investigación.

### Arabia Saudita y Emiratos Árabes Unidos

En Arabia Saudita, el proyecto de mega-ciudad conocido como “Ciudad Económica Rey Abdullah” está siendo diseñado para acomodar vehículos autónomos. También Dubai está transformándose en una ciudad inteligente siguiendo el “Plan estratégico Smart Dubai”.

### Israel

El gobierno ha autorizado un programa de cinco años por un valor aproximado de USD 66,2 millones a fin de potenciar el transporte inteligente en el país.

### Estados Unidos

Los presupuestos para el año 2019 fueron los primeros que designaron a la IA como una prioridad de I+D del Gobierno. En octubre de 2018, el Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT) anunció un nuevo compromiso de USD 1.000 millones para abordar las oportunidades y los desafíos globales presentados por la prevalencia de la informática y los continuos avances en el ámbito de la IA. Esta cifra representa la mayor inversión en informática e IA realizada por una institución académica de Esta-

13 [https://niti.gov.in/writereaddata/files/document\\_publication/NationalStrategy-for-AI-Discussion-Paper.pdf](https://niti.gov.in/writereaddata/files/document_publication/NationalStrategy-for-AI-Discussion-Paper.pdf).

dos Unidos. En el corazón de este esfuerzo estará el nuevo MIT Stephen A. Schwarzman College of Computing.

## Europa

El proyecto Horizonte 2020 de la UE (2014-20) ha financiado la creación de una plataforma para albergar un ecosistema europeo de IA que permita combinar los conocimientos, algoritmos, herramientas y recursos disponibles. Los científicos han elaborado planes ambiciosos para este instituto europeo multinacional, llamado Ellis, centrado en la investigación de la IA, con el objetivo de nutrir y retener a los mejores talentos en Europa.

Por su parte, Francia, en el marco de su “Plan de Inteligencia Artificial”, también incluye la promoción de una política de apoyo a la investigación de descubrimiento y la transferencia a la industria a largo plazo, la identificación de tecnologías clave y la creación de un Centro de IA francés que podría albergar proyectos cofinanciados por iniciativas públicas y privadas. En junio de 2017, se inauguró en París la incubadora de *startups* más grande del mundo: 34.000 metros cuadrados con hasta 3.000 lugares de trabajo disponibles para 1.000 *startups*, con fondos de riesgo y demás servicios integrados.

En el Reino Unido, el informe “Growing AI in the UK” recomienda establecer el Instituto Alan Turing como un instituto nacional para la IA, y “Data Science” para trabajar con otras entidades o consejos de investigación pública en forma conjunta a fin de coordinar la demanda de capacidad informática para la investigación de la IA y negociar en nombre de la comunidad de investigación del Reino Unido.

## INICIATIVAS ESTATALES PARA FOMENTAR LA INNOVACIÓN ABIERTA

En numerosas ocasiones el desarrollo de la IA sucede en entornos de código abierto y ciertas políticas tienen como objetivo fomentar esta vía como un camino hacia la innovación relacionada con la IA.

## Corea del Sur

El Gobierno anunció en marzo de 2018 que el ministerio de Ciencia y TIC y la agencia de Promoción Nacional de IT deben promover el desarrollo de la IA y de los macro-datos (*Big Data*), en especial a través de la aplicación de software abierto a las industrias tradicionales y el desarrollo de software de aplicación para sistemas operativos abiertos. El respaldo financiero se concederá a las empresas de software para comercializar servicios y productos relacionados

con la IA y otras tecnologías centrales; a su vez, se brindará apoyo a la apertura de códigos fuente por parte de empresas con derechos de propiedad intelectual.

## India

En marzo de 2018, India lanzó un plan con el objetivo de contar con políticas habilitantes para proyectos socialmente relevantes, en especial una política de datos que incluya propiedad, compartición de derechos y políticas de uso, así como incentivos fiscales para los ingresos generados a través de la utilización de sistemas inteligentes. Esto fue seguido por un documento de debate (“Estrategia nacional para la inteligencia artificial”<sup>14</sup>) en junio de 2018, que recomendaba un marco de protección de datos, pautas regulatorias sectoriales y la creación de plataformas abiertas para el aprendizaje.

## Estados Unidos

En la Cumbre sobre IA para la industria estadounidense, en mayo de 2018, el Gobierno anunció su objetivo de permitir la creación de nuevas industrias estadounidenses, eliminando las barreras regulatorias para el despliegue de tecnologías impulsadas por la IA. Otras iniciativas recientes inclu-

yen una actualización de la Política Federal de Vehículos Automatizados de 2016, varias estrategias en el “Big Data Plan” del año 2016 —centrado en la innovación abierta— y el informe “Preparando el futuro de la inteligencia artificial”<sup>15</sup> de 2016, que incluía una iniciativa de datos abiertos para la IA.

## IMPORTANCIA DE LAS POLÍTICAS DE PROMOCIÓN

Un buen posicionamiento regional en IA puede tener consecuencias muy positivas, tales como la mejora de la productividad de las empresas, el incremento de la efectividad del gobierno o la consolidación del futuro de la región. Estos efectos positivos pueden contrarrestar posibles efectos negativos, como por ejemplo la supresión de ciertos puestos de trabajo o el incremento de la brecha social y digital.

Liderar el desarrollo de la IA también permitirá a los países de la región influenciar en los valores clave de los sistemas de IA, dando mayor peso a aquellos que consideren importantes, como pueden ser la privacidad o la no discriminación (por etnicidad, religión, género o edad).

14 [https://niti.gov.in/writereaddata/files/document\\_publication/NationalStrategy-for-AI-Discussion-Paper.pdf](https://niti.gov.in/writereaddata/files/document_publication/NationalStrategy-for-AI-Discussion-Paper.pdf).

15 <https://www.whitehouse.gov/ai/>.

Entre las políticas de promoción, se cuentan:

- La definición de un Plan de Adecuación del Mercado Laboral para gestionar la transición, reducir los impactos negativos derivados de la adopción de la IA y facilitar la adaptación de la fuerza laboral a las necesidades de la economía basada en la IA.
- La consolidación de un marco jurídico que regule la IA, para dinamizar la inversión y adopción de la IA por parte de las empresas, revisando las leyes de propiedad intelectual y privacidad y definiendo los mecanismos de gobierno y responsabilidades exigibles por la ley.
- La definición de mejores prácticas y regulación para el gobierno de los sistemas inteligentes, creando una Autoridad para la Innovación Regional/Nacional (siguiendo el modelo israelí) que contribuya a la definición de la estrategia nacional de IA, la promoción de la inversión en IA (con programas similares al israelí Yozma) y la evaluación del posible lanzamiento de incubadoras temáticas de IA y programas de ayudas tipo (similar al “Office of the Chief Scientist” de Israel).
- Un incremento de la inversión en IA e I+D+I.
- La promoción de las carreras de CTIM y materias relacionadas con las TIC, así como la adecuación de las leyes de inmigración para facilitar la atracción de talento internacional.
- La creación y promoción de *data trusts* u organismos independientes responsables de salvaguardar la información de las personas y las organizaciones con el fin de supervisar la recolección, gestión y uso de la información privada sin que pase directamente a manos de los gigantes tecnológicos (Google, Amazon, Facebook, etc.).

# La inteligencia artificial en Israel: caso de éxito



## ANTECEDENTES

Históricamente, Israel ha tenido un enfoque estratégico basado en la autosuficiencia en “infraestructura crítica”: el Estado ha desarrollado su propia industria de defensa y programa nuclear así como un gran sector de empresas nacionalizadas para satisfacer las necesidades de sus ciudadanos, debido a que el país siempre ha sufrido fuertes boicots internacionales. En este contexto, se desarrollaron muchas de las capacidades por las que hoy se conoce a Israel.

En el caso de la inteligencia artificial (IA), la posición de Israel como potencia mundial tiene fuertes raíces tanto en las instituciones militares como académicas, y en la estrecha cooperación entre los dos ámbitos.

En el ámbito académico, Israel acumula una extensa tradición en Matemática y Física, con universidades locales e instituciones de investigación que fueron pioneras en utilizar computadoras en las décadas de 1950 y 1960.

En el ámbito militar, además de las capacidades que el país desarrolló durante las numerosas guerras posteriores a su independencia, fue precisamente la necesidad militar lo que impulsó la adopción temprana de tecnología inteligente. Según el profesor Naftali Tishby, del Centro de Ciencias del Ce-

rebro de la Universidad Hebreo y la Facultad de Ciencias de la Computación e Ingeniería, el gran avance tuvo lugar después de la Guerra de Yom Kippur, cuando la inteligencia israelí necesitó desarrollar nuevas tecnologías para combatir las amenazas regionales. Centenares de jóvenes soldados, que habían servido a las unidades secretas durante esos años, fueron los responsables de aumentar exponencialmente las capacidades de inteligencia del país: de operaciones principalmente humanas a operaciones basadas en la tecnología. Años después, ellos mismos formaron la columna vertebral del talento científico y de ingeniería en las industrias de defensa de Israel, y en compañías como Israel Aerospace Industries, Rafael Weapons Development Authority, Elbit y otras.

## SITUACIÓN ACTUAL

En la actualidad, Israel es un reconocido líder mundial en tecnologías de IA, y allí se encuentra una red de excelencia estrechamente interrelacionada que conecta investigación, talento tecnológico, un próspero ecosistema de nuevas empresas, fondos de capital riesgo, incubadoras y un Gobierno que apuesta por la IA (gráfico 11). Con frecuencia, esta combinación se presenta como la fuerza principal detrás de los resultados logrados por el país en áreas de alta especialización tecnológica como la IA (cuadro 1).

## GRÁFICO 11. COMPONENTES DEL ECOSISTEMA DE IA ISRAELÍ



Fuente: Elaboración propia.

## CUADRO 1. DATOS CLAVE DE LA IA EN ISRAEL

Número de <i>startups</i>	1.000
Cantidad de capital riesgo invertido en empresas de IA	USD 1,67 billones en 2018
Número de investigadores	270
Número de patentes	Aprox. 500 por año
Inversión del Gobierno en iniciativas de IA	Miles de millones de USD
Número de universidades con actividades dedicadas a la IA	8 de 8
Mercados finales comerciales primarios	Automoción, comercio, atención médica, tecnología financiera, seguros, seguridad cibernetica y marketing

Fuente: Elaboración propia.

## PROFESIONALES ESPECIALIZADOS EN IA: UNA DEMANDA CRECIENTE

Israel presume de una de las comunidades de profesionales talentosos especializados en IA más grandes del mundo, formada por más de 4.000 personas que trabajan en multinacionales, en *startups* y en el Gobierno. Esta cifra supone un porcentaje muy elevado sobre un total estimado de varias decenas de miles de profesionales que trabajan en el campo en todo el mundo.

Sin embargo, enfrenta grandes desafíos en la capacitación y recapacitación de su fuerza laboral dentro de la alta tecnología en general y de la IA en particular. En el caso de la IA, el mayor desafío es la escasez de talento. Debido a que los gigantes tecnológicos han contratado a cientos de ingenieros de IA, hay escasez de mano de obra cualificada, lo que provoca un aumento en los costos. Así, cuando las *startup* tienen entre siete y ocho ingenieros, se ven obligadas a tercerizar una parte de su desarrollo, normalmente fuera del país.

Startup Nation Central expone que la demanda mundial de científicos de datos creció un 650% en el período 2012-18, y que los salarios aumentan continuamente. Los empleados despedidos han disminuido y las salidas voluntarias están aumen-

tando, lo que apunta a una gran demanda de recursos humanos calificados en IA.

La Autoridad de Innovación de Israel ha publicado una forma de dividir la capacitación del talento en IA en cuatro grupos (gráfico 12), separados por sus diferentes grados de competencia en el campo de la IA:

- En la parte superior de la pirámide se encuentran los investigadores principales, quienes se especializan en algoritmos y son necesarios en la investigación y la enseñanza en las universidades, así como en el sector profesional. Son el grupo de talentos más buscado, por lo que se ofrecen atractivos incentivos para que permanezcan en el ámbito académico.
- El segundo nivel está formado por expertos en IA con grados de investigación que conectan el mundo académico y la industria.
- El tercer grupo engloba a recursos humanos con conocimientos prácticos de IA y aprendizaje automático.
- El cuarto grupo incluye personal capacitado en Ciencias de los Datos (*Data Science*).

**GRÁFICO 12. NIVEL DE CAPACITACIÓN DEL TALENTO**



Fuente: Autoridad de Innovación de Israel.

### **Respuesta gubernamental**

El Gobierno ha puesto en marcha varias iniciativas para combatir la escasez de profesionales debido a una mayor demanda por parte de las empresas:

- Ha dedicado recursos considerables para mejorar los resultados de los estudiantes en los campos relacionados con CTIM en el nivel de educación secundaria.
- Ha aumentado la entrada de estudiantes árabes y ultraortodoxos en el nivel terciario.
- Ha proporcionado financiación a organizaciones privadas que ofrecen cam-

pos de entrenamiento de codificación extraacadémicos.

- Ha facilitado notablemente la inmigración para atraer a profesionales extranjeros de alta tecnología (ya sean israelíes que viven fuera del país o extranjeros).

### **Respuesta universitaria**

Las universidades también observan cómo crece la demanda y actúan en consecuencia: Technion registra que 50% de los solicitantes de títulos de posgrado en Ciencias de la Computación desean cen-

trarse en tecnologías de IA. En la Universidad Ben Gurion, el número de estudiantes que busca especializarse en tecnologías de IA también ha aumentado. El año pasado, Technion abrió una nueva área de estudio centrada en las Ciencias de los Datos para títulos universitarios y de posgrado.

Por otra parte, aproximadamente 50 ingenieros con un amplio conocimiento de las tecnologías de IA se gradúan en la universidad cada año, sumado a 100 más que tienen algún conocimiento de estas tecnologías.

Las universidades también han observado un claro aumento de los estudiantes que se inscriben en el curso de visión por computador, de 50 a 250; por otro lado, un nuevo curso sobre minería de datos tiene 300 estudiantes por semestre.

En respuesta a esta mayor demanda, las universidades ya ofrecen una gran cantidad de cursos relacionados en los siguientes ámbitos:

- Sistemas de información/Ciencias de los Datos.
- Inteligencia artificial/Aprendizaje automático/Sistemas inteligentes/Sistemas distribuidos.
- Bioinformática/Cognición/Psicología con énfasis en estudios de información.
- Seguimiento combinado de inteligen-

cia/Sistemas de aprendizaje y Ciencias de la Información.

- Robótica/Sistemas autónomos.

Varias universidades israelíes tienen iniciativas dedicadas a la IA y centros de IA. Algunas de ellas están cofinanciadas y creadas junto con la industria o a través de donaciones filantrópicas. El Consejo de Educación Superior ha decidido ampliar estas actividades y establecer una organización paraguas científica dedicada a la IA de carácter nacional.

Por otra parte, 270 profesionales se dedican a la investigación en el campo. Las principales áreas de investigación son los sistemas autónomos y la robótica inteligente, la visión por computador, el procesamiento del lenguaje natural, el aprendizaje profundo y los sistemas de múltiples agentes.

Israel ocupa el puesto 35 a nivel mundial en cuanto al número total de publicaciones sobre investigación en IA. Tiene menos investigadores líderes que otros países, pero una producción muy alta. Estos profesionales recibieron al menos 26 subvenciones para investigación en el campo de la IA del Consejo Europeo de Investigación. Solo cinco países miembros de la UE y un estado asociado obtuvieron mejores resultados.

Las universidades israelíes son muy activas en la transferencia de tecnología dentro de la IA. La escisión universitaria Mobileye es un reciente caso de éxito: cofundada en 1999 por un profesor de la Universidad Hebreo, la compañía fue adquirida por Intel en 2017 por un monto que supera los USD 15.700 millones, posicionando a la operación como la mayor adquisición de una empresa de IA a nivel mundial. Como resultado de la compra, Intel trasladó todas sus operaciones de desarrollo de conducción autónoma a nivel mundial a Israel, fortaleciendo aún más el ecosistema de IA del país.

### Respuesta de la industria

El sector industrial y, en especial, la industria de las nuevas empresas han tomado una posición activa, presionando fuertemente al Gobierno para que cree visados para los profesionales de alta tecnología, ofreciéndoles ventajas atractivas si deciden mudarse a Israel. De manera conjunta, estas nuevas empresas buscan en gran medida profesionales con conocimientos en IA, y se han comprometido a ofrecer los siguientes beneficios:

- Bono de reubicación de hasta USD 20.700.
- Vuelo de ida y vuelta anual a casa.
- Asistencia para encontrar una residencia.
- Vivienda durante las primeras seis semanas en Tel Aviv.
- Asistencia de correspondencia entre la escuela y la comunidad.
- Pago de un teléfono móvil.
- Tutor de hebreo.
- Ayuda de un asesor fiscal con sólido conocimiento de las leyes fiscales de Estados Unidos e Israel.

## IMPLICACIÓN DEL GOBIERNO

La Autoridad de Innovación de Israel cree que el ecosistema israelí de innovación liderará la ola de innovación de IA, pero también que sin la necesaria intervención política se podría llegar a perder el liderazgo. Así pues, solicita que tanto Gobierno como mundo académico e industria establezcan una visión y una estrategia de IA para la economía israelí.

El Gobierno, por su parte, ha realizado y continúa realizando importantes inversiones en campos relacionados con la IA; concretamente, está invirtiendo más de USD 283 millones en las siguientes tres categorías:

- Apertura de silos de datos (muchos de los cuales son propiedad del Gobierno).
- Educación y oferta de talento de IA para el sector académico e industrial.
- Cambios en la regulación y las estructuras del Gobierno.

Desde 2018, un consejo designado por el Primer Ministro Netanyahu está trabajando en una nueva estrategia nacional sobre IA, inspirándose en la exitosa carrera cibernética realizada por Israel en 2011, la cual consiguió situar al país como un líder mundial —en competencia con Estados Unidos— en tecnologías cibernéticas.

Asimismo, el ejército israelí sigue educando, entrenando y reteniendo el talento de IA, posicionándose como un importante financiador de infraestructura, aplicaciones y sistemas de IA. Muchas de las soluciones más innovadoras en IA son desarrolladas por el ejército o por graduados en el ejército cuando finalizan el servicio militar.

En los próximos apartados se analizarán algunas de las iniciativas que permitirán garantizar el liderazgo tecnológico.

### **Una estrategia nacional de IA en rápido desarrollo**

La estrategia nacional de IA se está desarrollando bajo el mismo liderazgo que la estrategia cibernética llevada a cabo en 2011. Aquella experiencia sirvió para que el equipo se diera cuenta de la importancia de garantizar la sinergia entre la educación superior, el sistema educativo, el Gobierno y el Ministerio de Defensa para lo-

grar el éxito: cada uno contribuye con los demás y a la vez obtiene algo a cambio.

### **Acciones de los ministerios y las autoridades gubernamentales en IA**

El Gobierno lanzó la iniciativa Israel Digital, dotada de un presupuesto de USD 255 millones, con el objetivo de aprovechar el potencial de la revolución digital para impulsar el crecimiento económico a largo plazo, al hacer de Israel un líder mundial en el dominio digital. Una piedra angular particular del proyecto es digitalizar el Gobierno y conseguir que sus datos estén disponibles, acercándolos a los ciudadanos y a las empresas, al tiempo que se abren nuevos motores de crecimiento para la industria. La iniciativa es el punto central de partida de varias subiniciativas tales como “Salud digital”, con el Ministerio de Salud; “Educación digital”, con el Ministerio de Educación; “Economía digital”, con el Ministerio de Economía, y “Bienestar digital” con el Ministerio de Asuntos y Servicios Sociales.

Con esta iniciativa, por ejemplo, los datos de salud anónimos se ponen a disposición de la industria y las instituciones académicas para mejorar la salud de toda la población a través de las soluciones de IA, y para construir soluciones de innovación que puedan exportarse.

Por otra parte, el Ministerio de Transporte y Seguridad Vial ha lanzado el “Plan Nacional para la Movilidad Inteligente”, dotado con USD 57 millones en fondos, cuya ejecución está prevista entre 2017 y 2021 con el objetivo de incentivar la investigación y el desarrollo (I+D) y el espíritu empresarial en el área de la conducción autónoma, abriendo el sistema nacional de transporte a los actores de la innovación.

El Ministerio de Economía, por su parte, está ejecutando el “Plan Estratégico Nacional” establecido para la producción industrial avanzada, incluido el uso de tecnologías inteligentes. El programa incluye subvenciones para pymes, la fundación de un Instituto de Producción Avanzada y varias actividades educativas. En 2018, cinco consorcios dedicados a campos relacionados con la IA compitieron por los fondos.

El Ministerio de Ciencia y Tecnología tampoco se ha quedado atrás: ha lanzado un

programa de becas de investigación que fomenta la investigación científica y de ingeniería aplicada, así como la cooperación internacional. Por su parte, la Autoridad de TIC del Gobierno está trabajando para integrar la IA en los ministerios y servicios del Gobierno.

### **Financiación de la especialización en IA**

La estrategia de IA de cuatro años aprobada tiene como objetivo mejorar la excelencia de la investigación en este campo e incluye el establecimiento de centros de IA interdisciplinarios en todas las universidades israelíes. Otro objetivo consiste en potenciar la colaboración universitaria con los principales centros internacionales de I+D de IA presentes en Israel (como Intel, Microsoft e IBM). En el cuadro 2 se detallan las actividades y los presupuestos de la estrategia del Gobierno.

## CUADRO 2. COMPONENTES DE LA ESTRATEGIA DEL GOBIERNO

ACTIVIDAD	PRESUPUESTO
Creación de centros de IA en todas las universidades.	USD 34,7 millones. Alrededor del 55% se otorgará automáticamente a los centros calificados, y el otro 45% se otorgará en forma competitiva.
Establecimiento de una iniciativa nacional para coordinar la investigación y los esfuerzos internacionales.	USD 1,12 millones.
Programa de becas de doctorado y posdoctorado en el ámbito académico.	USD 2,87 millones.
Programa para financiar la investigación junto con las Fuerzas de Defensa de Israel y el aparato de seguridad y la Fundación Científica de Israel (financiado al 50% por las Fuerzas de Defensa de Israel y el aparato de seguridad).	USD 5,74 millones.
Programa para financiar la investigación en el sector público (financiado al 50% por Digital Israel Initiative).	USD 4,62 millones.
Apoyo para financiar la enseñanza y la infraestructura en computación en la nube (financiado al 50% por Digital Israel Initiative).	USD 1,12 millones.
<b>TOTAL</b>	<b>USD 50,17 millones.</b>

Fuente: Elaboración propia.

## INVESTIGACIÓN EN IA

La investigación en las principales instituciones académicas de Israel en el campo de la IA es reconocida por su alta calidad. Además, la sólida base académica de Israel en este campo se ha convertido en un factor fundamental para que empresas multinacionales establezcan allí puestos de I+D, y para que cientos de nuevas empresas comiencen su trayectoria en el ámbito de la IA.

## Producción científica en IA

Por encargo del Consejo Nacional de Investigación y Desarrollo del Ministerio de Ciencia y Tecnología, Israel ha publicado recientemente una clasificación de los países en base a su producción académica en IA, revelando las siguientes métricas clave de rendimiento:

- Israel ocupa el puesto 34 en el total de publicaciones.

- Israel ocupa el puesto 18 en publicaciones por millón de habitantes.
- El número de publicaciones de Israel, en comparación con países comparables, aumentó en 63% en el período 2008-17.
- Israel tuvo un aumento moderado en el número de publicaciones y citas promedio normalizadas en Israel y en países comparables en el período 2003-17.
- Entre los años 2013-17, Israel ocupa el puesto 9 a nivel mundial en términos de producción académica en cinco conferencias líderes. A excepción de Singapur, produjo más que cualquier otro país comparable.
- Los investigadores israelíes han recibido 483 subvenciones del Consejo Europeo de Investigación, y al menos 26 estaban relacionados con la IA.

### **Tipos de IA que se están desarrollando**

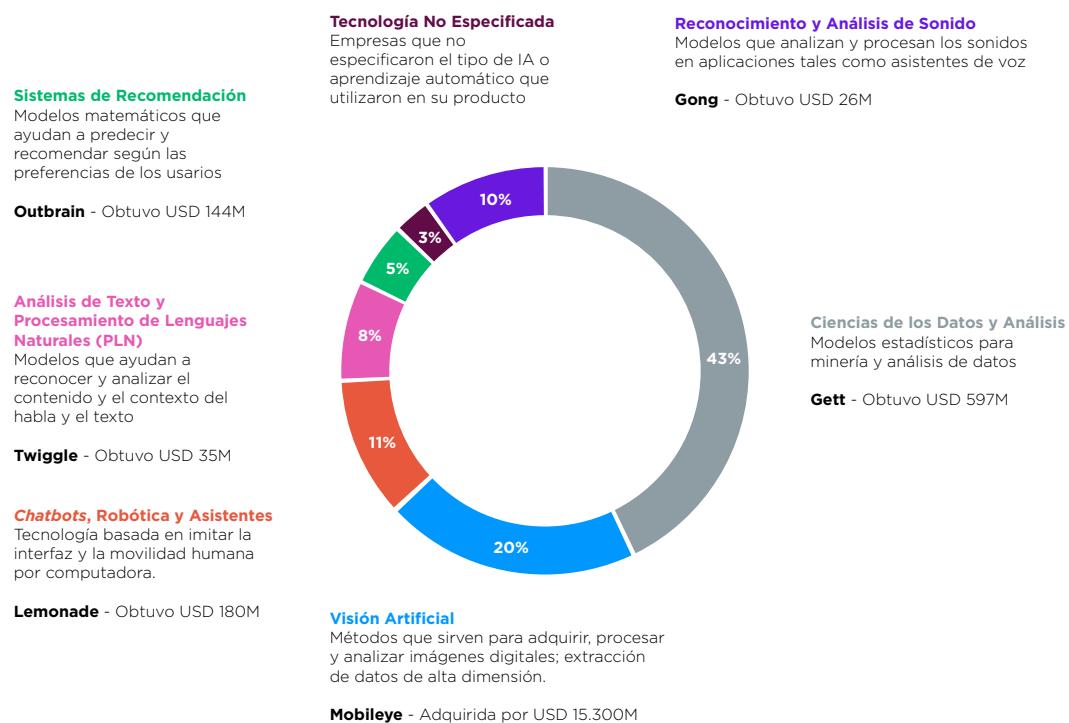
Hasta 2013, la visión por computador era la principal tecnología de IA desarrollada por las compañías israelíes. A partir del año 2012, las nuevas tendencias tecnológicas como los macrodatos (*Big Data*) y las Ciencias de

los Datos (*Data Science*) se hicieron más dominantes. La disminución en el número de nuevas empresas en 2017 se produjo principalmente en aquellas que desarrollaron algoritmos para visión por computador, chatbots y robótica. Data Science & Analytics ha sido el principal motor impulsor del crecimiento en el clúster israelí de IA en los últimos 10 años. Si bien se viene produciendo un crecimiento significativo en todos los sectores de IA, en los últimos cuatro años, el crecimiento es aún mayor en las empresas de Ciencias de los Datos y asistentes virtuales o *Chatbots*.

La IA israelí cuenta con un aspecto diferenciador: la experiencia acumulada en otras tecnologías en las que Israel ha destacado históricamente (como las aplicaciones de red o la ciberseguridad) permite enriquecer la I+D.

Como puede observarse en el gráfico 13, los principales mercados finales a los que se dirige la IA israelí son la automoción, el comercio, la atención médica, la tecnología financiera, los seguros, la seguridad cibernetica y el marketing.

**GRÁFICO 13. TIPOS DE IA COMERCIAL DESARROLLADAS POR EMPRESAS EN ISRAEL**



Fuente: Autoridad de Innovación de Israel.

Es importante tener en cuenta que casi todas estas aplicaciones se exportan sin haberse adoptado en el mercado local. Este hecho ha creado un desequilibrio en Israel: hay empresas israelíes que están desarrollando software de IA para vehículos autónomos (sin conductor), pero los consumidores israelíes no se benefician inmediatamente de estos avances. La Autoridad de Innovación de Israel reconoce este problema y está buscando incentivar a las empresas para que ofrezcan también sus soluciones a las compañías y consumidores locales de forma más rápida.

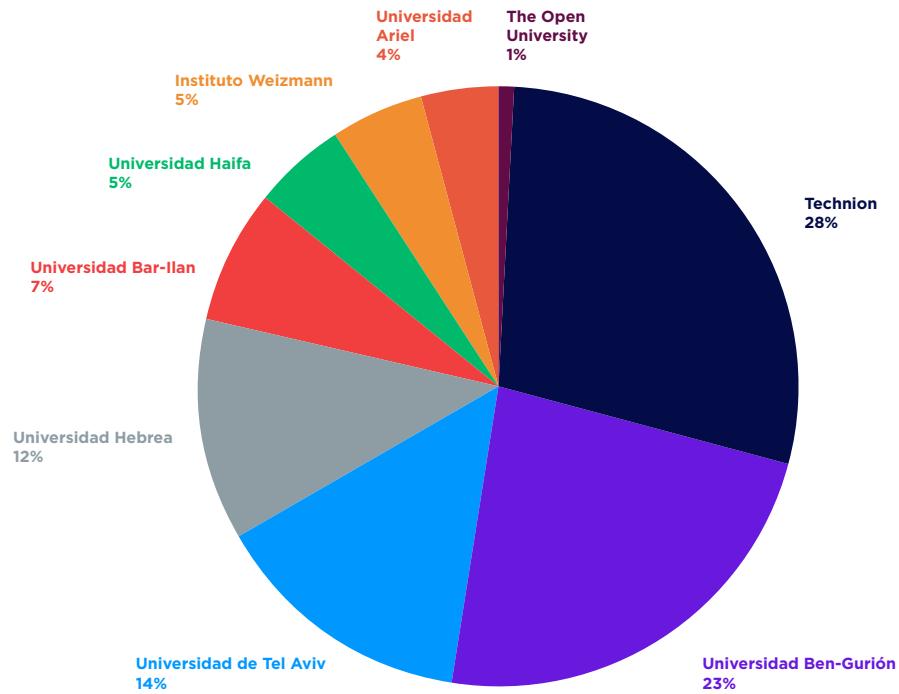
## Capacidad humana e intereses de investigación en IA

A propósito de la capacidad humana en el campo de la investigación, el instituto Samuel Neaman señala que en el mapeo realizado por la investigación, se encontraron un total de 270 investigadores en los campos de IA, Ciencias de los Datos y Robótica Inteligente, de los cuales alrededor de 230 trabajan en universidades y el resto (unos 40), en colegios.

Las universidades más destacadas en número de investigadores son el instituto Technion, la Universidad Ben Gurion, el Centro Interdisciplinario Herzliya, el Holon Institute of Technology y la Universidad

Sami Shamoon, College of Engineering. Más del 50% de todos los investigadores universitarios proviene de estas instituciones (gráfico 14).

**GRÁFICO 14. PORCENTAJE DE INVESTIGADORES EN IA POR UNIVERSIDADES**

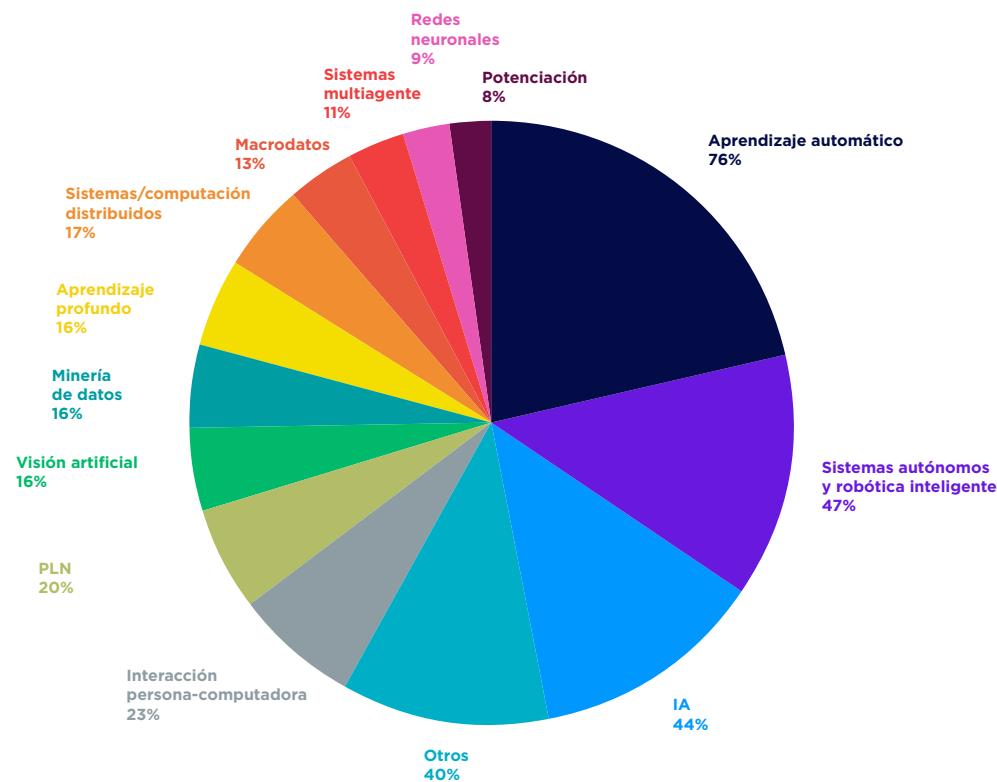


Fuente: Autoridad de Innovación de Israel.

En términos de facultades, los investigadores principalmente provienen de los departamentos de Informática, Ingeniería Eléctrica e Ingeniería Industrial; les siguen, en menor cantidad, investigadores de las facultades de Ingeniería Aeronáutica y Aeroespacial, así como de Ingeniería Civil.

Los intereses de la investigación evolucionan más que nada en torno al aprendizaje automático, la IA y los sistemas autónomos y la robótica inteligente (gráfico 15).

**GRÁFICO 15. INTERESES DE INVESTIGACIÓN DE INVESTIGADORES ISRAELÍES EN CAMPOS RELACIONADOS CON LA IA**



Fuente: Autoridad de Innovación de Israel.

Nota: PLN = Procesamiento de Lenguajes Naturales.

## Centros de investigación

A continuación, se describen los principales centros académicos específicos que se centran en la investigación de IA:

- Universidad Hebrea (Jerusalén): cuenta con un Centro de Conocimiento en Aprendizaje Automático e Inteligencia Artificial. La investigación actual del grupo gira en torno a la construcción de agentes inteligentes que puedan trabajar juntos, aplicando la teoría económica, la teoría de la votación y la teoría

de juegos para establecer las bases apropiadas para la interacción de los agentes. Estos agentes pueden ser cooperativos y buscar formas de ayudarse entre sí, o pueden ser competitivos y necesitar resolver los conflictos que surgen entre ellos.

- Technion - Instituto de Tecnología de Israel (Haifa): cuenta con un Centro de Sistemas Inteligentes que lleva a cabo investigaciones teóricas y aplicadas en robótica y control, visión por computador, procesamiento de imagen y apren-

dizaje. El Laboratorio de Sistemas Inteligentes en el Departamento de Ciencias de la Computación está integrado por cuatro profesores y unos 60 estudiantes que participan en las investigaciones.

- Universidad de Tel Aviv (Tel Aviv): la Escuela de Ciencias de la Computación Blavatnik encabeza la Iniciativa Yandex para el Aprendizaje Automático y ha puesto en marcha iniciativas en los campos de reconocimiento facial, inteligencia de sistemas y ejecución de investigación multidisciplinaria de IA y aprendizaje automático. Además de sus propias actividades de investigación y enseñanza, ocupa un rol muy activo en el fomento de colaboraciones con la academia y la industria relacionadas con la IA.
- AI en Technion & Hebrew University en colaboración con Intel: el Intel Collaborative Research Institute for Computational Intelligence se centra en el aprendizaje automático, la computación inspirada en el cerebro y las arquitecturas informáticas avanzadas, con la esperanza de que estas tecnologías innovadoras den lugar a aplicaciones futuras, como programas que “conozcan” al usuario y lo ayuden de varias maneras en tiempo real. Asimismo, explora tecnologías que imitan la acción del cerebro humano. Cuenta con alrededor de 40 investigadores.
- Universidad de Bar-Ilan: cuenta con un laboratorio de procesamiento de len-

guaje natural y un grupo de IA integrado por múltiples agentes.

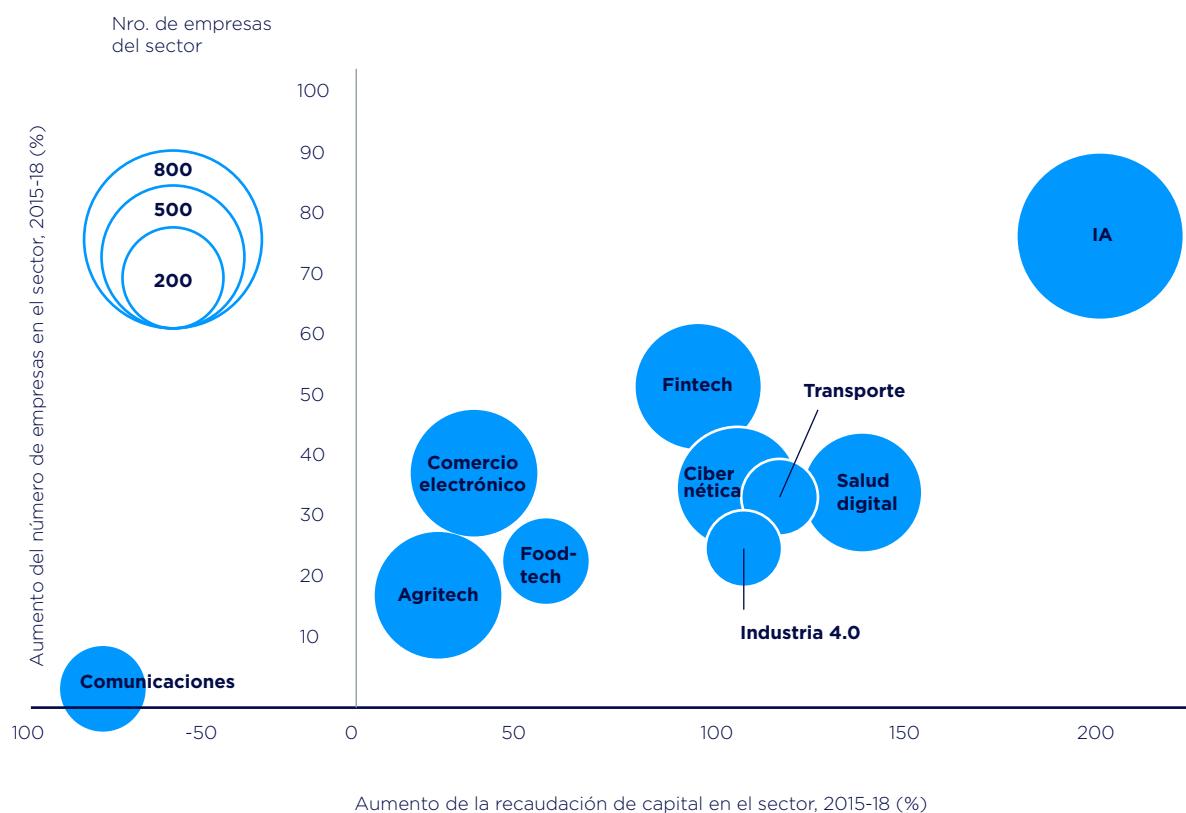
- Universidad Ben Gurion: el Departamento de Informática pone un énfasis especial en la intersección de la inteligencia cibernetica y artificial.
- Instituto Weizmann: el Weizmann Artificial Intelligence Center es una iniciativa de USD 95,6 millones.

## STARTUPS DE IA

Una de las áreas por las que más se reconoce a Israel internacionalmente es su importante ecosistema de *startups*, compuesto por unas 1.000 nuevas empresas de IA, cifra que representa el 15% del total de empresas israelíes. Según un reciente informe de la consultora Roland Berger y la firma europea de capital riesgo Asgaard, Israel es el país con el tercer ecosistema de *startups* de IA más grande del mundo, superado solo por Estados Unidos y China.

El ámbito donde se desarrollan los inicios de la IA en Israel se puede describir como próspero, maduro e interdisciplinario, con numerosas empresas trabajando en la intersección de múltiples tecnologías (por ejemplo, cibernetica y IA) (gráfico 16). A muchas de las nuevas empresas se las denomina “Born Global”, y se caracterizan por estar compitiendo desde el primer día y, en general, con un cierto énfasis en la expansión al mercado estadounidense.

**GRÁFICO 16. CAMBIOS TECNOLÓGICOS EN LA INDUSTRIA DE ALTA TECNOLOGÍA ISRAELÍ (PORCENTAJE DE CRECIMIENTO DE LA IA EN ISRAEL POR NÚMERO DE STARTUPS Y CAPITAL RECAUDADO EN RELACIÓN CON OTRAS ÁREAS TECNOLÓGICAS, 2015-18)**



Fuente: The Innovation Authority sobre la base de datos proveniente de Startup Nation Central.

Para colaborar con la creación y el crecimiento de estas nuevas empresas, existen varias incubadoras, así como grandes fondos públicos y privados. Después de un largo período donde las nuevas empresas se vendían a empresas extranjeras en adquisiciones de tecnología, actualmente

predomina el modelo de nuevas empresas que evolucionan y se convierten en empresas totalmente escaladas en Israel, que frecuentemente cuentan con operaciones importantes en las áreas de ventas y marketing en el extranjero.

## Crecimiento de nuevas empresas de IA

Con una nueva ola de crecimiento en 2010, la tasa anual de las empresas de IA establecidas se ha acelerado y casi triplicado en cada uno de los últimos cuatro años en comparación con la tasa anual al comienzo de la década. El número de empresas establecidas cada año del último tiempo marca el ritmo de crecimiento en la industria. Se han creado más de 1.200 empresas de IA, de las cuales el 79% aún sigue activa, el 6% ha sido adquirida y el 15% ha cesado sus operaciones.

En el período 2014-16, más de 500 compañías se unieron al grupo de IA en la tecnología israelí y redujeron la cantidad total de empresas en un período muy corto. El ritmo de crecimiento se desaceleró a partir de 2017, en línea con el ciclo de inversión exagerado en compañías de IA en todo el mundo.

Colectivamente, 216 *startups* de IA atrajeron USD 1.650 millones en fondos en 2018, hecho que representa un notable crecimiento en comparación con los USD 362 millones invertidos en 100 empresas en 2013. De la misma forma que aumenta el

tamaño de las inversiones, también está aumentando el tamaño de los negocios. Este hecho se explica por las denominadas “ampliaciones”: nuevas empresas israelíes de IA que son consideradas “ponis” (alcanzan valoraciones superiores a USD 500 millones) o “unicornios” (con un valor superior a USD 1.000 millones), que recaudan desde decenas a cientos de millones en fondos, y emplean desde decenas a cientos de profesionales.

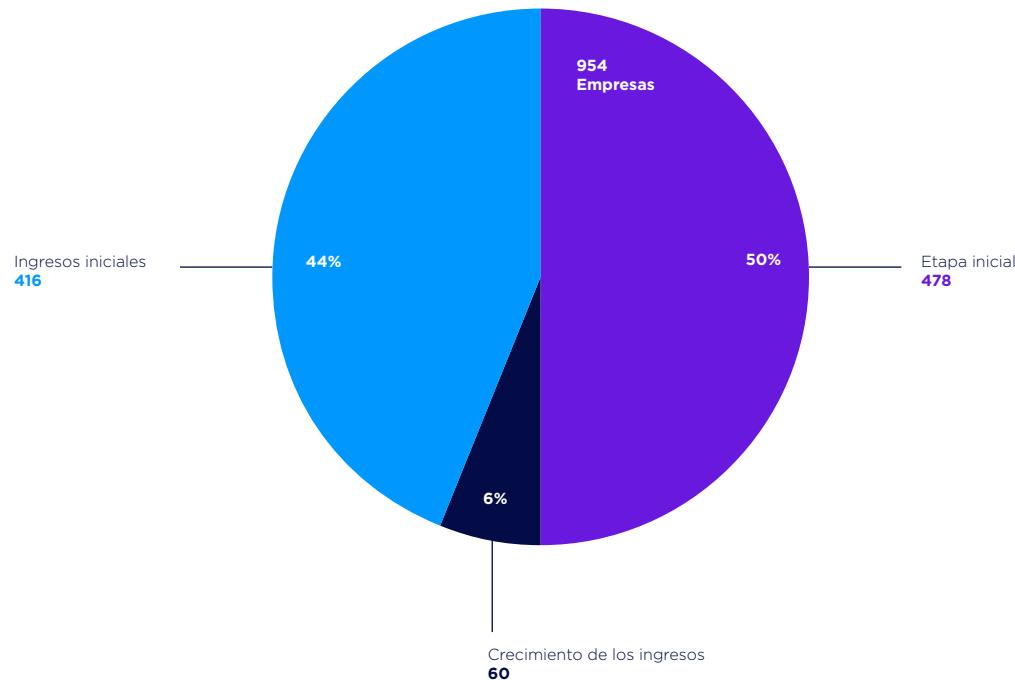
Cabe recordar también el gran número de nuevas empresas que apuntan agresivamente a convertirse en líderes del mercado de IA del mañana. “El área metropolitana de Tel Aviv probablemente tiene la mayor concentración de nuevas empresas de inteligencia artificial en cualquier parte del mundo”, afirma Eli Nir, socio de inversión senior en OurCrowd, un importante fondo de capital riesgo israelí. De hecho, un análisis reciente reveló que más del 80% de todas las nuevas empresas israelíes de IA se pueden encontrar en la región de Tel Aviv. Las áreas que experimentan un crecimiento significativo de nuevas empresas de IA son Haifa, Jerusalén y Beer Sheva.

Paralelamente al crecimiento inicial, también han aumentado los fondos de capital riesgo dedicado y el capital privado asignado a la categoría de IA. Los fondos más activos han realizado cada uno más de 10 inversiones en IA en los últimos dos años. En muchos casos, también ha sido sólido el desempeño financiero en términos de salidas, como el caso de Mobileye comentado anteriormente y otros que registran nuevos récords. El capital para estas rondas de financiación proviene fundamentalmente de fuentes extranjeras: Estados Unidos, China y Europa encabezan la inversión en empresas tecnológicas israelíes.

En relación con la etapa de madurez del número aproximado de 1.000 *startups* (gráfico 17), puede señalarse que:

- Un 50% se encuentra en la etapa inicial (*Early Stage*). Se trata de empresas que se encuentran en las primeras instancias de I+D y recaudación de fondos, generalmente no más de tres años después de la primera financiación.
- Un 44% se encuentra en la etapa inicial de ventas, pero sus ingresos anuales estimados todavía no superan los USD 10 millones.
- Un 6% puede considerarse una empresa en etapa de crecimiento de ingresos, ya que sus ingresos anuales estimados ya superan los USD 10 millones.

**GRÁFICO 17. ETAPAS DE LAS NUEVAS EMPRESAS DE IA ISRAELÍES QUE REFLEJAN LA NATURALEZA CRECIENTE DEL SECTOR**



Fuente: IVC Research Center Ltd.

Cabe destacar la presencia de una gran cantidad de incubadoras, aceleradoras y mentores disponibles que ayudan a las empresas que todavía se encuentran en la etapa inicial.

### **Incubadoras civiles**

Una gran parte de las nuevas empresas de Israel, incluidas las de IA, se han formado en diferentes incubadoras y aceleradoras

del país. Muchos de estos centros funcionan como entidades con fines de lucro, aunque sus modelos de negocio y objetivos varían según el respaldo institucional del que dispongan. También existen incubadoras financiadas por el Gobierno destinadas a elevar las industrias con alto potencial, en aquellos campos donde Israel aún no es líder mundial (por ejemplo, el sector de la biotecnología) (cuadro 3).

**CUADRO 3. SELECCIÓN DE LAS INCUBADORAS ISRAELÍES LÍDERES EN IA**

NOMBRE	MERCADO VERTICAL	RESPALDO OBTENIDO	EMPRESA QUE PROVEE EL FINANCIAMIENTO
<b>Microsoft ScaleUP TLV</b>	SaaS, IA, cibernética	Asesoramiento, acceso a herramientas de negocio	Microsoft
<b>Drive: TLV</b>	Tecnologías de transporte, vehículos autónomos	Asesoramiento, acceso a financiación corporativa	Honda, Volvo, Hertz, NEC, iTuran, Aptiv, Mayer
<b>The Junction</b>	SaaS, IA, cibernética	Finanzas, asesoramiento	Genesis Partners (Fondo de capital riesgo)
<b>SOSA</b>	Seguridad nacional, Construcción, Fintech, TIC	Acceso directo a más de 80 empresas a nivel mundial, espacio de oficina	Inversores ángeles ( <i>business angels</i> ) sénior
<b>Samsung Next</b>	IoT, IA	Finanzas, asesoramiento	Samsung
<b>The Floor</b>	Blockchain, Fintech	Finanzas, asesoramiento, incubación empresarial, acceso a 6 de los 10 bancos más grandes del mundo	Fosun Group
<b>Barclays Techstars</b>	Fintech, Insurtech	Finanzas, asesoramiento	Barclays, otros
<b>8200 EISP</b>	Amplia variedad con sólida base tecnológica	Asesoramiento, red de contactos	Sin fines de lucro
<b>Elite Military Unit</b>			

Fuente: Elaboración propia.

Nota: SaaS = software como un servicio (*Software as a Service*). IoT = Internet de las cosas (*Internet of Things*).

## **Incubadoras militares**

El aparato de seguridad y sus agencias son altamente innovadores en la forma en que colaboran con la industria y las nuevas empresas.

El Servicio de Seguridad e Inteligencia de Israel (Mossad) dirige una incubadora de nuevas empresas llamada Libertad Ventures, que busca asociarse con *startups* en los campos de la robótica, el cifrado, el procesamiento del lenguaje natural, el análisis de texto y la inteligencia web, entre otros. Ofrece hasta USD 590.000 en fondos libres de capital.

De forma análoga, Shin Bet, la Agencia de Seguridad de Israel, se asoció con la Universidad de Tel Aviv y proporciona USD 50.000 en fondos libres de capital.

## **Expansión de las empresas israelíes**

El ecosistema israelí de *startups* se denomina “la nación emergente”. En los últimos años, ha realizado un gran esfuerzo no solo para crear empresas de alto valor y venderlas por precios de centenares de millones de dólares a compañías extranjeras, sino también para ampliar esas empresas y que mantengan sus funciones centrales en Israel, con fuertes operaciones bilaterales. El resultado es una serie de empresas unicornios con oficinas en Israel pero con presencia también en Estados Unidos o Europa (más cerca de sus clientes).

## **Financiación**

Los líderes del mercado suelen estar financiados con capital riesgo y han atraído cantidades significativas de capital. Algunas de las rondas más grandes del año 2017 incluyeron, entre otras: USD 125 millones de Trax, USD 120 millones de Lemonade, USD 100 millones de eToro, USD 41,4 millones de OrCam Technologies y USD 33 millones de Riskfield (cuadro 4).

**CUADRO 4. MAYORES RONDAS DE FINANCIACIÓN DE EMPRESAS DE IA EN ISRAEL (2017-18)**

NOMBRE	CAPITAL OBTENIDO	FECHA	MERCADO VERTICAL
 trax	USD 125 M	Julio de 2018	Comercio
 Lemonade	USD 120 M	Diciembre de 2017	Fintech
 eToro	USD 100 M	Marzo de 2018	Fintech
 cybereason	USD 100 M	Junio de 2017	Ciberseguridad
 Gett	USD 80 M	Junio de 2018	Automotriz
 walkme	USD 75 M	Julio de 2017	Tecnología base de IA
 SentinelOne	USD 70 M	Enero de 2017	Ciberseguridad
 MeMed	USD 70 M	Julio de 2018	Atención de la salud
 MANTIS VISION 3D that works for you	USD 55 M	Septiembre de 2018	Seguridad nacional

Fuente: Elaboración propia.

### Salidas y fondos de capital riesgo

El capital riesgo para las empresas locales de IA es una opción ampliamente disponible y las empresas pueden mantener un

contacto directo y continuo con los inversores. Según Nir, el socio general de Cognity —un fondo de IA en una etapa temprana— hasta un 80% de las inversiones del fondo han sido en empresas emergen-

tes con un componente de IA. Paralelamente, ha habido un aumento en la cantidad de negocios y fondos recaudados (se cuadruplicó de USD 366,5 millones en 2013 a más de USD 1.673 millones en 2017), mientras que el número de acuerdos más que se duplicó. Este aumento puede deberse en parte al entusiasmo general respecto del potencial de la IA y a los grandes retornos generados por las empresas israelíes en los últimos años. Más de 90% del

capital proviene de fuentes del extranjero, hecho que el Gobierno israelí desea revertir para que el país también pueda beneficiarse del interés de capital asociado a un fuerte éxito comercial (cuadro 5).

Los inversores israelíes pueden considerarse agresivos con la IA: varios inversores invirtieron en más de 10 acuerdos en la categoría durante el período 2017-18 (cuadro 6).

#### **CUADRO 5. EJEMPLO DE ALGUNAS DE LAS SALIDAS MÁS GRANDES EN EL ÁMBITO DE LA IA ISRAELÍ**

<b>NOMBRE</b>	<b>SALIDA</b>	<b>FECHA</b>	<b>MERCADO VERTICAL</b>
 MOBILEYE®	USD 15.300 M	2017	Automotriz
 datorama	USD 850 M	2018	Marketing Tecnología Publicitaria (Adtech)
 VIZRT	USD 374 M	2014	Medios de comunicación
 Kontera	USD 150 M	2014	Marketing Tecnología Publicitaria (Adtech)
 CONTROP <small>Turning Vision Into Reality</small>	USD 95 M	2011	Seguridad Nacional

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Se excluyen otras salidas de tamaño similar para mostrar la magnitud del espacio de la IA en Israel.

**CUADRO 6. INVERSORES MÁS ACTIVOS SEGÚN EL MAYOR NÚMERO DE INVERSIONES TOTALES EN EMPRESAS DE IA, 2017-18**

<b>INVERSORES MÁS ACTIVOS, SEGÚN PRIMERA INVERSIÓN EN IA</b>	<b>TIPO DE INVERSOR</b>	<b>CAPITAL GESTIONADO</b>	<b>NRO. DE ACUERDOS DE PARTICIPACIÓN EN IA</b>	<b>ACUERDO PROMEDIO</b>	<b>NRO. DE PRIMERAS INVERSIONES EN IA</b>
 MANIV MOBILITY	Fondo de capital riesgo	40	13	USD 5,9 M	7
 OurCrowd	Grupo de inversores ángeles	Club/	12	USD 13,7 M	7
 ii Angels	Grupo de inversores ángeles	Club/	50	11	USD 7,6 M
 vertex VENTURES	Fondo de capital riesgo	150	10	USD 9,9 M	7

Fuente: Elaboración propia.

## MULTINACIONALES ACTIVAS EN IA EN ISRAEL

Además de la actividad de las *startup*, las universidades y los gobiernos, más de 350 empresas multinacionales operan centros de investigación y desarrollo israelíes. Un número cada vez mayor se activa también en el campo de la IA. Empresas como Google, Amazon, Apple, IBM, Intel, Nvidia, Ford

o GM emplean numerosos profesionales de IA en Israel, además de la fuerza laboral con la que cuentan en otros países. Los factores más importantes que han potenciado estos avances son los históricos incentivos financieros y el talento de profesionales altamente cualificados. Algunos de estos centros son producto de la compra de una empresa local de tecnología que ha ido creciendo con los años.

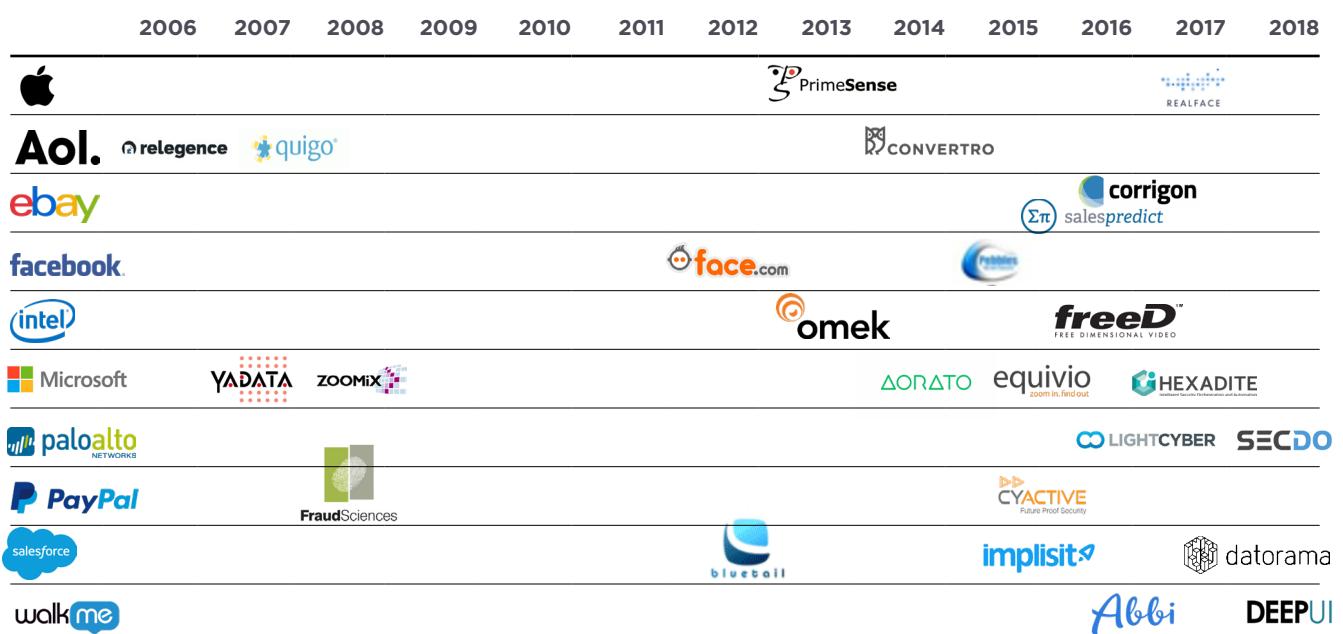
Aunque la configuración de cada operación corporativa es diferente, comparten ciertos elementos, a saber:

- Un fuerte enfoque en trabajar con el ecosistema local, ya sea con startups, universidades o el Gobierno.
- Un creciente número de empresas que se activan en el campo de la IA.
- Un crecimiento notable de los compromisos a lo largo del tiempo.
- Un número grande de empresas cuyos departamentos de I+D operan en incubadoras, aceleradoras u otras instalaciones, ya sea de forma unilateral o en colaboración con otros actores interesados.

## Adquisiciones de empresas de IA israelíes

La compra de la compañía Mobileye por parte de Intel en 2017, por un precio récord de USD 15.300 millones —la mayor adquisición de una compañía israelí—, generó un efecto expansivo que llevó a Israel a convertirse en un importante centro global de IA en el sector automotriz. Surgieron rápidamente nuevas empresas, fondos de capital riesgo dedicados, incubadoras y aceleradoras, y la Universidad Hebreo se dio a conocer como líder en este campo. A su vez, Intel también se posicionó como un actor clave en el mercado de vehículos autónomos (gráfico 18).

**GRÁFICO 18. ADQUISICIONES DE EMPRESAS ISRAELÍES DE IA POR PARTE DE CORPORACIONES MULTINACIONALES, 2006-18**



Fuente: Autoridad de Innovación de Israel.

Las siguientes seis adquisiciones proporcionan una visión más profunda de las frecuentes adquisiciones de empresas de IA israelíes por parte de corporaciones multinacionales en Israel:

- PrimeSense fue adquirida por USD 350 millones en noviembre de 2013. Fundada en mayo de 2005, desarrolló hardware y chips que permitieron la detección tridimensional de la visión por computador de un usuario, con capacidad para aprender y entender el movimiento del usuario en su entorno. Su tecnología originalmente impulsó el producto Kinect de Microsoft; a su vez, fue adquirida para permitir, en forma de miniatura y hasta cierto punto, el reconocimiento facial en el iPhone. PrimeSense había recaudado casi USD 80 millones en fondos totales.
- Datorama fue adquirida por Salesforce por USD 800 millones en julio de 2018. Fundada en junio de 2012, utilizó el aprendizaje automático para su motor de integración de marketing que automatiza la recopilación de fuentes de datos. Datorama había recaudado USD 50 millones en fondos totales.
- FraudSciences fue adquirida por PayPal por USD 169 millones en enero de 2008. Fundada en octubre de 2001, FraudSciences utilizó el aprendizaje automático para detectar y clasificar automáticamente el fraude en solucio-
- nes comerciales. FraudSciences había recaudado USD 11 millones en fondos totales.
- Replay Technologies fue adquirida por Intel por USD 175 millones en marzo de 2016. Fundada en noviembre de 2011, Replay Technologies desarrolló la tecnología FreeD, su procesamiento de imágenes patentado y algoritmos de visión por computador que sincroniza todas las imágenes capturadas de una matriz de cámaras y devuelve como “render” una imagen resultante de 360 grados para una visualización de reproducción definitiva. La compañía había recaudado USD 27 millones en fondos totales.
- Face.com fue adquirida por Facebook por USD 100 millones en junio de 2012. Fundada en junio de 2007, Face.com desarrolló tecnología de reconocimiento facial de fotos utilizando métodos de aprendizaje automático. La compañía incluyó su tecnología en dos aplicaciones de Facebook llamadas Photo Finder y Photo Tagger, que escaneaban automáticamente las fotos de Facebook para sugerir etiquetas para caras sin etiquetar. La compañía había recaudado USD 5,8 millones en fondos totales.
- SalesPredict fue adquirida por eBay por USD 30 millones en julio de 2016. Fundada en julio de 2012, aprovechó el aprendizaje automático y el análisis avanzado para predecir e identificar la

intención de compra del cliente y las conversiones de ventas. La tecnología de inteligencia artificial de la compañía se utilizó para reforzar los esfuerzos de datos estructurados de eBay de los datos del catálogo de productos. SalesPredict había recaudado USD 5,1 millones en fondos.

### **Presencia de corporaciones multinacionales**

Daniel Singer, un analista que investiga la IA en Israel, cree que de los más de 4.000 profesionales relacionados con la IA en Israel, más del 30% son empleados de corporaciones multinacionales, en más de 65 corporaciones multinacionales con I+D dedicadas a la IA en Israel. Solamente IBM e Intel, en forma conjunta, ya emplean a casi el 33% de estos profesionales, gracias a las adquisiciones que se llevaron a cabo.

Las principales empresas tecnológicas del mundo tienen sede en Israel:

- Intel: aproximadamente 280 profesionales dedicados a la IA trabajan en el campus de Intel Ra'anana y Haifa, y cuentan con un Centro de investigación. Varios cientos de sus profesionales de IA fueron absorbidos con la adquisición de Mobileye.
- IBM Research - Haifa: alrededor de 130 profesionales dedicados a la IA trabaa-

jan interdisciplinariamente en su centro de investigación en Haifa, lo que lo convierte en el laboratorio más grande del mundo de la División de Investigación de IBM fuera de Estados Unidos.

- Google AI Research Center Israel: aproximadamente 50 profesionales de IA trabajan junto a varios cientos de ingenieros en Israel.
- Apple Israel Ltd.: cuenta con alrededor de 65 profesionales de IA en Israel.
- Nvidia: abrió un nuevo centro de investigación en IA en octubre de 2018, y reclutó al menos 10 expertos en IA en la primera etapa.
- Microsoft: aproximadamente 50 profesionales de IA trabajan junto a varios miles de ingenieros en Israel, liderando, por ejemplo, el motor de IA Cortana.
- Samsung: cuenta con alrededor de 50 profesionales de IA, además de que opera Samsung Next, un fondo de riesgo de etapa temprana en IA e Internet de las Cosas.
- Amazon: aproximadamente 70 profesionales de IA trabajan junto a varios cientos de ingenieros en Israel, liderando Alexa Shopping, Alexa Voice, Robotics a nivel mundial, después de la compra y puesta en marcha del software Annapurna Labs por USD 350 millones en 2015.
- GM: cuenta con alrededor de 60 profesionales de IA que trabajan junto con

varios cientos de ingenieros en dominios como la conducción cibernetica y autónoma, entre otros.

- Verint: cuenta con alrededor de 50 profesionales de IA.
- Materiales aplicados: cuenta con alrededor de 45 profesionales de IA.

El Instituto Samuel Neaman informa que estos centros de I+D son específicos y productivos, y una prueba de ello es el elevado número de patentes que solicitan:

- Materiales Aplicados lidera a las compañías israelíes en el número de solicitudes de distintas patentes.
- IBM lidera el número de solicitudes de patentes de empresas multinacionales con centros de I+D en Israel.

Las solicitudes de patentes de IA para solicitantes israelíes, inventores israelíes y solicitantes no israelíes (pero con al menos un inventor israelí) aumentaron aproximadamente un 400% durante el período 2000-15.

# Análisis de América Latina y el Caribe



## ANTECEDENTES

En la evolución económica de América Latina y el Caribe (ALC) desde el año 2000, se puede identificar claramente una primera fase de crecimiento, marcada por el superciclo de las materias primas. Durante este período (2003-10), aumentaron las exportaciones a precios altos de productos como el petróleo, el cobre o la soja, en especial para abastecer a China en pos de su producción industrial. Esta situación provocó un efecto muy positivo en la economía y la sociedad, con un aumento de los ingresos de exportación y la inversión extranjera, una mejora de las condiciones de crédito, la creación de empleo y el aumento de los salarios. Los gobiernos, por su parte, llevaron a cabo iniciativas de integración con programas sociales. Así, aumentó el poder adquisitivo y bajaron las ratios de pobreza y desigualdad.

Sin embargo, en 2011, se produjo la desaceleración económica de China y el cambio de política monetaria de Estados Unidos, lo que causó una abrupta desaceleración. Además, los gobiernos recortaron el gasto y subieron los impuestos, deprimiendo todavía más el consumo y la inversión. Desde entonces, la región de ALC sigue esforzándose por recuperar su equilibrio, pero no logra suficiente crecimiento. La prolongada desaceleración ha

evidenciado graves desequilibrios estructurales.

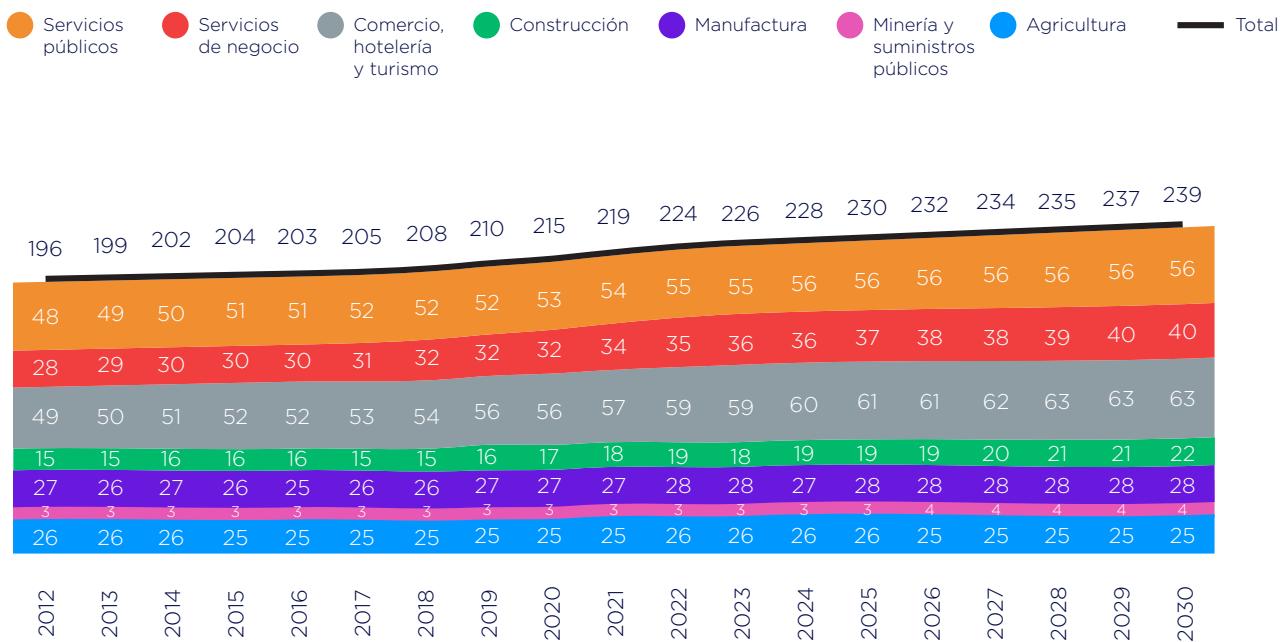
Por otra parte, las tensiones comerciales con China, los escándalos de corrupción y las transiciones políticas inesperadas han contribuido a aumentar la inestabilidad y ahuyentar a posibles inversores.

## SITUACIÓN ACTUAL

En la actualidad, la región sigue viviendo un momento socioeconómico complicado, agravado por la crisis sanitaria de la COVID-19, que ha golpeado duramente a varios países de la región.

Las previsiones económicas sobre la región realizadas por el Banco Mundial y el Fondo Monetario Internacional no reflejan la disruptión de la inteligencia artificial (IA). Tampoco las previsiones de empleo parecen considerar su adopción (gráfico 19).

## GRÁFICO 19. PROYECCIÓN ACTUAL DE EMPLEOS EN ALC (EN MILLONES DE TRABAJOS), 2012-30



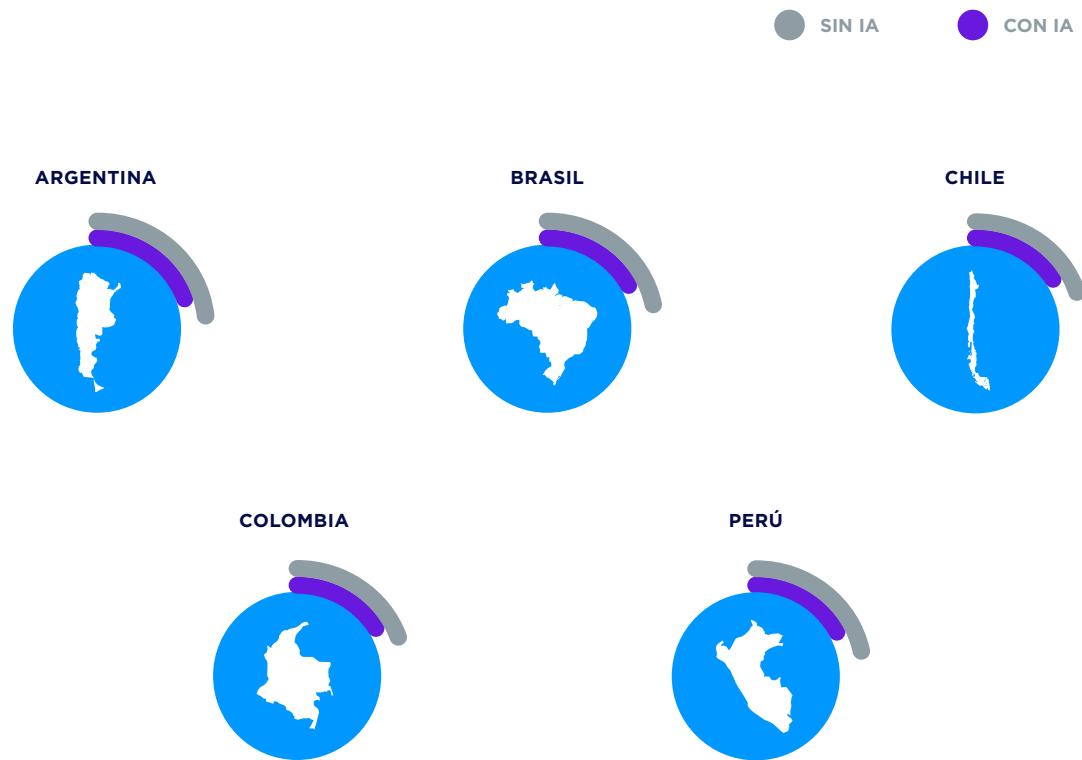
Fuente: Organización Mundial del Comercio (OMC).

Ante esta situación compleja y poco esperanzadora, la IA puede resultar de gran ayuda, contribuyendo a que gobiernos y empresas sean más efectivos a la hora de abordar muchos de los factores que limitan el crecimiento de la inversión y la productividad: desde ayudar a las empresas a reducir sus costos de producción y operaciones hasta controlar los recurrentes disturbios en la calle, aumentando la transpa-

rencia, la responsabilidad y la participación ciudadana.

Según Accenture y Frontier Economics, si se considera a la IA como un nuevo factor de producción, la cantidad de años para que las economías dupliquen su tamaño se reduciría de forma notable, lo que implicaría una aceleración del crecimiento (gráfico 20).

**GRÁFICO 20. CANTIDAD DE AÑOS PARA QUE LA ECONOMÍA DUPLIQUE SU TAMAÑO**



Fuente: Accenture y Frontier Economics.

Nota: Un círculo completo representa 100 años.

En este capítulo se analizarán los problemas, las fortalezas y las oportunidades que puede suponer la adopción de la IA para cinco países: Colombia, Costa Rica, México, Perú y Puerto Rico.

### **Sistemas inteligentes desarrollados en ALC**

Hoy en día, ya hay empresas que están comercializando aplicaciones con IA en los países bajo estudio. A continuación, se enumeran algunos ejemplos:

- Los investigadores de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) de Perú han desarrollado un robot de cuatro ruedas que explora la mina en forma autónoma para detectar metano, dióxido de carbono y amoníaco. El robot utiliza sensores para detectar estos gases y luego genera rutas para aplicar dentro de la mina, a medida que recoge información sobre los niveles de gas.
- En la actualidad, empresas como el Banco Galicia de Argentina, la aerolínea colombiana Avianca y la plataforma

brasileña de comercio electrónico Shop Fácil emplean asistentes virtuales (*chatbots*) que ayudan a las personas con su lengua nativa.

- La *startup* chilena The Not Company (NotCo) desarrolló un algoritmo apodado Giuseppe, que analiza los productos alimenticios basados en proteínas animales y genera recetas de alternativas veganas que no solo tienen el mismo gusto y textura, sino que también ofrecen una mejor calidad nutritiva. Para lograrlo, Giuseppe analiza la estructura molecular de los alimentos y descubre estructuras similares basadas en combinaciones de ingredientes veganos. Por ejemplo, Giuseppe hace “mayonesa” en base a almidón de papa, proteínas de arvejas y hojas de romero. Cuanto más crece su base de datos, más aprende el algoritmo “chef”, y más combinaciones puede realizar.
- La empresa chilena AIRA (Artificial Intelligence Recruitment Assistant) ha desarrollado un sistema para publicar búsquedas laborales en los sitios web de selección más utilizados, leer y clasificar todos los CV, aplicar pruebas psicométricas y realizar entrevistas por video con los candidatos. El desempeño de los candidatos se evalúa a través de *Emotion Analytics*, que traduce niveles de atención y expresiones faciales a números. Una vez finalizado este breve proceso, los reclutadores humanos pueden concentrar su escaso tiempo en entrevistas más profundas con los candidatos mejor calificados.
- Varias empresas en Brasil están preparándose para incorporar sistemas de “inteligencia híbrida” a sus servicios de soporte posventa. Para ello, utilizan un robot que recaba información sobre los clientes a partir de interacciones previas con la empresa; por ejemplo, compras de productos, comunicación directa o referencias en las redes sociales. Luego, proporciona al asistente humano información sobre el estado de ánimo del cliente y cualquier queja que haya referido, y también puede sugerir promociones que podrían ser relevantes para cada cliente en particular.
- Ubivis, una *startup* brasileña, fue fundada en 2014 con el objetivo de ayudar a las empresas manufactureras a sumarse a la era de “la internet de las máquinas inteligentes”. Ubivis instala sensores y drivers externos en las máquinas industriales existentes para recoger importantes cantidades de datos acerca de las operaciones de los clientes. Luego, almacena estos datos en la nube y los utiliza como input para los procesos de aprendizaje automático que hacen que los activos del cliente sean cada vez más productivos; por ejemplo, a través de mantenimiento predictivo que

soluciona los problemas antes de que se transformen en costos más altos.

Estas interesantes aplicaciones sirven como muestra del gran potencial tecnológico que tienen las empresas de ALC, así como del gran talento de sus profesionales.

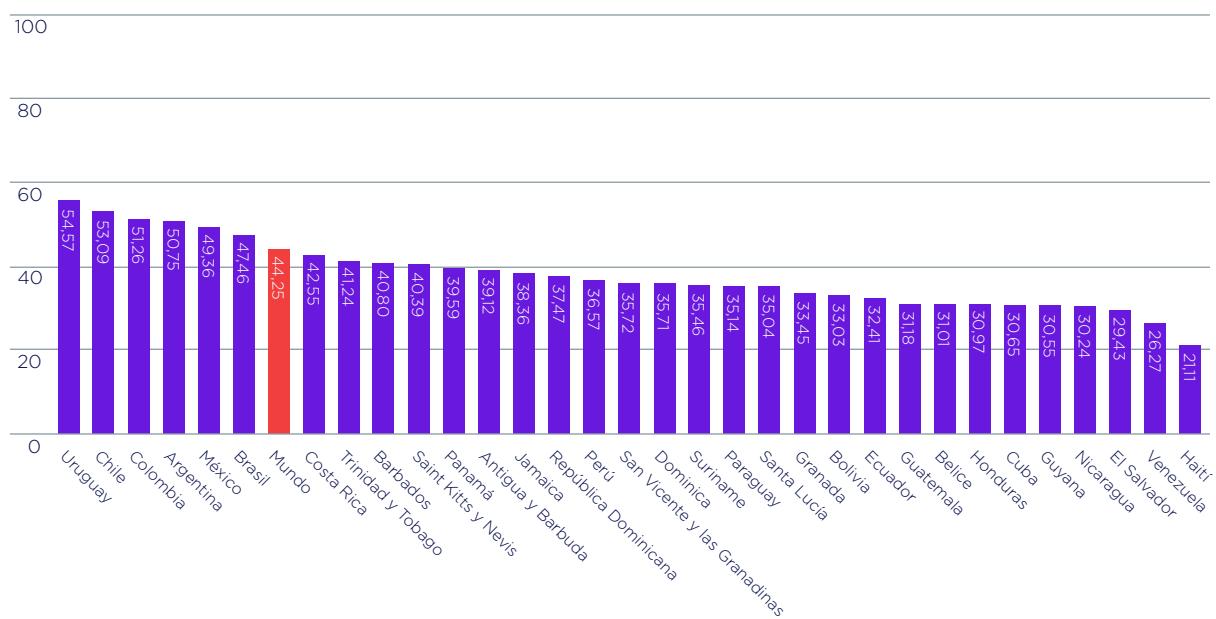
## ÍNDICE DE PREPARACIÓN PARA LA IA

Para analizar si los países en cuestión están más o menos preparados para la IA,

puede utilizarse el “Índice de Preparación para la IA”, creado por Oxford Insights, el cual está diseñado para analizar y evaluar las capacidades de los países respecto de adoptar el despliegue y la difusión de la IA, proporcionar un acceso inclusivo a la tecnología y mitigar los impactos socioeconómicos.

El gráfico 21 muestra el ranking de los países de ALC en el “Índice de Preparación para la IA” de Oxford Insights.

**GRÁFICO 21. RANKING DE LOS PAÍSES DE ALC EN EL “ÍNDICE DE PREPARACIÓN PARA LA IA”**



Fuente: Oxford Insights.

En este caso, se observa que todos los países de la región se encuentran por debajo de los 30 primeros puestos. Los países

que ocupan este análisis se encuentran en los siguientes puestos:

- Colombia: 51

- Costa Rica: 78
- México: 55
- Perú: 98
- Puerto Rico no figura en la clasificación (es un Estado Libre Asociado de Estados Unidos).

Uruguay es el país de la región que más despunta, con políticas gubernamentales que apoyan la IA, una buena infraestructura tecnológica y un buen nivel de capacitación conseguido gracias al ámbito académico y el sector privado. Le sigue Chile, con un fuerte sector tecnológico orientado a la exportación, pero con un ritmo demasiado lento para promulgar políticas e impulsar estrategias integrales en este sentido.

Colombia, Argentina y México se encuentran justo por detrás, con empresas digitales que despuntan en IA; sin embargo, según Oxford Insights, la falta de regulación y capacidad supone un impedimento para seguir avanzando.

Como región, ALC tampoco dispone de una estrategia común en cuanto a la IA. Hasta cierto punto, esta situación es relativamente habitual; del mismo modo que ocurre en otros ámbitos, algunos gobiernos son los primeros en formular políticas y establecer la agenda sobre un tema, y luego los demás países de la región siguen su ejemplo. No obstante, es importante

que los gobiernos establezcan cuál será su estrategia en este sentido, tanto para estructurar el uso de la IA en el sector público como para guiar al sector privado en sus inversiones.

Los países latinoamericanos enfrentan un panorama complejo en términos de adopción de tecnologías de IA. Los gobiernos y varias empresas de tamaño grande y mediano podrían aprovechar el uso de técnicas de IA, pero la forma en que la IA está integrada en los sectores, tanto público como privado, genera serias dudas en términos de impacto, eficiencia e inclusión.

Los sistemas inteligentes pueden ayudar a mejorar la efectividad de los gobiernos, aumentar la transparencia y revolucionar la economía. Sin embargo, dada la desigualdad estructural y el déficit democrático que existe en la región, es necesario aprovechar la IA para el bien común, con políticas y recursos adecuados con miras a evitar consecuencias sociales negativas.

Las técnicas de IA evolucionan en un contexto determinado, y ALC es una región marcada por la desigualdad social. Por ejemplo: la inclusión de un sistema inteligente para tomar las decisiones respecto de los pagos de asistencia social podría conllevar la exclusión de miles de personas que los necesitan. Otra situación contro-

vertida podría darse al emplear técnicas de IA para detectar patrones irregulares en la contratación pública o los presupuestos, teniendo en cuenta el historial de corrupción y los desafíos de gobernanza de la región así como la ausencia de una regulación sólida en este sentido.

Por otra parte, un problema crítico es el acceso a los datos. Aunque la mayoría de los países latinoamericanos tienen políticas de datos abiertos, que *a priori* los habilitaría para experimentar y utilizar sistemas de IA, muy a menudo estas políticas se implementan de forma deficiente. Por otro lado, también es importante que existan acuerdos de intercambio de datos (para utilizarlos con fines analíticos o predictivos) y regulaciones de privacidad, y únicamente unos pocos países de la región disponen de marcos de privacidad claros.

La ausencia de políticas claras y marcos éticos en torno a la IA puede dar lugar a la experimentación sin la orientación adecuada. Es importante que las instituciones y entidades reguladoras se esfuerzen por acelerar sus aportes en este campo, ya que resultan imprescindibles para evitar consecuencias imprevistas o no deseadas al implementar la IA en la prestación de servicios públicos.

La capacitación de profesionales también es un desafío para los países latinoamericanos, y en particular para sus gobiernos. Hasta el momento, ha sido complicado para los gobiernos identificar a nivel local los socios técnicos, sociales y de conocimiento necesarios para desarrollar proyectos de IA. Si bien existen algunas compañías, académicos y empresas sociales que trabajan en el campo, es poco probable que estén familiarizados con el contexto único y con los desafíos particulares del sector público.

Además, existe un importante desafío (del mismo modo que ocurre en otras partes del mundo) que tiene que ver con ayudar a los ciudadanos a comprender cómo funciona la IA, para que tomen conciencia y puedan proteger sus propios derechos. Este punto adquiere vital importancia ante la previsión de que se escale la tecnología y se llegue a aplicar en los servicios sociales, la justicia o la administración tributaria.

En general, los países de ALC aún no han conectado sus recursos académicos con el capital público y privado. Ello ayudaría, por ejemplo, a establecer más centros de IA cofinanciados, los cuales podrían contribuir a fomentar gran parte de la innovación y la creación de redes que se necesitan para abordar los problemas sociales y económicos a través de nuevas aplicaciones inteligentes.

Las áreas que deben explorarse incluyen distintas acciones: procurar estructurar mejores políticas de IA, probar y examinar soluciones relevantes de IA y tender una red de profesionales para construir el conocimiento relevante y oportuno en esta área. A corto plazo, la región necesita más inversión adaptada al contexto latinoamericano, y el marco ético y político adecuado para iniciar un ciclo de desarrollo de IA inclusivo.

Así pues, el rezago se estaría produciendo —en diferentes niveles según el país— en todos los factores que influyen en la adopción de la IA: infraestructuras, gestión de la información, calidad de los datos, seguridad, ética, regulación, gobernanza, capacitación, capital, visión de la dirección y contexto.

La introducción de la IA comportaría grandes beneficios económicos y sociales a los países de la región, entre ellos: una mayor productividad, altos niveles de crecimiento del PIB y menos horas trabajadas. Sin embargo, estos beneficios no llegarán sin esfuerzos concertados y reflexivos en los sectores público y privado y dirigidos a comprender el nivel de preparación de IA de la región y mejorar las brechas. En secciones subsiguientes estos aspectos se analizarán en mayor profundidad.

## Análisis del estado de preparación para la IA por país

A continuación se analizará cuál es el estado actual de preparación de cada uno de los cinco países de ALC seleccionados (Colombia, Costa Rica, México, Perú y Puerto Rico).

### Colombia

En los últimos años, Colombia ha potenciado considerablemente la adopción de las TIC, estableciendo incluso un ministerio dedicado (MinTIC), con el objetivo de impulsar la transformación digital del país, empoderando a ciudadanos y empresas.

Uno de los principales propósitos del Poder Ejecutivo es conectar el 70% del país a internet de alta velocidad, a fin de permitir que las oportunidades que brindan las nuevas tecnologías lleguen a las zonas más apartadas. En esta línea, el Gobierno está llevando a cabo un Plan de Conectividad Rural que busca conectar antes de 2030 a escuelas oficiales de alrededor de 10.000 centros poblados.

La ciberseguridad es también una prioridad para el Estado y por ello ha establecido un sólido marco legal en este aspecto; a su vez, ha creado diferentes instituciones técnicas e impulsado estrategias para el

desarrollo de la ciberseguridad a nivel de todo el territorio.

Cabe mencionar de forma especial la reciente inauguración del Centro Cognitivo de Transformación, fruto del acuerdo entre IBM y el Gobierno y el mayor centro de este tipo en la región. Desde esta sede, se brindará apoyo a empresas de todo el mundo en tecnologías de análisis de datos, IA y cadenas de datos (*blockchain*), entre otras. A tal fin, IBM formará a 62.000 profesionales para suplir la demanda nacional, y se ha comprometido a ayudar a estudiantes y empleados a desarrollar las habilidades necesarias para la Cuarta Revolución Industrial. Este hecho representa un hito importante en términos de capacitación de la población.

Colombia también ha atraído importantes inversiones extranjeras los últimos años, principalmente de Estados Unidos, Europa y China (según *Colombia Reports*, en 2017 Colombia recibió USD 2,2 millones de Estados Unidos; USD 5,5 millones de Europa, y USD 32,1 millones de China). En esta línea, procura aumentar las inversiones financieras y educativas para desarrollar aún más las nuevas empresas (Ministerio de Educación).

El país debe continuar trabajando para mejorar su PIB per cápita, conseguir mayor estabilidad política y evitar los conflictos

violentos. Asimismo, resulta vital que fortalezca los planes de desarrollo socioeconómico para reducir la desigualdad social. El Plan Nacional de Desarrollo del Gobierno colombiano “Pacto por Colombia, Pacto por la Equidad” es un plan de desarrollo social con un enfoque en la incorporación de estrategias y herramientas a nivel político (regional y estatal), que apunta a lograr la inclusión social y productiva generando empleo, estimulando el crecimiento económico y creando oportunidades para todos los ciudadanos mediante la reducción de las brechas de igualdad.

Si Colombia dispusiera de la infraestructura necesaria para desplegar la IA, obtendría ganancias en el mercado laboral, en términos de mayor productividad y mayor demanda de profesionales altamente calificados. Al incluir también políticas destinadas a abordar cuestiones relacionadas con los amplios beneficios sociales de la IA, el Estado podría garantizar mayor prosperidad para toda su población, y también para las personas afectadas negativamente por los cambios en el mercado laboral.

Colombia está bien posicionada en relación con el resto de los países de ALC en términos de adopción de la IA, pero debe seguir trabajando para garantizar que los beneficios de la IA se podrán compartir por igual entre todos los colombianos.

## Costa Rica

Los avances en IA en Costa Rica son todavía limitados, especialmente porque la mayor parte de las empresas privadas no disponen del músculo económico suficiente para financiar investigaciones en el campo. Aun así, algunas empresas costarricenses están desarrollando la investigación, aunque todavía son pocas debido al costo económico que conlleva.

En el caso de las empresas internacionales de mayor envergadura, es habitual que contraten personal en Costa Rica, pero no que desarrollen los proyectos de IA en el país. Esto supone en parte un perjuicio en tanto mengua el talento disponible en el territorio, pero a la vez posibilita que aumente su capacitación y pueda desarrollar otros proyectos de IA en el país en un futuro. En este sentido, se están llevando a cabo iniciativas en materia de inmigración para atraer profesionales de alta especialización tecnológica.

Costa Rica tiene las tasas más altas de gasto público en educación (% del PIB), habilidades digitales entre la población y buen nivel educativo de la población mayor de 25 años. Entre los segmentos clave para la economía costarricense, el Gobierno ha establecido la alfabetización informática como una prioridad nacional en todos los niveles de educación.

Con el objetivo de aumentar la presencia femenina en los ámbitos que serán cruciales para los profesionales del futuro, la empresa Microsoft lleva más de siete años con el programa DigiGirlz, del cual ya se han beneficiado más de 2.000 niñas. Persegue exponer, capacitar y alentar a las jóvenes para que rompan estereotipos y se sientan atraídas por la ciencia, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas.

Por otra parte, aún queda camino por recorrer en materia de calidad universitaria e investigación en IA. En las universidades hay interés en desarrollar y adoptar sistemas inteligentes, pero hacen falta programas formativos específicos en el área.

Como parte del reto que tiene por delante el Gobierno en cuanto a crear un entorno más propicio para la IA, el Ministerio de Ciencia, Tecnología y Telecomunicaciones (MICITT) de Costa Rica, el Centro Nacional de Alta Tecnología (CENAT) y el Programa del Estado de la Nación (PEN) han acordado iniciativas para la cooperación en IA. Esto tiene como objetivo buscar la integración y la sinergia de la información nacional en el ámbito de la investigación y el desarrollo, a fin de fomentar la innovación en las empresas de Costa Rica y su mayor competitividad. El proyecto del Laboratorio Nacional de Inteligencia Artificial (LaNIA) pretende crear un ecosistema, fortalecer la confianza

y promover la investigación y la educación en IA. Se prevén investigaciones en los ámbitos de movilidad urbana, biodiversidad, educación, salud y sismología, entre otros, y se pretende promover la innovación a través de servicios de análisis de datos, desarrollo de productos tecnológicos y *spin-offs*.

Por otro lado, Costa Rica debe potenciar la creación de nuevas empresas, reduciendo el tiempo necesario para iniciar un negocio y aumentando la disponibilidad de fondos de capital riesgo, lo cual resulta crítico para los costarricenses que apuestan por innovar en IA.

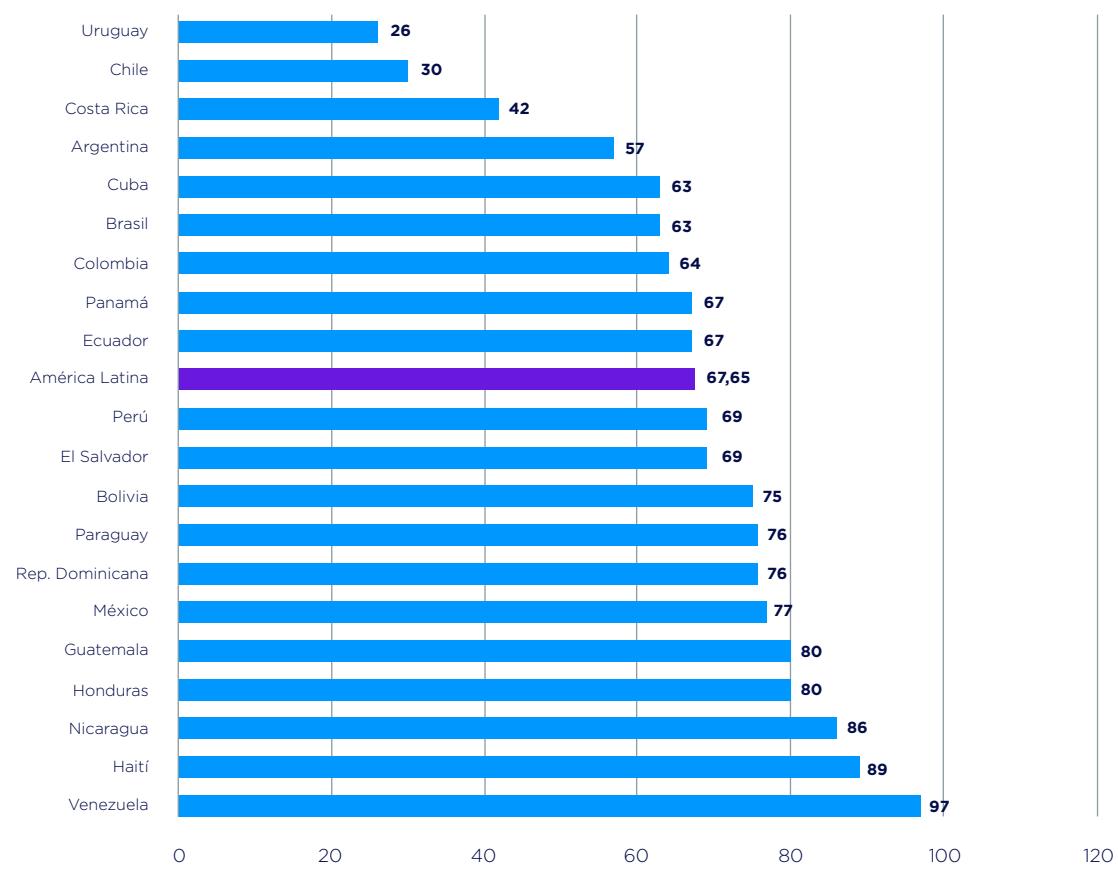
Es importante también realizar avances en el desarrollo de un sistema de gobierno sólido y capaz de distribuir de forma equitativa los beneficios de la IA. A nivel nacional, Costa Rica cuenta con un PIB per cápita más alto que el de la mayoría de los países analizados, incluidos Colombia, México y Perú.

Cabe destacar que Costa Rica es la democracia continua más antigua de América Latina, con un marco institucional sólido y con estrictas medidas anticorrupción. Por

ello, es líder en la región en términos de estabilidad política, efectividad de las instituciones, transparencia, índice de apertura, libertad de prensa y voz y responsabilidad. Además, se sitúa en el puesto 32 en el Índice de Paz Global, por encima de países como España o Reino Unido, y quedando lejos de países vecinos con graves problemas de violencia y homicidios.

Dado su rígido marco legal, Costa Rica es internacionalmente elogiada por sus esfuerzos para garantizar la seguridad política y la confianza pública. Se encuentra entre los tres países menos corruptos de ALC.

## GRÁFICO 22. INDICADOR DE CORRUPCIÓN PARA ALC (2020)



### ESCALA

- 0-20:** Nivel bajo de corrupción y política anticorrupción recomendable.
- 21-40:** Nivel moderado de corrupción y adecuada política anticorrupción.
- 41-60:** Nivel preocupante de corrupción y política anticorrupción laxa.
- 61-80:** Nivel alto de corrupción y debilidad extrema en política anticorrupción.
- 81-100:** Nivel alarmante de corrupción y pésimo control.

Fuente: CESLA.<sup>16</sup>

Además, el nivel de claridad y transparencia en la regulación es un factor que favorece el desarrollo y la difusión de la IA a toda la población.

Si bien el país ha alcanzado altos niveles de crecimiento económico y reconocimiento internacional por parte de organizaciones como la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), el Gobierno ha afrontado impor-

16 <https://www.cesla.com/pdfs/Informe-de-corrupcion-en-Latinoamerica.pdf>.

tantes problemas de equilibrio fiscal en los últimos 10 años. Un alto déficit fiscal hizo que la deuda aumentara de 48,7% del PIB en 2017 a 53,6% en 2018. Para reducir su deuda gubernamental, Costa Rica aprobó una serie de reformas. Aunque el Gobierno ha podido reducir su déficit, las restricciones fiscales podrían llevar a un recorte de la inversión pública en temas clave.

Su sólido desempeño en crear un ecosistema tecnológico accesible para todos los ciudadanos ha permitido que los teléfonos móviles sean asequibles y generalizados: Costa Rica ocupa el primer lugar en la región en suscripciones de teléfonos móviles. Según un informe realizado por la Superintendencia de Telecomunicaciones de Costa Rica (SUTEL) en 2012, había aproximadamente 4 millones de teléfonos móviles activos en Costa Rica. SUTEL señaló que entre 2010 y 2012, se registró un aumento de 250% en el acceso a internet móvil. El crecimiento en el acceso a la tecnología, particularmente en América Central, será clave para la difusión de la IA en las industrias afectadas, por ejemplo, en la industria de servicios empresariales.

Cabe resaltar la falta de una legislación y regulación cibernética integral, de estándares de seguridad en todas las organizaciones y de una estrategia cibernética nacional. Además, a pesar de la amplia

disponibilidad de teléfonos móviles mencionada anteriormente, Costa Rica ocupa el último lugar en cuanto a infraestructura tecnológica en la región. Esto se debe, en gran parte, a problemas relacionados con el acceso inalámbrico (por ejemplo, dispone de una media de velocidad de descarga inferior a la de la mayoría de los demás países de la región).

La adopción de la IA se vería reforzada por el enfoque continuo del Gobierno costarricense en asegurar un marco institucional fuerte y rígido, reduciendo el riesgo de contratiempos económicos como resultado de la tecnología. Para ello también se prevé continuar potenciando la capacitación de profesionales conectados y tecnológicamente preparados para difundir y desarrollar la IA en la economía.

En suma, Costa Rica se encuentra en una posición de relativa debilidad para acelerar la adopción de la IA y satisfacer las necesidades de capital humano. Tiene oportunidades de mejora en cuanto a garantizar que los beneficios de la IA se compartan por igual entre la población. Al establecer políticas que permitan seguir fortaleciendo su infraestructura para desplegar la IA, Costa Rica cosechará ganancias en el mercado laboral, incluida una mayor productividad y un cambio ascendente en la demanda de trabajadores altamente calificados.

## México

México dispone de un Plan Nacional de Desarrollo con cinco objetivos principales: i) paz; ii) inclusión; iii) educación de calidad; iv) prosperidad, y v) responsabilidad global. Dentro del marco de este plan, existen tres programas cuyas metas son:

- Democratizar la productividad.
- Crear un Gobierno moderno.
- Promover la igualdad de género.

Este plan impulsó la creación de la Estrategia Digital Nacional (EDN), la cual ha llevado políticas nacionales en las áreas de conectividad, interoperabilidad, datos, inclusión digital y habilidades digitales, junto con esfuerzos para garantizar la consistencia de la legislación que rige al Gobierno digital.

México destaca por su infraestructura digital y sus políticas relativas a la gestión de datos. Tiene un marco legal que incluye leyes de Protección de Datos, la Ley para la Ciencia y la Tecnología, la Ley de Propiedad Intelectual y la Reforma de Telecomunicaciones.

La EDN promueve la publicación de datos abiertos a través de una plataforma de libre consulta. Dicha plataforma crea un ecosistema de colaboración de servicios

públicos, fomentando la innovación y la formación de nuevas empresas, al convertir la información que tradicionalmente era del Gobierno en un activo de valor social.

El Gobierno ha avanzado considerablemente en el aumento de la cobertura de datos móviles e internet, ofreciendo 100.000 espacios públicos con acceso a internet gratuito y la instalación de más de 25.000 km de fibra óptica. En la actualidad, está invirtiendo en una iniciativa que prevé proporcionar conectividad 4G a por lo menos el 92,2% de la población antes de 2024.

En términos de innovación, el Gobierno elaboró la Ley Federal de Ciencia y Tecnología, la Ley Federal de Tecnología Financiera y creó el Instituto Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación. No obstante, a nivel empresarial se detectan importantes rezagos en términos de innovación. Lo que está retrasando la correcta adopción de la IA es que las empresas no tienen responsables de innovación con un conocimiento profundo del alcance y las implicaciones relacionados con la implementación de la IA. Se necesitan profesionales que cuenten con las capacidades humanas y el conocimiento necesario en cuanto a la tecnología, pero que a la vez dispongan de una formación integral que les permita identificar las posibilidades y el potencial de la IA para impulsar procesos de trans-

formación que vayan en la dirección correcta.

El sector industrial mexicano se encuentra en un momento de crecimiento gracias al empleo y las exportaciones, pero la productividad se está estancando. La adopción de la IA supondría una revolución del sector: un nuevo factor de producción dinamizaría fuertemente la productividad.

El tejido empresarial mexicano está formado principalmente por micro, pequeñas y medianas empresas (mipymes), que representan el 52% del PIB del país y generan el 72% del empleo. El desarrollo de proyectos de IA se encuentra todavía en una fase muy incipiente. El costo que implica contar con datos de calidad, infraestructura suficiente y viabilidad financiera para implementar los proyectos sigue siendo alto. En relación con las grandes empresas, el Gobierno podría fomentar la inversión en el talento local y las tecnologías incentivando las investigaciones aplicadas de IA en sus sedes mexicanas.

Por otro lado, el papel de las *startups* locales de IA es relevante. Las empresas más prometedoras están aprovechando sus desarrollos para crear soluciones innovadoras a diferentes problemas. Sin embargo, una de las principales barreras ante el emprendimiento es la corrupción.

La violencia y la corrupción son dos grandes lastres para el avance de México. Se estima que 200 millones de pequeños actos de corrupción se registran cada año en México, no solo de parte de funcionarios y políticos, sino también de empresarios y ciudadanos. El 33% de los ingresos de los hogares con menores recursos termina en manos de la corrupción.

Si bien se supone que el Gobierno actual ha desarrollado un paquete de acciones ejecutivas y legislativas en este sentido, estas acciones no parecen ser suficientes. La aplicación de la IA en el sector financiero puede convertirse en una gran aliada en la lucha contra el crimen y la corrupción.

Asimismo, se considera fundamental aplicar la IA en el ámbito social, especialmente en los ámbitos de sanidad y educación. Con estas aplicaciones, se podrían mejorar los servicios suministrados al 80% de la población con menores ingresos, beneficiando a una parte importante de ciudadanos. Cabe recordar que México tiene una proporción más alta de ciudadanos que vive con USD 5,50 al día que cualquiera de los demás países bajo estudio.

Otro frente abierto es la igualdad de género. El Gobierno ha desarrollado una serie de iniciativas nacionales con el objetivo de reducir la violencia contra las mujeres, pro-

mover la inclusión de las mujeres en la economía y garantizar la igualdad salarial, entre otras. En 2019, el Congreso de México aprobó una legislación que establece un mandato constitucional que garantiza prácticas de contratación equitativas en el sector público.

El Gobierno mexicano ha implementado varios programas para fomentar la inclusión digital y el desarrollo de habilidades digitales. Además, debe capacitar a la población en la medida y dirección correctas para que el mercado laboral del país pueda contar con la fuerza laboral que se necesita para llevar adelante exitosamente el proceso de adopción de la IA. Asimismo, debe brindar a la población los recursos necesarios para poder trabajar con sistemas inteligentes y tener los conocimientos para gestionar datos y generar algoritmos. Se precisarán perfiles profesionales de alta especialización con una base en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (CTIM)<sup>17</sup> sólida. Para ello, es necesario impartir habilidades digitales desde la educación básica: es la única manera de poder contar con profesionales preparados para el futuro. La educación en todos los niveles también es importante para garantizar que se compartan los beneficios de la IA.

México dispone de un sólido ambiente académico que ocupa el segundo lugar en la región, impulsado por su alta tasa de trabajos académicos publicados y la colaboración universitaria en I+D. Se han registrado un total de 464 investigadores relacionados con la IA y los macrodatos (*Big Data*), de los cuales 141 están especializados en IA. La actividad de la investigación se centra principalmente en Ciudad de México. Entre 2002 y 2017, el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt) apoyó 144 proyectos relacionados con la IA, con una inversión de más de USD 21 millones.

Si bien México cuenta con programas universitarios que incluyen ámbitos relacionados con la IA, deberían lanzarse nuevas titulaciones específicas en el tema a fin de garantizar la existencia de los perfiles profesionales especializados que serán necesarios conforme el proceso de adopción de la IA vaya avanzando en el país.

Cabe destacar la existencia de agrupaciones como la Sociedad Mexicana de IA, formada por profesionales y académicos en el tema, o la IA2030Mx, una coalición multisectorial integrada por profesionales, instituciones académicas, empresas, *startups*, dependencias públicas y otros actores cla-

---

17 En inglés, STEM (*Science, Technology, Engineering and Mathematics*).

ve del ecosistema digital y de la IA en México. Estas organizaciones son fundamentales para avanzar hacia la adopción de la IA en beneficio de todos los mexicanos, fortalecer la coordinación y las sinergias entre sectores, divulgar avances en el campo, facilitar el conocimiento de la IA y potenciar el talento para lograr que el país sea más justo y más competitivo.

Puede considerarse a México el segundo país más preparado de la región para afrontar el impacto de la IA en la economía; sin embargo, tiene oportunidades de mejora cuando se trata de garantizar que los beneficios de la IA se compartan por igual entre todos los ciudadanos. México cosechará ganancias en el mercado laboral con la implementación de políticas que permitan fortalecer aún más la infraestructura del país y desplegar la IA. Si también se incluyen políticas dirigidas a abordar los problemas relacionados con los amplios beneficios sociales de la IA, México podrá garantizar la prosperidad de toda su población.

## Perú

Perú tiene por delante numerosos retos frente a la adopción de la IA, para lograr ser capaz de desarrollar la tecnología, difundirla y procurar que sus beneficios puedan ser aprovechados por toda la sociedad.

La economía peruana tiene una baja capacidad para adoptar nuevas tecnologías y para difundirlas al conjunto de la población, lo cual debería cambiar para que tanto personas como empresas puedan aprovechar la IA en pos de la innovación y la generación de nuevas ideas.

El Gobierno se esfuerza por poner la tecnología al alcance de la población, y ha logrado crear un entorno saludable, propicio para la IA y la innovación. Por ejemplo, los peruanos tienen una red móvil 4G con alta disponibilidad y alta velocidad de descarga, lo cual evidencia un entorno tecnológicamente habilitado que, junto con la disponibilidad de fondos capital riesgo en Perú, facilita el camino a los emprendedores que busquen aprovechar las nuevas oportunidades que ofrece la IA.

En la actualidad, hay una notable escasez de profesionales con alta capacitación en los campos tecnológico y digital en el país. Por lo tanto, se están implementando políticas para atraer talento tecnológico extranjero. Se estima que apenas un 16% de los trabajadores cuenta con las habilidades que se potenciarán con la revolución de la IA. Así, el Estado debe facilitar la formación de toda la población, desde los más pequeños —la fuerza laboral del futuro— hasta las personas de más edad, quienes deberán recapacitarse para poder

desenvolverse en el mercado laboral de los próximos años.

La percepción general es que el talento disponible en la actualidad es muy joven, y además se ha formado mayormente de forma autónoma debido a una oferta poco institucionalizada de educación formal en el campo de la IA. La formación debe ser integral, ya que además de poseer los conocimientos y las capacidades técnicas, los expertos deberán contar con aptitudes interpersonales (*soft skills*). El talento necesario es indispensable a la hora de adoptar la IA en empresas e instituciones, así que los centros de formación, las escuelas y las universidades deberán ampliar su oferta en este campo. Una buena iniciativa que ya se está llevando a cabo es becar a los universitarios para que estudien carreras basadas en CTIM en el extranjero.

Las universidades han sido lentas en la adopción de la IA debido, en parte, a la falta de financiamiento y de sólidos estudios que pongan en evidencia la relevancia predominante de dicha tecnología para ayudar a los estudiantes a lograr objetivos de aprendizaje significativos.

El Gobierno deberá promover y facilitar el proceso de adopción tecnológica por parte de las instituciones y empresas e incentivar la capacitación de sus trabajadores

con programas que incluyan la adquisición de conocimientos en materia de CTIM y de nuevas habilidades orientadas a la gestión de los sistemas inteligentes.

Perú necesita un crecimiento económico estable y sostenido que mejore de forma permanente las condiciones de vida de los peruanos. Para lograrlo, debe dejar de depender tan fuertemente de la economía y de acuerdos entre otros países. La adopción y la difusión de la IA puede ser de gran ayuda en este caso, para promover procesos de innovación virtuosos.

A su vez, debe implementar estrategias de desarrollo productivo asociadas con una adopción de la IA más rápida y generalizada. Perú ya cuenta con sectores que se encuentran cerca de la frontera tecnológica global, pero el panorama general es de una baja capacidad de absorción de los últimos avances digitales. El país debe aumentar la inversión en innovaciones asociadas a la creación y adaptación de tecnologías digitales críticas para la reconversión del sistema productivo.

En cuanto a las empresas, resulta fundamental cambiar muchos de los paradigmas de la cultura empresarial peruana. Estas deben apostar por la colaboración, el trabajo conjunto y la generación de ideas a partir de intereses comunes. Se requiere

además impulsar los proyectos de IA desde posiciones estratégicas dentro de las compañías, de manera que logren implementarse de manera exitosa. Además, la implementación de aplicaciones de IA exige que la dirección permanezca atenta a los cambios que esto representa para los empleados.

En la actualidad, los sectores pioneros en la adopción de la IA en Perú son el financiero, el de telecomunicaciones, la venta minorista y la industria logística. El resto debe adaptarse al nuevo contexto tecnológico para fomentar y apoyar los procesos de transformación digital de las empresas del país.

Por otro lado, Perú también debe revisar y ampliar el marco legal que rige la IA. La ley actual, por ejemplo, limita a 20 segundos el tiempo máximo en el que una persona puede ser atendida por una máquina o robot antes de hablar con un humano.

En relación con la protección de datos, cabe recordar que la legislación peruana tomó la Ley Orgánica de Protección de Datos Personales española de 1999 como referencia normativa, por lo que se remite a un contexto histórico en el cual la cantidad de datos era limitada, y se podía tener control sobre quiénes manipulaban los datos y las finalidades para las cuales se utilizaban.

El rápido avance de la IA conlleva cambios que posibilitan el procesamiento de millones de datos en diversas partes del mundo y por parte de diferentes actores a una extraordinaria velocidad.

Por la tanto, resulta imperioso que Perú actualice su legislación a fin de adaptarla a los nuevos tiempos. Deben regularse situaciones nuevas; además, sin un marco regulatorio sólido, las empresas no pueden avanzar en sus investigaciones e implementaciones relacionadas con la IA.

Por otro lado, falta mucha difusión de la IA entre la población. El 94% de los peruanos siente preocupación respecto de las aplicaciones que utilizan sus datos personales, y el 72% de la ciudadanía las rechaza. Cuando hablamos de IA, la relevancia de los datos es muy significativa, ya que son precisamente la fuente principal para alimentar a los sistemas.

Perú se encuentra en una posición más débil que el promedio de países de la región para acelerar la adopción de la IA. Tiene muchos retos por delante en cuanto a la adopción de la IA y la mitigación de las externalidades socioeconómicas potenciales que resultan de su completo despliegue. Al introducir medidas para capacitar más y mejor al capital humano, potenciar el ecosistema tecnológico del país y continuar

apostando por el acceso equitativo a la prosperidad, es muy probable que logre hacer extensivos los beneficios de la IA a un mayor número de ciudadanos. Por otra parte, mediante la implementación de políticas destinadas a abordar cuestiones relacionadas con los amplios beneficios sociales de la IA, Perú puede garantizar que la totalidad de su población prospere; en especial, aquellos afectados de forma negativa por las modificaciones en el mercado laboral.

Un fuerte compromiso por parte del Gobierno para liderar el desarrollo de una estrategia nacional de IA y una fuerte participación del sector privado, la academia y la sociedad civil serán clave para que Perú maximice los posibles beneficios netos de la IA.

### Puerto Rico

Puerto Rico es líder en políticas que garantizan la igualdad de acceso y una gobernanza adecuada. Las políticas puertorriqueñas relevantes en este aspecto pueden atribuirse al hecho de que Puerto Rico es un Estado Libre Asociado de Estados Unidos y, por tanto, adopta los marcos legales de la parte continental.

El país registra niveles relativamente bajos de desigualdad de género, con una alta participación de mujeres en programas

CTIM (38,5% en la educación post-secundaria). Tanto el sector privado como el sector público y la población han mostrado su apoyo para que la presencia del género femenino en este ámbito siga aumentando. Numerosas iniciativas de entidades sin ánimo de lucro alientan a las jóvenes y potencian su interacción con la comunidad científica.

Con una economía fuertemente impulsada por la tecnología y la manufactura, Puerto Rico se beneficia de las personas graduadas en el campo CTIM. Destaca la capacidad del país para adaptar el talento a la nueva demanda y disponer de profesionales con el conocimiento y las habilidades adecuadas para atender nuevos mercados. Puerto Rico es líder en políticas laborales activas, lo que demuestra un fuerte apoyo a las iniciativas de actualización que resultan tan cruciales de cara a la revolución de la IA, ya que permiten reconfigurar el perfil laboral de las personas que se desempeñan en puestos de trabajo cuya desaparición se prevé en un futuro cercano.

Si se cuenta con una red de seguridad bien desarrollada y ajustada a las condiciones macroeconómicas, podrán mitigarse adecuadamente los posibles riesgos de la IA y abordarse los cambios en la demanda laboral.

Puerto Rico podría fomentar un entorno más propenso a la innovación y al desarrollo de tecnología empresarial. Debido a que las normas regionales y la cultura social no fomentan un entorno empresarial, las oportunidades para estimular el desarrollo local de negocios y de propietarios con visión de futuro se encuentran limitadas.

Puerto Rico tiene el menor número de mipyme frente al resto de los países analizados, con una estimación de 1 mipyme por cada 1.000 personas, muy por debajo de la media de la región, situada en 25. Así pues, queda como asignatura pendiente fomentar el espíritu emprendedor e incentivar la creación de *startups* tecnológicas.

En relación con la educación, Puerto Rico muestra un nivel de conocimiento sobre CTIM de los estudiantes que podría mejorarse. También debería aumentar su esperanza de vida escolar. Algunos de los problemas relacionados con la educación pueden deberse a los contratiempos derivados de los desastres naturales; por ejemplo, el huracán María, que acabó con escuelas y provocó altas tasas de abandono escolar. Para mejorar su capacidad de desarrollar IA, Puerto Rico debería mejorar sus estándares de formación, estimular la escolarización y establecer acciones para mitigar los efectos que producen los desastres naturales en la educación. Los es-

fuerzos recientes que la comunidad ha realizado al poner en marcha escuelas chárter y programas de cupones suponen una alternativa al sistema escolar público, el cual se ha visto perjudicado por las crisis financieras y ambientales.

Puerto Rico se encuentra en una buena posición respecto de los países latinoamericanos, que le permite asegurar que los beneficios de la IA aporten por igual a todos los ciudadanos; no obstante, aún quedan mejoras por realizar en el campo de la adopción de la IA. Si se implementan políticas para que la infraestructura tecnológica sea más robusta y permita adoptar la IA, el país conseguirá mejorar el mercado laboral con un incremento de la productividad y un cambio ascendente en la demanda de profesionales con alta capacitación.

## BENEFICIOS ECONÓMICOS DE LA IA POR PAÍSES

Para lograr una trayectoria rápida de adopción de la IA acompañada de un crecimiento de la productividad, destaca la importancia de establecer políticas en los siguientes ámbitos:

- Estrategias de política industrial 4.0, que estimulen y faciliten una rápida y masiva adopción de IA y otras tecnologías por parte de las empresas.

- Estrategias de educación e inversión en capital humano que preparen a los futuros trabajadores y faciliten la readaptación de los existentes, con el objetivo de que puedan complementarse de forma virtuosa con la IA y otras nuevas tecnologías.
- Estrategias que brinden una adecuada protección social a quienes enfrenten mayor dificultad de reinserción en el mercado laboral, mitigando el riesgo de un marcado aumento de la desigualdad socioeconómica, y de las posibles consecuencias que ello podría conllevar en términos de paz en la región.

Cabe resaltar que estas condiciones son necesarias pero no suficientes para lograr un proceso de crecimiento óptimo. Promover un crecimiento basado en la productividad para la economía exige también corregir factores que históricamente han frenado el crecimiento sólido, sostenido e inclusivo; entre ellos, la volatilidad macroeconómica y la fuerte desigualdad de oportunidades e ingresos, e incluso diversos elementos que debilitan el sistema político, la calidad institucional y la cohesión social. Sin duda, los desafíos son grandes, pero las oportunidades, mucho mayores.

La adopción de la IA tendrá un notable efecto en todos los sectores productivos. Ciertamente, existen contrastes entre sec-

tores que podrán resultar más beneficiados que otros. Un factor decisivo en este sentido será el grado de susceptibilidad de automatización de las tareas y las ocupaciones. En general, los puestos que comprenden tareas que demandan mayor calificación y educación tienden a ser menos susceptibles de ser automatizados. Por el contrario, es más probable que sean automatizadas aquellas ocupaciones con un alto volumen de tareas que requieren menor calificación y son más rutinarias.

Cabe destacar que la alta probabilidad de automatización de un empleo no implica su desaparición, sino que muchas de las tareas que involucra puedan ser fácilmente automatizables por sistemas inteligentes. Ello supone que la adopción de la IA podría liberar tiempo y capacidad del trabajador para realizar otras tareas que con la tecnología actual no tiene tiempo de llevar a cabo. Es aquí donde radica la capacidad de la IA de aumentar la productividad.

Como también es cierto que algunas actividades y profesiones desaparecerán en un futuro no muy lejano, será necesario reubicar a esos trabajadores en otras ocupaciones. Es posible que algunos de ellos se mantengan desempleados durante un tiempo considerable, e incluso los perfiles de mayor edad podrían no lograr reubicarse en el mercado laboral. Por este motivo,

es de vital importancia que los gobiernos actúen con conocimiento, previsión y decisión.

Como toda revolución, la adopción de la IA comportará riesgos que cada país deberá abordar. Sin embargo, los beneficios previstos para la economía y en general para la sociedad superan notablemente los posibles inconvenientes. En las secciones subsiguientes se detallan los beneficios previstos de la adopción de la IA en las diferentes economías analizadas.

### **Beneficios para la economía en Colombia**

Si el Gobierno colombiano impulsara la adopción de la IA de forma considerable, en 10 años Colombia podría llegar a aumentar su PIB hasta 6,8%, con un crecimiento anual en productividad tres veces mayor al proyectado para la próxima década si no se adoptaran sistemas inteligentes.

El sector de servicios profesionales empresariales aumentaría de forma notable creando hasta 5 millones de empleos nuevos en 2030. Otros sectores que también crearían cientos de miles de puestos de trabajo son el sector público, el comercio, la hotelería, el turismo, la construcción y la industria.

La calidad de los puestos de trabajo sería mucho mayor que la actual: se demandarían profesionales más preparados, con conocimientos tecnológicos y mayor especialización. Los empleos de alta capacitación podrían llegar a representar el 50% del total. Sería necesario desarrollar iniciativas que formen y reconfiguren a parte de la población, para adaptar sus conocimientos y habilidades a aquello que demanda el nuevo contexto.

Asimismo, se abrirían nuevas oportunidades para un crecimiento económico y social más equitativo, con posibilidades de mejora en términos de igualdad social, acceso a educación de calidad y capacitación tecnológica. Esta evolución podría ir acompañada de un cambio social y cultural que contribuiría a zanjar la brecha digital, disminuir la alta tasa de informalidad actual y reducir conflictos violentos.

### **Beneficios para la economía en Costa Rica**

Impulsada por la IA, en 10 años Costa Rica podría incrementar su tasa de crecimiento del PIB: desde las proyecciones actuales de 3,5% de crecimiento promedio anual hasta 2030, hasta niveles que van de 5,6% hasta 7,8% (dependiendo del grado de adopción de la IA). De ser así, este impulso conllevaría un notable incremento en la

productividad y en la demanda de trabajadores más calificados.

Los puestos que requieren alta calificación podrían llegar a incrementarse en un 51% para la siguiente década, en casi todos los ámbitos. Los tres sectores que experimentarían una mayor demanda de empleo calificado serían los servicios de negocios (490.000 nuevos puestos de trabajo), la manufactura (20.000) y el sector de la construcción (10.000).

### **Beneficios para la economía en México**

México notaría sustanciales cambios en su economía con una adopción moderada de la IA. En 10 años cuadriplicaría su productividad respecto a la prevista si no se adoptara la IA, y casi duplicaría su PIB, llegando al 4,6%. Los trabajadores altamente calificados casi que se duplicarían, llegando a conformar un 45% de la fuerza laboral, lo cual representa un aumento de 6,8 millones de trabajadores altamente calificados; por su parte, la demanda de empleados poco calificados podría reducirse en 4,5 millones.

Si la adopción de la IA fuera mayor, México podría llegar a alcanzar un PIB de 6,4%, y el sector de servicios profesionales empresariales emplearía hasta 13 millones de personas, triplicando el número de puestos generados y convirtiéndose en el sector

que concentraría más trabajadores. Asimismo, aumentaría la demanda de gerentes y profesionales altamente calificados en este sector.

A medida que se incrementa la adopción de la IA, crecería exponencialmente la demanda de trabajo menos intensivo en capital y se reduciría la demanda de mano de obra de baja y mediana calificación. Con la adopción de la IA, hasta 9,8 millones de empleos en México (es decir, 19% del total) se verían afectados de alguna manera por la irrupción de la IA en los próximos 20 años: algunos serían complementados con sistemas inteligentes mientras que otros serían directamente sustituidos por ellos.

El impacto incidiría de forma notable en el sector industrial y en el sector de la construcción, con un perfil masculino de baja capacitación que quedaría especialmente damnificado. Las políticas públicas deberían, por tanto, enfocarse específicamente en estos sectores, a fin de guiar la transformación y minimizar el desorden social. Otros sectores también tendrían una alta proporción de puestos de trabajo afectados; sin embargo, su tamaño relativamente pequeño provocaría que los impactos sociales y económicos fueran menos severos en relación con la economía global.

## **Beneficios para la economía en Perú**

Suponiendo que Perú sea capaz de llevar a cabo una alta adopción de IA, en 10 años podría ver su PIB casi duplicado con respecto a las previsiones para la misma década sin adopción de IA. Aun con una adopción más moderada, la productividad se vería más que triplicada (de 2,4% sin adopción a 7,3%).

La industria de servicios empresariales sería la que registraría un mayor crecimiento, con 2,9 millones de empleos creados (279% de empleos adicionales u horas equivalentes en 2030 respecto de las previsiones para ese año sin adopción de IA). Por otro lado, los servicios al cliente experimentarían una drástica reducción en cuanto a horas de trabajo, seguidos de los puestos de trabajo más elementales en el sector agrícola y los servicios públicos.

Se incrementaría la demanda de mano de obra calificada en prácticamente todos los sectores, con una demanda de trabajadores altamente calificados que aumentaría en un 65%, lo cual reducirá la demanda de trabajadores medianos y poco calificados.

## **Beneficios para la economía en Puerto Rico**

Solo con un impulso mínimo de IA, en la próxima década el país triplicaría su productividad respecto de la prevista para los próximos 10 años sin adopción de IA, alcanzando un PIB de 2,7%. Si la adopción de IA fuera mayor, podría llegar a alcanzar un PIB de 3,8% y mejorar aún más la productividad. No obstante, estos picos de productividad se enfrentarían con una contracción de la demanda laboral y esto resultaría en una disminución de la demanda de horas laborales en todos los sectores, excepto los de manufactura y construcción, que experimentarían una expansión marginal.

Los técnicos y profesionales asociados al sector de servicios empresariales serían de los perfiles más demandados, junto con los trabajadores de servicios y ventas en el sector de servicios públicos. Las ocupaciones elementales y los puestos gerenciales en el sector de servicios al cliente experimentarían cierto crecimiento en comparación con las proyecciones previstas sin adopción de IA.

## RECOMENDACIONES

La experiencia de las revoluciones industriales previas sugiere que los países que más rápido adoptan las nuevas tecnologías son los que a su vez obtienen más oportunidades de crecimiento.

Con el propósito de optimizar y agilizar la adopción de la IA en los países analizados, se proponen las siguientes recomendaciones:

### **Establecer acciones estratégicas y de coordinación:**

El enfoque correcto que deben seguir los países de ALC se basa en tres pilares:

- Potenciar la capacidad tecnológica e industrial e impulsar la adopción de la IA en todos los ámbitos de la economía, tanto en el sector privado como en el público.
- Preparar el terreno para los cambios socioeconómicos que genere la IA.
- Garantizar el establecimiento de una gobernanza segura y ética.

Los niveles de inversión para la IA en la región son bajos y fragmentados en relación con otras partes del mundo, como Estados Unidos o China.

### **Maximizar las inversiones a través de asociaciones:**

Para facilitar y reforzar la inversión en IA, así como para maximizar su impacto en los sectores público y privado, se requiere aunar esfuerzos entre los gobiernos y el sector privado. La región de ALC en su globalidad podrá tener un impacto y establecer su autonomía estratégica en materia de IA solo si los países que la componen dirigen sus inversiones en la misma dirección a través de una programación conjunta y aprovechan inversiones privadas significativas.

### **Allanar el camino hacia una nueva asociación sobre IA:**

Hoy en día, la IA se aborda en diferentes asociaciones público-privadas (APP), en particular en las APP de robótica y macro-datos, con agendas de investigación e innovación independientes. La comunidad de investigación académica también está organizada en redes tales como la asociación América Latina para la IA. Por lo tanto, se trabajará junto con la industria y el mundo académico en la creación de una agenda de investigación e innovación común en este campo. Sobre la base de las fortalezas de ALC, el objetivo será el desarrollo de un ecosistema dinámico de innovación sobre IA en todo el continente, fo-

mentando una estrecha cooperación entre la industria y el mundo académico, y reforzando la competitividad en toda la cadena de valor de la IA. Para ello, inicialmente se facilitarán los debates con los interesados de las APP de robótica y macrodatos, para luego expandirlos a los representantes de todos los actores relevantes de la industria y los institutos de investigación, con miras a desarrollar una agenda común de investigación estratégica e innovación para la IA que requerirá de la creación de un grupo de líderes.

Los Gobiernos de ALC podrían considerar organizar el trabajo descrito en varios documentos y debates acerca de los impactos de la IA en la economía y la sociedad en general, o bien, en el caso de Colombia, formar un subgrupo de la actual Comisión Intersectorial para el Desarrollo de la Economía Digital, que está compuesto por varios ministros de Gobierno y directores de departamentos y presidido por el Ministerio de Tecnologías de la Información y Comunicaciones (MinTIC).

En cuanto a crear un Consejo Nacional para el Desarrollo de la IA (NCDAI, por sus siglas en inglés), podría estar conformado por organismos nacionales y provinciales y por funcionarios del Gobierno municipal, legisladores, líderes empresariales, miembros de la sociedad civil y académicos en

los niveles más altos. Su primera tarea sería formular la estrategia de IA como una política estatal. Partiendo de una estrategia nacional, el NCDAI coordinaría a todas las partes interesadas relevantes y asesoraría al Poder Ejecutivo sobre cómo implementar una estrategia coherente para el desarrollo de la IA a nivel local y nacional. Los elementos fundamentales de esta estrategia deben incluir los sectores clave a los que se puede apuntar para la adopción temprana de la IA, asignaciones presupuestarias para cada iniciativa de IA y definiciones claras de roles y responsabilidades entre las partes interesadas del país.

El NCDAI podría estar bajo el liderazgo del asesor presidencial para la innovación y la transformación digital (PAIDT, por sus siglas en inglés) dentro del Departamento Administrativo del Presidente. Su principal responsabilidad sería complementar el trabajo de las coaliciones multisectoriales existentes y unir los intereses federales, departamentales y municipales con los órganos legislativos, el sector empresarial, la sociedad civil y la academia. El NCDAI asesoraría al MinTIC, al PAIDT, al Departamento de Planificación Nacional y al Consejo de Ministros del Ejecutivo sobre el desarrollo inclusivo de la IA en Colombia, en línea con los objetivos de las políticas nacionales.

## **Buscar alianzas para la inversión en IA:**

Resulta clave para ALC identificar e invertir en la próxima generación de IA y extenderla ampliamente. Un elemento importante es lograr que haya suficiente inversión disponible para las empresas emergentes (*startups*) de nueva creación en su etapa inicial, así como para las empresas en su fase de ampliación. A tal fin, se tiene como objetivo poner a disposición recursos para empresas emergentes e innovadoras en IA y *blockchain* en su etapa inicial, así como para empresas en su fase de ampliación, utilizando instrumentos existentes tales como capital riesgo (*venture capital*). Inicialmente, deberían movilizarse USD 100 millones en 2021. Dado que ciertas aplicaciones iniciales de *blockchain* que utilizan minería (*bitcoin*) consumen grandes cantidades de energía, en los criterios de selección de inversión para dicho programa financiero se dará preferencia al apoyo a las nuevas infraestructuras y aplicaciones de *blockchain* de eficiencia energética. Las actividades podrían centrarse en:

- Financiar una cartera de empresas innovadoras de IA/*blockchain*.
  - Desarrollar en ALC una comunidad de inversores dinámica centrada en IA.
  - Multiplicar las inversiones a nivel nacional involucrando a los bancos nacionales de promoción que estén dispuestos a participar.
- Incentivar las inversiones del sector privado.
  - Hacer que ALC se vuelva más atractiva para que las nuevas empresas se queden y crezcan.

En los años subsiguientes, la IA y las *blockchain* podrían recibir más apoyo.

Tal como se ha comentado en el apartado sobre regulación mundial, cada país ha tomado la iniciativa pertinente para prepararse de cara a la Cuarta Revolución Industrial. A continuación, se muestran, como ejemplo, algunos de los países que también han tomado iniciativa, aunque prácticamente no han empezado.

### **Colombia**

El Gobierno colombiano ya ha demostrado un alto grado de compromiso y una voluntad de adoptar un enfoque proactivo para garantizar que Colombia aproveche la oportunidad transformadora creada por las nuevas tecnologías como la IA. Colombia podría beneficiarse significativamente de un mayor grado de diversificación económica y así reducir su dependencia excesiva de la industria extractiva, al aprovechar los nuevos motores de crecimiento y hacer que los sectores establecidos sean más productivos. En estos sectores, la IA puede desempeñar un papel primordial. El Gobierno re-

conoce esta necesidad, tal como lo demuestran sus aspiraciones de promover la Cuarta Revolución Industrial de Colombia liderada por tecnologías innovadoras, especialmente la IA, y su Plan de Economía Naranja, que tiene como objetivo renovar el modelo económico del país y preparar a los ciudadanos para los trabajos del futuro.

Afortunadamente, el Gobierno colombiano ya ha priorizado la creación de una AIS que se convierta en política de Estado. En noviembre de 2019, Colombia se convirtió en el primer país de América Latina en adoptar oficialmente una AIS cuando el Gobierno publicó y aprobó un nuevo Documento CONPES (Política Nacional para la Transformación Digital e Inteligencia Artificial) (CONPES 3975). A través de esta política, el Gobierno tiene como objetivo aprovechar y maximizar el valor social y económico derivado de la adopción de tecnologías innovadoras, incluida la IA, impulsando acciones estratégicas que permitan que la transformación digital de Colombia mejore la productividad y el nivel de vida, al tiempo que se mitigan los riesgos. El Documento CONPES describe 14 principios que deben priorizarse para el desarrollo de la IA en Colombia, junto con otras iniciativas de transformación digital que deben implementarse antes de 2022, lo que convertirá a Colombia en un líder regional en la formulación de políticas de IA.

Se espera que este plan sea financiado por varias entidades gubernamentales, con inversiones totales superiores a USD 32,23 millones (Departamento Nacional de Planeación, 2019).

Esto sigue a otras iniciativas iniciales acentradoras que el Gobierno ya ha impulsado para promover el desarrollo de la IA en Colombia. Por ejemplo, en mayo de 2019, Colombia adoptó formalmente las recomendaciones y los principios del Consejo de IA de la OCDE, lo cual sirvió de guía para la formulación de políticas de IA en el país (MinTIC, 2019). En abril de 2019, la ciudad de Medellín se convirtió en el hogar del primer Centro del Foro Económico Mundial para la Cuarta Revolución Industrial en ALC. El Centro presenta a Colombia la oportunidad única de ser uno de los epicentros mundiales donde diseñar y probar políticas públicas innovadoras en términos de tecnologías emergentes, incluida la IA, que reúne a gobiernos, empresas, sociedad civil, academia y organizaciones internacionales de todo el mundo.

## Costa Rica

Antes de que Costa Rica intente abordar desafíos específicos relacionados con la adopción e inclusión de la IA, el Gobierno debería considerar acelerar la implementación de la Estrategia de Transformación

Digital hacia la Costa Rica del Bicentenario 4.0: 2018–2022 (“Estrategia para la Transformación Digital”, o SDT, por sus siglas en inglés), ya que se relaciona con los elementos descritos en términos de IA. Mejor aún, el Gobierno podría elaborar una estrategia independiente para la IA que se convierta en la política oficial del Estado.

La buena noticia es que Costa Rica no está comenzando desde cero, y que parecen ser altos los niveles de colaboración interna y de compromiso de las partes interesadas que son clave para avanzar en el campo de la IA. Un buen ejemplo de colaboración productiva entre los sectores público y privado, la academia y la sociedad civil ocurrió en torno a la publicación en 2018 del estudio “Inteligencia artificial y crecimiento económico”, donde se presentan oportunidades y desafíos para Costa Rica que generaron un intenso debate sobre cómo el país podría acelerar la implementación de la SDT establecida por el Gobierno actual.

## México

Como se mencionó anteriormente, para la inclusión de la IA, el Gobierno mexicano debería considerar priorizar la creación de una Estrategia de Inteligencia Artificial (AIS, por sus siglas en inglés) que se convierta en una política de Estado. Aunque

se han realizado esfuerzos importantes para fomentar un debate nacional sobre la implementación de la IA en México en los sectores público y privado, la academia y la sociedad civil, estos han sido realizados por coaliciones multisectoriales como la IA-2030-Mx de 2018 (que cuentan con el apoyo del Secretario de Asuntos Exteriores, el Secretario del Interior y Nacional de México y el Consejo de Ciencia y Tecnología, o “CONACYT”), y el Gobierno mexicano debe continuar liderando la coordinación de todos estos esfuerzos y avanzar hacia una AIS nacional. El documento IA-2030-Mx de 2018 fue presentado por la Coordinación de Estrategia Digital Nacional con el propósito de avanzar en las recomendaciones de corto plazo y sentar las bases para acciones de gran envergadura hacia 2019.

En la misma línea, en marzo de 2018, una iniciativa de múltiples partes interesadas dirigida por Oxford Insights y C-minds y financiada por la Embajada Británica en México, en cooperación con los representantes del Gobierno mexicano, publicó el estudio “En miras hacia una Estrategia de Inteligencia Artificial (IA) en México: Aprovechando la Revolución de IA”.

## Perú

Antes de que Perú intente abordar desafíos específicos relacionados con la adopción e inclusión de la IA, el Gobierno peruano debería considerar priorizar la creación de una AIS que se convierta en una política de Estado; sin embargo, aún no ha hecho ningún anuncio explícito en este sentido. A su vez, podría aprovechar la Política Nacional para el Desarrollo de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación Tecnológica como un trampolín para comenzar a fomentar el desarrollo de la IA en el país. Esta Política tiene seis estrategias clave, que incluyen:

- Promover la generación y la transferencia de conocimiento científico y tecnológico.
- Promover y desarrollar nuevos incentivos que aumenten las actividades científicas y tecnológicas.
- Promover la formación de capital humano.
- Mejorar la calidad de los centros de investigación.
- Generar información de alta calidad sobre el desempeño de los Miembros del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología (SINACYT).

- Fortalecer las instituciones de ciencia, tecnología e innovación en todo el país (Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica [CONCYTEC], 2016).

Si bien esta Política no se enfoca en la IA *per se*, sus necesidades y objetivos podrían actuar como una plantilla en pos de una estrategia nacional centrada exclusivamente en IA. Asimismo, el Gobierno peruano podría considerar aprovechar las medidas del Plan Nacional de Competitividad y Productividad<sup>18</sup> anunciado en julio de 2019. Este plan del Ministerio de Economía y Finanzas, que incluye nueve prioridades separadas y comités técnicos público-privados para cada prioridad, tiene como objetivo modernizar la economía mediante la implementación de normas tecnológicas y la adaptación del Estado frente al futuro del trabajo.

## Puerto Rico

Antes de que Puerto Rico intente abordar desafíos específicos relacionados con la adopción y la inclusión de la IA, el Gobierno puertorriqueño debería considerar la creación de una AIS en toda la isla que se convierta en una política oficial del Estado Libre Asociado. Como territorio no incorporado

18 [https://www.mef.gob.pe/contenidos/archivos-descarga/PNCP\\_2019.pdf](https://www.mef.gob.pe/contenidos/archivos-descarga/PNCP_2019.pdf).

de Estados Unidos, Puerto Rico puede aprovechar algunas estrategias, programas e iniciativas federales de IA que ya existen a nivel nacional. Puerto Rico podría hacer uso de los recursos y marcos federales de IA que actualmente tiene a disposición, aunque también podría aspirar a más. Será necesario desarrollar una AIS e implementarla localmente en la isla. Esto permitirá que Puerto Rico pueda liderar mejor en este espacio, maximizar los beneficios de la IA para su población e industria, así como gestionar los riesgos y garantizar una adecuada colaboración entre todas las partes interesadas que son clave para el desarrollo y la implementación de la IA.

Al elaborar una AIS, los formuladores de políticas puertorriqueños también pueden promover políticas con matices, que reflejen la realidad socioeconómica de la isla, tales como una situación fiscal desafiante y las necesidades y valores de la población para fomentar una nueva ola de transformación y un desarrollo económico inclusivo. Algunos estados de Estados Unidos — California, por ejemplo— han comenzado a tomar medidas proactivas en esta dirección, que Puerto Rico podría examinar para inferir elementos de su propia estrategia. Se puede obtener más inspiración de las estrategias nacionales, incluida la de los Estados Unidos continentales.

Las áreas específicas de enfoque para que los gobiernos apoyen el desarrollo inclusivo y la difusión de la IA se dividen en cinco categorías principales:

- Gobierno, servicios públicos y gobernanza.
- Educación, habilidades y desarrollo de capacidades.
- Investigación, innovación y desarrollo.
- Infraestructura tecnológica.
- Ética, regulación y legislación.

## Fondo de estabilización

### El caso de Colombia

Colombia continúa enfrentando importantes obstáculos fiscales, incluida una deuda pública considerable. Si bien el Gobierno se ha comprometido firmemente con la responsabilidad fiscal gracias al esfuerzo de cumplir con los objetivos anuales de déficit fiscal del comité de reglas fiscales independientes a fin de promover la consolidación fiscal, podría continuar con los esfuerzos para asignar recursos a un fondo especial y así mitigar los costos de transición de la IA. El modelo económico predice que la economía colombiana podría crecer mucho más rápido si se maximizara la adopción de IA, aumentando los ingresos fiscales y ayudando al Gobierno a expandir significativamente el gasto social en el camino.

Sin embargo, el modelo no estima qué tan rápido se superpondrá la búsqueda inicial de eficiencia de los empleadores con la creación de nuevas industrias y empleos, lo que posiblemente genere una situación en la que los ingresos del Gobierno no satisfagan la necesidad de intervenir en los mercados laborales para volver a capacitar a los trabajadores y proporcionar pagos de asistencia social a aquellos que se retrasan temporalmente. El Gobierno colombiano puede considerar la creación de un fondo de estabilización de IA que ayude a financiar iniciativas de reciclaje de firmas. Este fondo podría ser similar o incorporarse al Fondo de Ciencia, Tecnología e Innovación (FCTI) actual, que cuenta con privilegios del sector extractivo. Los afiliados del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación pueden acceder a los fondos del FCTI. Sin embargo, como señaló la OCDE, se debe priorizar una mayor estabilidad para este fondo ya que depende de los precios volátiles de los productos básicos (OCDE, 2019). También podría recibir recursos a través de impuestos especiales sobre las ganancias comerciales derivadas de las aplicaciones de IA o de las empresas de tecnología en general. El fondo debe estar separado del presupuesto anual del Gobierno de Colombia para que sus fondos no puedan ser utilizados para fines que no sean la calificación y el seguro de empleo.

Por su parte, las iniciativas de recapacitación podrían estar dentro del ámbito del Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA), una institución pública dentro del Ministerio de Trabajo que ofrece programas de capacitación profesional para que los trabajadores desarrollen habilidades integrales y capacidades tecnológicas y participen en actividades productivas que impulsen el empleo y las actividades sociales.

### **El caso de Costa Rica**

El fuerte compromiso de Costa Rica con la responsabilidad fiscal ha permitido al país evitar otra crisis de deuda como la que experimentó en 1982, ganándose el respeto de los mercados y los inversores como un lugar confiable para invertir y hacer crecer negocios. Se espera que Costa Rica pueda capturar la mayoría de los posibles efectos secundarios positivos de la adopción de IA, ayudando a aumentar los ingresos fiscales junto con la expansión de las industrias nuevas y existentes. Sin embargo, el ritmo del desplazamiento del trabajo podría superar el crecimiento de los ingresos del Gobierno, limitando su capacidad de intervenir en los mercados laborales para volver a capacitar a los trabajadores y proporcionar pagos de asistencia social para aquellos que se quedan atrás, al menos a corto y medio plazo. Se cree que el Gobierno costarricense puede considerar

adelantarse a la interrupción del mercado laboral de IA y crear un fondo de estabilización que podría financiarse a través de impuestos especiales sobre los beneficios comerciales derivados de las aplicaciones de IA, o en compañías de tecnología en general.

### **El caso de México**

México también cuenta con la responsabilidad fiscal, que en el Gobierno actual se ha profundizado a través de la llamada “austeridad republicana”, la cual ha permitido que el país enfrente las crisis del mercado de manera más eficiente que la mayoría de los países de ALC. Se prevé que la economía mexicana podría crecer mucho más rápido si se maximizara la adopción de IA, lo que aumentaría los ingresos fiscales y a su vez ayudaría al Gobierno a ampliar el gasto social de forma considerable. Sin embargo, del mismo modo que ocurre con Colombia, se desconoce qué tan rápido se superpondrá la búsqueda inicial de eficiencia de los empleadores con la creación de nuevas industrias y empleos, lo que podría generar una situación en la que los ingresos del Gobierno no se mantengan. Y que surja la necesidad de intervenir en los mercados laborales para recapacitar a los trabajadores y proporcionar pagos de asistencia social a aquellos que se quedan atrás temporalmente. Como tal, el Go-

bierno mexicano puede considerar la creación de un fondo de estabilización de IA que ayude a financiar iniciativas de renovación de la firma —por ejemplo, Jóvenes Construyendo el Futuro—, o programas de educación —por ejemplo, Becas para el Bienestar—. (Más adelante se sugiere la adaptación de estos programas para incorporar habilidades relevantes para nuevas IA y trabajos habilitados.)

### **El caso de Perú**

El fuerte compromiso de Perú con la responsabilidad fiscal le ha permitido evitar medidas de austeridad agudas cuando los ingresos fiscales han fallado durante las recesiones del mercado. Se espera que Perú pueda aprovechar la mayoría de los posibles efectos secundarios positivos que conlleva la adopción de IA, ayudando a impulsar los ingresos fiscales para gastos adicionales en el camino. Sin embargo, el desplazamiento del trabajo podría superar el crecimiento de los ingresos del Gobierno, limitando su capacidad para intervenir en los mercados laborales para volver a capacitar a los trabajadores y proporcionar pagos de asistencia social a aquellos que se quedan atrás, al menos en el corto plazo. Se cree que el Gobierno peruano podría adelantarse a la interrupción del mercado laboral de IA y crear un fondo de estabilización que podría financiarse a través de impues-

tos especiales sobre las ganancias comerciales derivadas de las aplicaciones de IA, o en compañías tecnológicas en general. Este fondo debería estar separado del presupuesto fiscal anual del país para que sus fondos no puedan ser utilizados para fines que no sean la recapacitación laboral y el seguro.

### **El caso de Puerto Rico**

Puerto Rico continúa enfrentando obstáculos fiscales desafiantes mientras maneja un proceso similar a la bancarrota en medio de una deuda pública insostenible y pasivos del sistema de pensiones. A pesar de fuentes de ingresos insuficientes y obligaciones pendientes, el Gobierno debe idear de forma proactiva un plan fiscal para asignar recursos hacia un fondo especial, a fin de mitigar y disminuir los posibles costos asociados con la transición de IA. Se espera que Puerto Rico pueda aprovechar la mayoría de los efectos secundarios positivos de la adopción de IA, con el propósito de ayudar a impulsar los ingresos fiscales de este fondo. Sin embargo, la principal preocupación es que la tasa de desplazamiento del empleo podría superar el crecimiento de los ingresos del Gobierno, limitando su capacidad de intervenir en los mercados laborales y así recapacitar a los trabajadores y garantizarles redes de seguridad —al menos en el corto plazo— a

los trabajadores desplazados. El Gobierno podría revisar su actual estructura de bienestar y analizar si hay margen para la optimización o la reorganización de fondos, con el objetivo de comenzar a adelantarse a las interrupciones del mercado laboral de IA, creando un fondo de estabilización de IA. Este fondo también podría financiarse a través de impuestos especiales sobre las ganancias comerciales derivadas de las aplicaciones de IA, o en compañías tecnológicas en general. El fondo debe separarse del presupuesto fiscal anual de la Commonwealth para que sus fondos no puedan utilizarse para fines distintos a la recapacitación laboral y el seguro.

### **Cooperación global**

Una parte importante de las recomendaciones es la cooperación global adoptando la bandera de la IA y fortaleciendo la participación en foros internacionales sobre el desarrollo responsable de la IA; por ejemplo, el “AI for Good Global Summit”, organizado por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT). Del mismo modo, es importante que ALC continúe participando activamente en el Foro Económico Mundial y la Alianza Global para Datos Sostenibles, cuyo objetivo principal es aprovechar los macrodatos para acelerar el logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

## **Recomendaciones en materia educativa**

El sector académico está mejor posicionado para influir activamente en las mejoras del capital humano y para fomentar las conversaciones correctas sobre el desarrollo y la implementación de la IA de manera imparcial. La generación y difusión de las mejores prácticas sobre la adopción inclusiva de la IA recae en mayor medida en las instituciones académicas. Además de apoyar y mejorar la estrategia nacional de IA de ALC y su papel clave en los esfuerzos de investigación e innovación, se cree que el sector académico debería priorizar dos áreas estratégicas:

- Ayudar a acelerar la transformación del sistema educativo de ALC en línea con los cambios necesarios en el plan de estudios obligatorio, los tipos de títulos y las oportunidades de reciclaje. Cabe destacar que muchas universidades de la región ya disponen de especializaciones y programas en IA. Se trata de iniciativas alentadoras; sin embargo, aún queda más por hacer en todos los niveles educativos, y en términos de acceso y financiamiento, lo que requiere una fuerte cooperación entre las instituciones académicas y el Gobierno.
- Permitir que ALC aproveche las mejores prácticas extranjeras: las universidades podrían fortalecer los intercambios académicos y los gobiernos de los paí-

ses de ALC podrían diseñar programas de becas con universidades líderes en el campo de la IA, como el Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT) o el Instituto Weitzman de Israel e instituciones de investigación de vanguardia de todo el mundo, como el Instituto Turing del Reino Unido. Estos programas podrían contener incentivos o mecanismos de cumplimiento para que los estudiantes regresen a sus países a mediano plazo, o para colaborar con instituciones y/o empresas y que su conocimiento se filtre en las industrias de la economía de la región. La tarea de poner en marcha los programas probablemente correspondería a una entidad en la órbita del Ministerio de Educación que promueva la educación superior a través de mecanismos de financiación y apoyo para estudiantes desfavorecidos y estudiantes de alto rendimiento, e impulse oportunidades de estudio a nivel internacional para estudiantes de ALC, ofrecidas por gobiernos extranjeros y organizaciones internacionales.

## **Incentivar la inscripción de las mujeres en estudios de grado de CTIM**

Incluso los países líderes en IA, como Estados Unidos y China, sufren actualmente de la escasez de talento para apoyar el crecimiento de las tecnologías y aplicaciones

de IA, y se espera que la situación se mantenga en los próximos años. Una de las formas más radicales en que los países pueden mejorar la oferta de trabajadores de CTIM es incentivando una mayor inscripción de mujeres en grados de CTIM, la cual se encuentra rezagada respecto de la inscripción masculina en todos los países. A tal fin, los gobiernos de ALC podrían desarrollar, en años específicos, programas que aborden las causas profundas de la baja matriculación femenina en los títulos de CTIM, que en la mayoría de los países tienden asociarse con:

- Los estereotipos de los trabajos de CTIM como “trabajos para hombres”.
- La falta de visibilidad de los modelos femeninos a seguir en el campo de las ciencias y la industria de la tecnología.
- Sesgos de género que instauran la idea de que las mujeres tienen capacidades inferiores en matemáticas y ciencias.
- Una cultura laboral desfavorable para las mujeres en los campos relacionados con CTIM.

Abordar la baja matriculación femenina será clave para fomentar una mayor adopción de la IA, pero también tiene otra implicación importante: garantizar la ausencia de una brecha de género en cuanto a la capacidad de las mujeres para acceder a puestos de alta habilidad y mejor remunerados.

### **Crear un programa nacional de aprendizaje sobre IA y Ciencias de los Datos**

La región de ALC puede considerar respaldar el aprendizaje en empresas que utilizan IA en sus procesos comerciales o que requieren capacidades de Ciencias de los Datos para acelerar la adquisición de habilidades relevantes de IA entre las generaciones más jóvenes. Con ese fin, el Gobierno podría proporcionar mayores incentivos a las empresas tecnológicas establecidas o a las nuevas empresas tecnológicas para que se inscriban en este programa nacional. Dado que este programa debería ayudar a los jóvenes a aprender las ventajas de la IA en el trabajo, se deben reservar cuotas y ubicaciones especiales para los jóvenes desfavorecidos, a fin de evitar una mayor desigualdad. Por lo tanto, esta política no solo ayudaría a mejorar el capital humano promedio, sino que también nivelearía el acceso a la tecnología en todos los grupos de ingresos. Asimismo, podrían extraerse lecciones de las experiencias de países que recientemente hayan renovado los programas de aprendizaje permanente —Escocia, Finlandia, Francia y Singapur—, para adaptarlos a las habilidades requeridas por la IA.

Por otra parte, el mejoramiento de las habilidades digitales de los funcionarios públicos, los trabajadores públicos y los políticos será importante para que los empleados del sector público puedan aprovechar la IA para aumentar la eficiencia y su capacidad de servir a los costarricenses de manera más eficiente. El hecho de que los funcionarios públicos y los políticos encargados de la formulación de políticas comprendan cómo funcionan las tecnologías de IA y cómo deben implementarse para el bien social será clave para que se promulguen las políticas, las regulaciones y los marcos de implementación que el país necesita.

Todas las recomendaciones anteriores relativas a los cambios en el sistema educativo que involucran la recapacitación de los trabajadores requerirán un fuerte mandato del Gobierno al Ministerio de Ciencia, Tecnología y Telecomunicaciones (MICITT), a fin de crear planes que pongan en marcha todas las transformaciones necesarias y las implementen en estrecha colaboración con el Ministerio de Educación Pública, el Ministerio de Finanzas y las universidades privadas.

Otra iniciativa sería incluir habilidades relevantes de IA en los planes de estudio de las escuelas: todos los países líderes en IA están invirtiendo en preparar a los niños

para los futuros trabajos relacionados con IA. Asimismo, deben modificarse los planes de estudio del sistema escolar para reforzar dos tipos de habilidades:

- El pensamiento computacional: se trata de la capacidad de resolver problemas con las computadoras. Los componentes principales son algoritmos, programación, datos, redes y hardware (Oliver, 2019).
- Las habilidades sociales: tales como la creatividad, el pensamiento crítico y el pensamiento emocional. Los países no deberían minimizar la importancia de las habilidades blandas durante la Cuarta Revolución Industrial, ya que estas habilidades continuarán brindando a los humanos una ventaja comparativa frente a las aplicaciones impulsadas por la IA durante mucho tiempo. Además, los informáticos también necesitarán comprender mejor las capacidades humanas innatas para modelarlas a través de algoritmos mejorados.

## Colombia

Colombia ya tiene muchos programas prometedores en marcha o en desarrollo para mejorar las habilidades digitales de la población. Por ejemplo, MinTIC lanzó su iniciativa “Coding for Kids” con el British Council, que en 2019 tenía como objetivo capacitar a 260 maestros en el desarrollo

de habilidades de programación de computadoras en beneficio de más de 15.600 estudiantes en el sistema de escuelas públicas de la nación (MinTIC, 2019). (Se espera que este programa siga desarrollándose en los próximos años para llegar a más estudiantes.) La implementación se llevó a cabo conjuntamente con programas exitosos establecidos; por ejemplo, Computadores para Educar (CODE), que proporciona equipos tecnológicos a las escuelas colombianas, junto con capacitación para maestros, estudiantes y padres a fin de mejorar las capacidades digitales. El Gobierno también ha tomado medidas positivas para promover y financiar el desarrollo de habilidades específicas de IA dentro de la población mediante el aprovechamiento de cursos virtuales. A través de esta iniciativa, más de 4.400 ciudadanos colombianos, tanto estudiantes como profesores, comenzaron cursos de Informática y Ciencias de los Datos relacionados con IA en agosto de 2019 (Presidencia de la República de Colombia, 2019).

Las anteriores son solo algunas de las iniciativas alentadoras sobre habilidades digitales que el Gobierno colombiano ha desarrollado y apoyado. Colombia debería seguir priorizando y financiando este tipo de iniciativas para garantizar el cultivo de las habilidades adecuadas para los futuros trabajos en IA.

## Costa Rica

En este campo, el Gobierno costarricense puede considerar asignar más recursos a programas como el Programa Nacional de Informática Educativa (PRONIE) dirigido por la Fundación Omar Dengo en colaboración con el Ministerio de Educación Pública. Este programa ha tenido éxito en la capacitación de maestros y estudiantes en cuanto al uso de computadoras y tecnología de manera más amplia, fortaleciendo habilidades difíciles como la programación; sin embargo, también se enfoca en cómo usar computadoras para desarrollar habilidades cognitivas y sociales entre los estudiantes. El éxito de este programa merecería la consideración de expandirlo a nivel nacional, incluso en comunidades rurales remotas que están en desventaja en términos de acceso a la tecnología.

## México

Con ese fin, el Gobierno mexicano podría continuar asignando recursos a programas educativos, tales como el programa @Prende 2.0, diseñado para fomentar el desarrollo de habilidades digitales y el pensamiento computacional entre los niños mexicanos y, sobre todo, entre los docentes.

El Gobierno debe también fomentar el desarrollo de la ciencia-humanidad o títulos universitarios interdisciplinarios: siguiendo la misma lógica que en el punto anterior, podría incentivar a las universidades de México a complementar los títulos de CTIM con cursos de humanidades (Ética, Psicología, Filosofía, Sociología y Antropología). La Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) ya ha tomado la delantera en este tema con la inclusión de Literatura, Escritura y cursos de presentación oral en cursos de grado de Ingeniería.

Del mismo modo, debe exigirse a los estudiantes de Ciencias Sociales que adquieran habilidades de pensamiento computacional, a fin de que estén mejor preparados para potenciar sus habilidades con herramientas de IA una vez que ingresan al mercado laboral.

## Perú

El Ministerio de Educación peruano ha logrado avances positivos en este aspecto al incluir competencias digitales en el Currículo Nacional de Educación Básica desde 2016. El Ministerio también ha incrementado la educación para los docentes: más de 5.000 completaron el curso de “alfabetización digital” a través de PerúEduca en 2019.

Por otra parte, el “Plan Nacional de Competitividad y Productividad” establece pautas para mejorar el ecosistema de educación básica (por ejemplo, mejorar la atención médica de los niños y el suministro básico de escuelas) así como la calidad de las universidades; define las competencias requeridas para el mercado laboral, e incluye medidas específicas para fomentar la formación profesional en Perú para crear más empleos técnicos (Ministerio de Economía y Finanzas, 2019).

## Puerto Rico

En la actualidad, el Departamento de Educación de Puerto Rico tiene un plan de estudios de tecnología que enfatiza el uso de tecnología en la enseñanza, el uso de la tecnología en el aula y el suministro de recursos tecnológicos en la medida en que los fondos lo permitan. Sin embargo, debe ponerse mayor énfasis en el pensamiento computacional para que los estudiantes puedan desarrollar la combinación correcta de habilidades tecnológicas avanzadas, que crecerá en demanda a medida que aumenten los trabajos relacionados con la IA. Los recientes esfuerzos del Gobierno para modernizar la infraestructura tecnológica en las escuelas son encomiables, pero tales inversiones deben combinarse con los programas de toda la isla que enfatizan las habilidades técnicas básicas en el plan de

estudios de tecnología, de forma de garantizar el rendimiento futuro.

## **Recomendaciones para el sector privado**

Aunque los gobiernos son los máximos administradores del cambio de política —en tanto uno de los principales beneficiarios de las tecnologías de IA—, las compañías que operan en ALC tienen la responsabilidad fiduciaria de asociarse con el gobierno para que se establezcan los incentivos correctos en pos de una adopción más rápida en la región. Las empresas también deben alinearse en una visión inclusiva de IA con el gobierno, otras empresas que operan en el mercado y la sociedad civil, reconociendo oportunidades clave y estrategias de mitigación de riesgos. A continuación figuran algunas medidas que las empresas podrían tomar en los próximos años:

- Participar en el avance y la mejora de la estrategia nacional de IA del país: ya sea a través de asociaciones de la industria o individualmente, las empresas que operan en ALC deberían tratar de hacer oír su voz en los niveles más altos de gobierno, o bien, si se consigue crear un consejo nacional para el desarrollo de la IA, que se tengan en cuenta sus intereses comerciales y prime en todo momento el espíritu de colaboración constructiva con la administración. Al-

gunas de las principales áreas estratégicas donde las empresas que operan en ALC podrían esforzarse por colaborar con el gobierno incluyen la identificación de industrias estratégicas para el desarrollo de la IA, marcos fiscales para garantizar la financiación de programas educativos y de reciclaje y la promoción de la inclusión de habilidades relevantes para la IA en los planes de estudio de las escuelas.

- Compartir datos con el gobierno con el propósito de desarrollar aplicaciones de IA para suministrar servicios públicos: a tal fin, las empresas deben realizar las inversiones adecuadas en sus propias plataformas de recopilación y análisis de datos. Las empresas pueden demostrar su compromiso con la gestión y el intercambio de datos a través de cambios organizativos que incluyan el nombramiento de directores de datos y de equipos de datos. Ciertas empresas, como las instituciones de microfinanzas, deberían priorizar el intercambio de datos demográficos y psicográficos sobre poblaciones para las cuales el gobierno podría no disponer de datos (por ejemplo, comunidades en áreas rurales). Esto ayudará a maximizar el alcance y el acceso equitativo a las tecnologías en el país y priorizar acciones políticas específicas de una manera más informada.

- Proporcionar igualdad de acceso al desarrollo profesional en el lugar de trabajo: esto asegurará que no haya grupos de población específicos que se quedan fuera de las oportunidades de mejoramiento y crecimiento salarial que facilitarán las tecnologías de IA. En la práctica, implica mejorar los horarios rígidos de trabajo y expandir los permisos de maternidad y paternidad para que las personas que eligen formar una familia no sean penalizadas durante sus carreras, así como prestar especial atención a los trabajadores poco calificados en ocupaciones primarias para que tengan acceso temprano a oportunidades de capacitación y sean reasignados a nuevas tareas si fuera necesario.
- Invertir en oportunidades de aprendizaje para los empleados a lo largo de toda la vida: en relación con el último punto, las empresas deben ampliar los programas de capacitación a todos los empleados, independientemente de la edad, el puesto o el cargo en la empresa. Los programas deberían centrarse en desarrollar las mismas habilidades relevantes para la IA comentadas en el contexto de los programas educativos (es decir, pensamiento computacional y pensamiento emocional), y revisarse anualmente teniendo en cuenta la rápida evolución de la IA y las necesidades de habilidades conexas.
- Contribuir a la investigación e innovación en IA y en nuevos modelos de negocio: las empresas podrían asociarse con centros de investigación de IA, instituciones académicas y gobiernos (a través de PPP) con el propósito de generar nuevas aplicaciones de IA para sus industrias. Lo más importante es que las empresas colaboren entre sí para desarrollar modelos de negocio que logren ayudar a las corporaciones a capturar todo el valor generado a través de la IA y gestionar nuevas amenazas competitivas. De hecho, es probable que la IA reduzca las barreras para la entrada de nuevos actores del mercado, modifique el lugar donde se crea el valor en la cadena de valor de cada industria, permita nuevos modelos de monetización (por ejemplo, IA como servicio) y cambie radicalmente las capacidades —tanto externas como internas— que se requerirán para triunfar en el mercado. Todos estos factores acortarán significativamente los ciclos de innovación y acelerarán la rotación de ganadores y perdedores.
- Infundir a la empresa una mentalidad y estructura empresarial: esto es especialmente relevante para las empresas más establecidas, que tienen más probabilidades de sufrir alteraciones por la presencia de nuevos jugadores que aportan capacidades tecnológicas

avanzadas. Las empresas deberían tratar de replicar la agilidad de las empresas de nueva creación a medida que introducen nuevos conceptos en el mercado, facilitando un cambio cultural que abarque la toma de riesgos, la ambigüedad y la tolerancia al fracaso, junto con los cambios organizativos que brindan más autonomía a los equipos a cargo de la innovación. En la práctica, las empresas deberían tener sus propias incubadoras de negocios separadas de las estructuras que respaldan sus negocios centrales y sus operaciones cotidianas.

- Adoptar los estándares éticos de IA conectándolos con las decisiones comerciales: muchas empresas están nombrando directores de ética en sus organizaciones, lo cual representa un primer paso en firme para incorporar principios éticos en la implementación de tecnologías de IA. Sin embargo, en la práctica, muchas de estas compañías no facultan a los oficiales de ética para detener ciertas decisiones cuando hay señales de que podría estar violándose un principio ético de IA. Será importante que las empresas proporcionen a esta nueva función los poderes correctos de acuerdo con la creciente importancia de la ética en la responsabilidad social corporativa.

## **Programa piloto para el Consejo de Innovación**

Como seguimiento de estas conclusiones, habrá que preparar un programa piloto para un Consejo Latinoamericano de Innovación (CLI), que respalde la ampliación de empresas innovadoras (empresas emergentes y pymes) y que conforman un importante mercado creando innovación, así como avances científicos y tecnologías habilitadoras esenciales que podrían dar lugar a una innovación disruptiva.

## **Del laboratorio al mercado**

Para materializar nuevas iniciativas en IA es necesario: i) desarrollar excelencia en investigación; ii) establecer instalaciones de prueba de referencia mundial, y iii) acelerar la adopción de IA a través de Centros de Innovación Digital.

Para llevar a cabo este proceso de forma exitosa, se consideran clave los siguientes aspectos:

- Reconocer la importancia de fortalecer la base científica y de apoyar la investigación y la innovación para garantizar la competitividad en tecnología, abordar los desafíos de la innovación y facilitar la transferencia de los resultados de la investigación a la industria.

- Los países de ALC deberán reforzar su inversión en investigación e innovación, e incorporar la IA en todos los campos donde se pueda desarrollar o explotar sus beneficios. Por ejemplo, será necesario asignar una cantidad considerable de fondos a la IA para fines de seguridad, lo que implica, por un lado, evitar el uso indebido de tecnologías de IA en actividades delictivas en manos de individuos malintencionados y, por el otro, implementar herramientas y soluciones de IA en apoyo de los organismos encargados de hacer cumplir la ley para prevenir, detectar e investigar mejor las actividades delictivas.
- Mantener un equilibrio geográfico respecto de los esfuerzos por reforzar los Centros de Innovación Digital y fomentar la cobertura geográfica en las redes de centros de excelencia e instalaciones de prueba, así como fomentar la complementariedad con las inversiones de la política de cohesión. Si bien ALC aún carece de redes de centros de excelencia en investigación en materia de IA, el objetivo es fomentar la cooperación entre los mejores equipos de investigación del extranjero, aunando fuerzas para abordar de manera más eficiente los principales desafíos científicos y tecnológicos de la IA y movilizar la industria para lograr la integración y la sinergia con los equipos de investigación.
- Establecer instalaciones de ensayo de referencia: un paso importante para llevar la tecnología al mercado se relaciona con la experimentación y las pruebas de tecnología vanguardista en entornos del mundo real. Para optimizar la inversión y evitar la duplicación o esfuerzos competitivos, debe desarrollarse un número limitado de sitios de referencia a gran escala especializados en IA para todos los operadores en ALC.

Los ejemplos de este tipo de instalaciones de prueba incluyen la prueba transfronteriza de conducción conectada y autónoma, sitios de prueba para envíos autónomos y la creación de espacios de datos. Los países miembros identificarán la necesidad de contar con nuevas instalaciones de prueba a gran escala para las últimas tecnologías de IA en áreas clave como movilidad, atención médica, fabricación, agroalimentación o seguridad. Estas instalaciones de prueba pueden incluir espacios limitados regulatorios (es decir, áreas donde la regulación es limitada o favorable para probar nuevos productos y servicios) en lugares seleccionados, donde la ley otorgue a las autoridades reguladoras un margen de maniobra suficiente, y flexibilice los requisitos legales y reglamentarios específicos durante la duración del espacio limitado.

- Acelerar la asimilación de la IA a través de Centros de Innovación Digital: será igualmente importante fomentar la adopción de IA en la economía en general, en particular por parte de las pymes. Esto incluye transmitir el conocimiento y los avances científicos generados en los centros de excelencia en investigación de IA, así como las tecnologías validadas en las instalaciones de prueba mencionadas. Los Centros de Innovación Digital (CID) pueden ayudar a garantizar que todas las empresas —pequeñas o grandes, de alta tecnología o no—, así como el sector público, estén en condiciones de aprovechar las oportunidades digitales. Con las universidades técnicas u organizaciones de investigación en el centro, los CID actúan como ventanillas únicas donde las empresas y el sector público pueden acceder a tecnología, pruebas, soporte técnico, asesoramiento financiero, inteligencia de mercado y oportunidades para establecer contactos. Más específicamente, en el área de IA, los CID pueden ayudar a las pymes y las administraciones públicas a identificar los conjuntos de datos necesarios, desarrollar algoritmos, capacitar la IA y conectarse a las instalaciones informáticas que se basan en la plataforma “AI-on-demand” (IA a demanda). Además, pueden ayudar a capacitar a pro-

fesionales de las pymes en el uso de soluciones de IA y asesorar sobre el apoyo financiero existente. Se vinculan tanto con los centros de excelencia en investigación como con las instalaciones de prueba disponibles.

## Importancia de la innovación

El mundo está cambiando a un ritmo acelerado; industrias enteras desaparecen mientras que otras aparecen repentinamente en su lugar. Un mercado donde las empresas permanecen estancadas y donde no se desarrollan nuevas líneas de producción o productos y tecnologías innovadoras para las industrias manufactureras existentes tendrá dificultades para competir en el mercado global. Por lo tanto, cualquier mercado interesado en mantener una ventaja competitiva debe alentar a las empresas a participar constantemente en la “destrucción creativa”, a buscar nuevos productos y tecnologías y a construir sus futuros anclajes competitivos. La búsqueda constante y sus implementaciones en I+D son la encarnación de la innovación, que es la capacidad de brindar una mejor respuesta, o una más adecuada, a la necesidad existente de identificar nuevos nichos y mercados para los que puede crearse un nuevo producto o servicio. De esta forma, los productos de innovación generan un valor agregado beneficioso para los

consumidores y proporcionan un canal para el desarrollo económico de los fabricantes.

La OCDE define la innovación como la implementación de un producto (bien o servicio) o proceso nuevo o significativamente mejorado, un nuevo método de comercialización o un nuevo método organizativo en prácticas comerciales, organización en el lugar de trabajo o relaciones externas.

### **¿Por qué es necesaria la intervención gubernamental para la promoción de la innovación?**

En una economía moderna, la innovación es la clave para el crecimiento financiero. Sin embargo, parte de las características de las actividades de I+D, como el derrame tecnológico y un alto nivel de riesgo, dan como resultado un menor beneficio financiero para la entidad comercial inversora en comparación con el beneficio global para el mercado en general. Posteriormente, la inversión privada en I+D puede ser inferior a lo que el mercado considera un nivel óptimo de inversión. Para superar estas fallas del mercado y reducir el riesgo de las empresas, se requiere una intervención del gobierno para “compensar” a estas compañías y alentar sus inversiones en la I+D requerida. Las fallas más importantes del mercado se describen a continuación.

### **Conocimiento y derrame tecnológico**

El conocimiento y la tecnología tienden a extenderse fuera de la organización que los crea. Este desbordamiento puede producirse de diferentes y diversificadas maneras, tales como la transferencia de conocimientos derivados de actividades conjuntas de I+D entre varias empresas, de una forma que no está dirigida o controlada, como la integración y la implementación de nuevas tecnologías, o la transferencia de empleados de una compañía a otra, etc. El desbordamiento de *know-how* significa que la compañía que desarrolló un determinado conocimiento no obtendrá el rendimiento total por los muchos esfuerzos que invirtió en I+D, ya que las personas externas a la empresa, que acceden a su *know-how*, elegirán frutos de su trabajo.

### **Riesgo e incertidumbre**

Los proyectos de I+D son inherentemente riesgosos, pero el nivel de riesgo es difícil de evaluar. Por lo tanto, implican un alto nivel de incertidumbre, que puede darse en dos niveles:

- Desde el punto de vista tecnológico, se genera incertidumbre con respecto a la capacidad científica y tecnológica para producir e implementar las ideas y teorías iniciales.

- En cuanto a los negocios, la incertidumbre tiene que ver con la demanda futura de los mismos desarrollos tecnológicos, especialmente aquellos que desarrollan un producto para un nicho de mercado completamente nuevo.

Las estadísticas indican que, por lo general, la tasa de fracaso supera la tasa de éxito, y cada éxito se produce después de una larga línea de prueba y error. Por lo tanto, a pesar de que este camino difícil es vital para que el mercado logre una ventaja competitiva, a nivel corporativo individual, las consideraciones de ganancias y pérdidas a corto plazo pueden lograr que se evite el riesgo por completo, lo que redundaría en un beneficio de largo plazo para la empresa.

La evaluación del riesgo que la incertidumbre entorpece es mucho más aguda para las distintas entidades de inversión. En general, los desarrolladores de tecnología tendrán la mejor información —en comparación con un inversor— sobre el potencial tecnológico y su tasa de éxito. Dichas brechas de conocimiento, que se pueden salvar solo parcialmente, dificultan la inversión en empresas de tecnología.

En esta realidad, la falta de participación gubernamental conllevará una situación en la que la inversión privada en I+D es sig-

nificativamente menor de la esperada desde el punto de vista social, tal como lo demostró el ganador del Premio Nobel de Economía, Kenneth Arrow, cuya afirmación fue probada empíricamente por docenas de investigaciones.

A la luz de lo anterior, el apoyo público a la I+D empresarial en diversas formas es habitual en todos los países desarrollados. El propósito de la participación gubernamental en esta área es asegurar un flujo óptimo de conocimiento en este mercado. El objetivo de las actividades gubernamentales es aumentar el gasto en I+D de las empresas a un nivel superior al que sería posible únicamente en función de consideraciones de pérdida de beneficios, eliminando bloques de inversión o proporcionando apoyo directo en actividades de I+D, de modo que eventualmente las empresas vean un mayor rendimiento y elijan su inversión en consecuencia.

El conjunto de herramientas de apoyo del gobierno generalmente incluye una combinación de medidas de apoyo directo e indirecto. Las medidas directas incluyen inversiones gubernamentales directas en forma de subvenciones o préstamos de I+D dedicados al sector empresarial o para actividades de I+D entre gobiernos, como I+D militar o la adquisición de tecnologías. Las herramientas de apoyo indirecto

incluyen principalmente diversos incentivos fiscales para las empresas que se ocupan de I+D e innovación.

## Autoridad de Innovación para América Latina y el Caribe

Tras lo expuesto, se procede a perfilar cómo sería el piloto de la Autoridad de Innovación para ALC. (Cabe destacar que el centro será pionero en todas las tecnologías actuales; sin embargo, en este informe solo vamos a enumerar lo relacionado con la IA.)

### Funciones

- Fomentar el desarrollo de aplicaciones prácticas de IA en industrias clave, incentivando la colaboración entre empresas y universidades. Será de vital importancia que se establezcan los incentivos correctos en términos de propiedad intelectual (PI) y la disponibilidad de recursos y equipos por parte del sector privado para los fines de I+D.
- Fomentar asociaciones público-privadas (PPP) para comercializar aplicaciones de IA: el gobierno podría asociarse con empresas para comercializar IA a través de acuerdos de PPP. Este tipo de acuerdo podría ser más interesante para los casos de negocios donde la inversión inicial requerida es demasiado alta para que las empresas privadas puedan

absorberla completamente, como en el caso de los principales desarrollos de infraestructura actuales (carreteras, puertos, aeropuertos, etc.), que son áreas donde la región de ALC necesita mejorar para lograr ser más competitiva.

### Programa

El programa para el comienzo no debe ser demasiado ambicioso, pero sí debe darse a conocer para poder contar inmediatamente con la colaboración ciudadana.

Entre sus departamentos destacan:

- Acuerdos bilaterales de cooperación internacional.
- Departamento de *startups*.
- Departamento de expansión.
- Infraestructura tecnológica.
- Fabricación avanzada.
- Desafíos sociales.

## PÁGINAS WEB CONSULTADAS

[https://www.mintic.gov.co/portal/inicio.](https://www.mintic.gov.co/portal/inicio)

[https://www.dnp.gov.co.](https://www.dnp.gov.co)

[https://www.technologyreview.es/s/12459/la-ia-en-mexico-una-tecnologia-con-mucho-camino-por-recorrer.](https://www.technologyreview.es/s/12459/la-ia-en-mexico-una-tecnologia-con-mucho-camino-por-recorrer)

[http://www.cienciamx.com/index.php/tecnologia/tic/23814-inteligencia-artificial-futuro-mexico.](http://www.cienciamx.com/index.php/tecnologia/tic/23814-inteligencia-artificial-futuro-mexico)

[https://expansion.mx/tecnologia/2020/07/30/las-empresas-mexicanas-no-saben-que-hacer-con-la-inteligencia-artificial.](https://expansion.mx/tecnologia/2020/07/30/las-empresas-mexicanas-no-saben-que-hacer-con-la-inteligencia-artificial)

[https://imco.org.mx.](https://imco.org.mx)

[http://api.imco.org.mx/release/latest/vendor/imco/indices-api/documentos/Competitividad/%C3%8Dndice%20de%20Competitividad%20Internacional/2015-01-01\\_0900%20La%20corrupci%C3%B3n%20en%20M%C3%A9xico%20Transamos%20y%20no%20avanzamos/Documentos%20de%20resultados/2015%20ICI%20Libro%20completo%20-%20La%20corrupci%C3%B3n%20en%20M%C3%A9xico%20transamos%20y%20no%20avanzamos.pdf.](http://api.imco.org.mx/release/latest/vendor/imco/indices-api/documentos/Competitividad/%C3%8Dndice%20de%20Competitividad%20Internacional/2015-01-01_0900%20La%20corrupci%C3%B3n%20en%20M%C3%A9xico%20Transamos%20y%20no%20avanzamos/Documentos%20de%20resultados/2015%20ICI%20Libro%20completo%20-%20La%20corrupci%C3%B3n%20en%20M%C3%A9xico%20transamos%20y%20no%20avanzamos.pdf)

[http://smia.mx.](http://smia.mx)

[https://www.ia2030.mx.](https://www.ia2030.mx)

[https://datosmacro.expansion.com/demografia/indice-paz-global.](https://datosmacro.expansion.com/demografia/indice-paz-global)

[https://www.cesla.com/pdfs/Informe-de-corrupcion-en-Latinoamerica.pdf.](https://www.cesla.com/pdfs/Informe-de-corrupcion-en-Latinoamerica.pdf)

[https://news.microsoft.com/uploads/prod/sites/41/2018/11/IA-y-Crecimiento-PERU.pdf.](https://news.microsoft.com/uploads/prod/sites/41/2018/11/IA-y-Crecimiento-PERU.pdf)

[https://www.technologyreview.es/s/12487/la-ia-en-peru-vision-y-crecimiento-incipiente.](https://www.technologyreview.es/s/12487/la-ia-en-peru-vision-y-crecimiento-incipiente)

[http://www.datum.com.pe/new\\_web\\_files/files/pdf/Inteligencia\\_artificial.pdf](http://www.datum.com.pe/new_web_files/files/pdf/Inteligencia_artificial.pdf).

[http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con5\\_uibd.nsf/205998D-2F35F006E052584C1006FD23C/\\$FI-LE/15.185-DT-Abdala-Lacroix-y-Soubie-La-pol%C3%ADtica-de-la-Inteligencia-Artificial....pdf](http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con5_uibd.nsf/205998D-2F35F006E052584C1006FD23C/$FI-LE/15.185-DT-Abdala-Lacroix-y-Soubie-La-pol%C3%ADtica-de-la-Inteligencia-Artificial....pdf).

<http://www.worldcomplianceassociation.com/2767/articulo-el-impacto-de-la-inteligencia-artificial-en-la-proteccin-de-datos-personales.html>.

[http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2307-79992019000200021](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2307-79992019000200021).







