

EL ESTADO DE LA CIENCIA

Principales Indicadores de Ciencia y Tecnología
Iberoamericanos / Interamericanos
2023

OEI



RED DE INDICADORES DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Dossier: Inteligencia Artificial



EL ESTADO DE LA CIENCIA



Principales Indicadores
de Ciencia y Tecnología
Iberoamericanos /
Interamericanos

2023

EL ESTADO DE LA CIENCIA

Principales Indicadores de Ciencia y Tecnología
Iberoamericanos / Interamericanos
2023

El presente volumen ha sido editado en conjunto por la Organización de Estados Iberoamericanos (OEI), a través de su Observatorio Iberoamericano de la Ciencia, la Tecnología y la Sociedad (OCTS), y la UNESCO, a través de su Oficina Regional de Ciencias para América Latina y el Caribe.

Los contenidos fueron elaborados por el equipo técnico responsable de las actividades de la Red Iberoamericana de Indicadores de Ciencia y Tecnología (RICYT), coordinada desde el OCTS, con el apoyo de colaboradores especializados en las diferentes temáticas que se presentan.

Coordinador de OCTS y RICYT:

Rodolfo Barrere

Enlace con la Oficina Regional de Ciencias para América Latina y el Caribe de la UNESCO:

Guillermo Anlló

Especialista Regional de Programa

Políticas de Ciencia, Tecnología e Innovación

Colaboradores:

Laura Trama

Manuel Crespo

Colaboraron también en este informe:

Axel Rivas, Eleonora Lamm, Natalia González Alarcón,

Alide Flores Urich Sass, Lautaro Matas, Juan Sokil.

Si desea obtener las publicaciones de RICYT o solicitar información adicional comuníquese a:

Tel.: (+ 54 11) 4813 0033 internos: 221 / 222 / 224

Correo electrónico: ricyt@ricyt.org

Sitio web: <http://www.ricyt.org>

Las actualizaciones de la información contenida en este volumen pueden ser consultadas en www.ricyt.org

Quedan autorizadas las citas y la reproducción del contenido, con el expreso requerimiento de la mención de la fuente.

Diseño y diagramación: Florencia Abot Glenz

Obra de tapa y contratapa: Jorge Abot

Impresión: Altuna Impresores S.R.L. Doblas 1968,
Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina.

PAÍS	CONTACTO	ORGANISMO	SIGLA
ARGENTINA	Gustavo Arber	Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva	MINCYT
BOLIVIA	Mauricio Cespedes	Viceministerio de Ciencia y Tecnología- Ministerio de planificación del desarrollo	VCYT
BRASIL	Carlos Roberto Colares Gonsalves	Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação	MCTI
CANADÁ	Greg Maloney	Statistics Canada	STATCAN
CHILE	Francisca Lecourt Miranda	Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación	MINCIENCIA
COLOMBIA	Diego Silva Ardila	Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología	OCYT
COSTA RICA	Diego Vargas Pérez	Ministerio de Ciencia, Innovación, Tecnología y Telecomunicaciones	MICITT
CUBA	Hector Arias Martín	Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente	CITMA
ECUADOR		Secretaría Nacional de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación	SENESCYT
EL SALVADOR	Luis Fajardo	Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología	CONACYT
ESPAÑA	Belén González Olmos	Instituto Nacional de Estadística	INE
ESTADOS UNIDOS	Gary Anderson	The National Center for Science and Engineering	NCSES
GUATEMALA	Alwin Iván Paz Aguirre	Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología	SENACYT
HONDURAS	Rubén Hernández	Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación	SENACIT
JAMAICA	Zahra Oliphant	National Commission on Science and Technology	NCST
MÉXICO	Viridiana Gabriela Yañez Rivas	Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología	CONACYT
PANAMÁ	Doris Quiel	Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación	SENACYT
PARAGUAY	Nathalie Elizabeth Alderete Troche	Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología	CONACYT
PERÚ	Fernando Jaime Ortega San Martin	Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología	CONCYTEC
PORTUGAL	Filomena Oliveira	Direção Geral das Estatísticas da Educação e Ciência	DGEEC
REPÚBLICA DOMINICANA	Rigoberto E. Reyes Hernandez	Ministerio de Educación Superior, Ciencia y Tecnología	MESCyT
TRINIDAD Y TOBAGO	Sharon Parmanan	National Institute of Higher Education, Research, Science and Technology	NIHERST
URUGUAY	Ximena Usher	Agencia Nacional de Investigación e Innovación	ANII
VENEZUELA	Jose Sequeira	Observatorio Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovacion	ONCTI

EL ESTADO DE LA CIENCIA



ÍNDICE



pág. 7: **PRÓLOGO**

pág. 9: **SECCIÓN 1. EL ESTADO DE LA CIENCIA**

pág. 11: **1.1. EL ESTADO DE LA CIENCIA
EN IMÁGENES**

pág. 25: **SECCIÓN 2. DOSSIER: INTELIGENCIA
ARTIFICIAL**

pág. 27: **2.1. DESARROLLO DE LA INTELIGENCIA
ARTIFICIAL: DESAFÍOS Y OPORTUNIDADES
PARA LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA EN
IBEROAMÉRICA.**

pág. 41: **2.2. ¿PUEDEN LAS TECNOLOGÍAS
DIGITALES CAMBIAR EL MUNDO?**

pág. 53:	2.3. LOS CUATRO DESAFÍOS EDUCATIVOS DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL
pág. 61:	2.4. CONSTRUYENDO UNA INTELIGENCIA ARTIFICIAL ÉTICA DESDE EL DISEÑO: LA PERSPECTIVA DE UNESCO
pág. 73:	2.5. INTELIGENCIA ARTIFICIAL: PISTAS PARA ENTENDER SU REVOLUCIÓN EN EL ENTRAMADO TECNO-PRODUCTIVO
pág. 83:	SECCIÓN 3. INDICADORES COMPARATIVOS
pág. 137:	ANEXO. DEFINICIONES Y METODOLOGÍAS

El Estado de la Ciencia se edita en conjunto por la Organización de Estados Iberoamericanos (OEI), a través de su Observatorio Iberoamericano de la Ciencia, la Tecnología y la Sociedad (OCTS), y por la Oficina Regional de Ciencias para América Latina y el Caribe de la UNESCO, con sede en Montevideo. Esta publicación es un espacio en el que se combinan los datos estadísticos generados por la Red Iberoamericana de Indicadores de Ciencia y Tecnología (RICYT), gracias al aporte de los organismos de ciencia y tecnología de los países participantes de ella, con la mirada de expertos iberoamericanos sobre temas actuales en los que la ciencia y la tecnología tienen un papel crucial.

Como ya es tradición en esta publicación, los contenidos comienzan con “El Estado de la Ciencia en imágenes”, que ofrece una representación gráfica de los principales indicadores, resaltando de forma ágil las tendencias de la ciencia y la tecnología en Iberoamérica, sin perder de vista el contexto mundial. Esta selección de indicadores incluye una descripción del contexto económico, un análisis de la inversión en I+D y de los recursos humanos disponibles para la investigación, así como un recuento de las publicaciones científicas y de las patentes de invención de los países de la región.

Siguiendo el modelo inaugurado en la edición anterior, esta edición incluye un dossier temático con distintas miradas sobre un tema de actualidad en ciencia, tecnología e innovación: la inteligencia artificial (IA). Se trata de un campo de desarrollo que ha irrumpido en nuestra vida cotidiana, transformando la forma en que vivimos, trabajamos y nos relacionamos. La forma en que Iberoamérica se incorpore al desarrollo de estas tecnologías será clave para el desarrollo de la región en los próximos años.

El dossier comienza con un mapeo de la producción científica del mundo y de Iberoamérica en IA, detectando fortalezas y debilidades regionales en diálogo con las principales tendencias a nivel mundial. Bajo el título “Desarrollo de la Inteligencia Artificial: desafíos y oportunidades para la ciencia y la tecnología en Iberoamérica”, el artículo -escrito en conjunto con Lautaro Matas, Juan Sokil y Laura Trama- analiza el desarrollo de la investigación regional en el último decenio, con foco en la cooperación iberoamericana, y presenta algunos desafíos para la integración al desarrollo mundial de estas tecnologías.

A continuación, Intan Hamdan-Livramento, Alica Daly y Julio Raffo, en “¿Pueden las tecnologías digitales cambiar el mundo?”, analizan cómo las tecnologías digitales de propósito general, y en particular la IA, han cambiado el mundo en la última década. Con foco en la información provista por los registros de propiedad intelectual, señalan cómo las políticas públicas pueden favorecer, promover y moldear la innovación basada en estas tecnologías.

Entre los múltiples cambios sociales que trae aparejada la difusión de la IA, uno de sus impactos más inmediatos se da en el terreno de la educación. En “Los cuatro desafíos educativos de la inteligencia artificial”, Axel Rivas señala, a pesar de las urgencias que afectan a los sistemas de educación de la región, la necesidad de abordar de lleno el impacto actual y potencial que tiene la IA en la educación de las nuevas generaciones iberoamericanas.

Más allá de sus impactos más inmediatos, en el mediano plazo la IA puede modificar profundamente nuestra sociedad. En “Construyendo una inteligencia artificial ética desde el diseño”, Eleonora Lamm, Natalia González Alarcón y Alide Flores Urich Sass dan cuenta de un

amplio abanico de aspectos negativos del desarrollo de la IA que es necesario abordar desde el inicio. En este artículo, las autoras afirman que “las IA pueden incorporar o amplificar sesgos, provocar redundancias mediante la automatización de tareas rutinarias y no rutinarias, contribuir a la degradación climática y afectar los derechos humanos y las libertades fundamentales. Estos riesgos ya han surgido y han comenzado a incrementar las desigualdades existentes, lo que en ocasiones ha resultado en daños a grupos ya marginados”. Señalan también que, para abordar estos desafíos, es necesario que toda la comunidad se involucre en una discusión transversal a los distintos estratos de la sociedad.

Para cerrar este dossier, Guillermo Anlló analiza la IA a la luz de otros cambios tecnológicos a lo largo de la historia en su artículo “Inteligencia artificial: pistas para entender su revolución en el entramado tecno-productivo”. Su artículo señala rasgos comunes con otras revoluciones tecnológicas y detecta qué rasgos de la IA nos enfrentan a nuevos desafíos.

Finalmente, este volumen incluye también una serie de indicadores seleccionados de la base de datos de RICYT. La batería completa de datos, que abarca 135 series estadísticas, está disponible en: www.ricyt.org. También se han integrado indicadores de educación superior provenientes del relevamiento de datos de la Red Iberoamericana de Indicadores de Educación Superior -Red INDICES- que resultan un complemento importante para los indicadores de ciencia y tecnología en una región donde las universidades son actores protagónicos de la producción de conocimiento. En el sitio web, junto con los indicadores actualizados, se dispone de documentos metodológicos y de diferentes contenidos surgidos de las actividades de la red.

Rodolfo Barrere

1. EL ESTADO DE LA CIENCIA



1.1. EL ESTADO DE LA CIENCIA EN IMÁGENES

El presente informe contiene un resumen gráfico de las tendencias en los indicadores de ciencia y tecnología de América Latina y el Caribe (ALC) e Iberoamérica. La información para su elaboración fue tomada de la base de datos de RICYT, cuyos indicadores principales se encuentran en la última sección de este volumen y en el sitio www.ricyt.org. Los datos provienen de la información brindada por los Organismos Nacionales de Ciencia y Tecnología de cada país en el relevamiento anual sobre actividades científicas y tecnológicas que realiza la red.

Es importante hacer algunas aclaraciones respecto a su construcción. Los totales de América Latina y el Caribe e Iberoamérica son estimaciones realizadas por el equipo técnico de la RICYT. En el caso de las estimaciones para los indicadores regionales de Europa, Asia y África se utilizan las bases de datos del Instituto de Estadísticas de la Unesco (UIS) (<http://www.uis.unesco.org>) y de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) (<http://www.oecd.org>).

En los gráficos incluidos en este informe se toman como período de referencia los diez años comprendidos entre el 2012 y el 2021, siendo éste el último año para el cual se dispone de información en la mayoría de los países.

Los valores relativos a inversión en I+D y PBI se encuentran expresados en Paridad de Poder de Compra (PPC), con el objetivo de evitar las distorsiones generadas por las diferencias del tipo de cambio en relación con el dólar. Se han tomado los índices de conversión publicados por el Banco Mundial.

Para la medición de los resultados de la I+D, se presentan datos de publicaciones científicas y de patentes principalmente elaborados desde la coordinación de la red. Los indicadores bibliométricos provienen de diferentes bases de datos internacionales y regionales. En el caso de las patentes, se presenta información obtenida de las oficinas de propiedad intelectual de cada uno de los países iberoamericanos y también información provista por la Organización Mundial de Propiedad Intelectual (OMPI).

Por último, en el anexo de este volumen, se encuentran las definiciones de cada uno de los indicadores que se utilizan tanto en este resumen gráfico como en las tablas que se presentan en la última sección del libro.

El contexto económico

El PBI de ALC muestra un crecimiento del 21% entre 2012 y 2021, llegando en 2021 a superar los diez mil millones de dólares PPC. Iberoamérica, por su parte, muestra un crecimiento de similar magnitud entre los años 2012 y 2021 alcanzando casi trece mil millones de dólares PPC.

En 2021 se evidenció una recuperación económica tras la contracción del PBI sufrida en 2020 en todos los bloques geográficos como consecuencia de la pandemia. Sin embargo, comparativamente, el ritmo de recuperación no fue el mismo en todos los casos: los países asiáticos fueron los de mayor crecimiento seguidos del bloque conformado por Estados Unidos y Canadá y por Europa mientras que ALC y Oceanía experimentaron una recuperación más moderada.

La inversión en I+D

Tal como sucede con las economías de los países que conforman ambos bloques, la inversión en I+D volvió a crecer en 2021 luego de la fuerte contracción sufrida en 2020. Comparando el nivel de inversión del año 2021 con el del año previo a la pandemia, la recuperación es un poco mayor en el caso de Iberoamérica impulsada por la evolución de España y Portugal. A largo plazo, los países latinoamericanos invirtieron un 19% más que al comienzo del período aquí analizado mientras que los recursos destinados a I+D en Iberoamérica crecieron un 27%.

Es importante no perder de vista que la inversión de ALC representa tan sólo el 2,2% del total mundial. ALC. Esta región se caracteriza, además, por un fenómeno de concentración en el cual Brasil, México y Argentina, representan el 84% de su inversión total.

En términos relativos al PBI, el conjunto de países iberoamericanos realizó una inversión que representó el 0,77% del producto bruto regional en 2021, mientras que ese mismo indicador para ALC alcanzó el 0,61%.

Portugal y España son los países iberoamericanos que más esfuerzo relativo realizan en I+D, invirtiendo el 1,68% y 1,43% de su PBI respectivamente en estas actividades. Brasil es el único país latinoamericano cuya inversión representa más del 1% de su PBI, Argentina invirtió 0,52% mientras que el resto de los países invierte menos del 0,50% de su producto en I+D.

Comparativamente, la inversión de los países de ALC e Iberoamérica continúa siendo inferior a la inversión realizada por los países industrializados. Por ejemplo, Israel es el país con el mayor nivel de inversión al destinar 5,56% de su PBI a actividades de I+D. Le sigue Corea con una inversión cercana al 5% y luego Estados Unidos, Japón, Alemania y Finlandia ubicados en torno al 3% de su PBI.

Recursos humanos dedicados a I+D

La cantidad de investigadores en Equivalencia a Jornada Completa (EJC) en Iberoamérica ha experimentado un crecimiento del 45% entre 2012 y 2021, pasando de 436.521 a 634.421. Si tenemos en cuenta la distribución de los recursos humanos de acuerdo al sector donde desempeñan sus tareas, vemos que el sector de educación superior es el más significativo ya que en 2021 el 58% de los investigadores realizó sus actividades en el ámbito universitario. El 30% de los investigadores de la región se desempeñaron en empresas (tanto públicas como privadas) y el 11% lo hicieron en instituciones de I+D pertenecientes al ámbito público.

Estudiantes y Graduados de Educación Superior

El total de estudiantes de Iberoamérica pasó de 25,7 millones en 2012 a 33,6 millones en 2021, lo cual implicó un crecimiento del 31% de punta a punta. El número total de graduados, por su parte, pasó de casi 36 millones en 2012 a 4,9 millones en 2021. Respecto a la distribución por nivel CINE, el nivel 6 (licenciatura) predomina con un 71%, de graduados seguido por el nivel 5 (terciarios no universitarios) y el nivel 7 (maestrías), con 14,6 y 13,5% respectivamente. Los graduados del nivel 8 (doctorado) representaron el 1% del total.

Publicaciones

En los años comprendidos en esta serie, la cantidad de artículos publicados en revistas científicas registradas en Scopus creció un 44%. La cantidad de artículos firmados por autores de ALC creció a un ritmo mayor que el del total de la base, alcanzando en 2021 un volumen 82% mayor respecto del inicio de la serie. Dentro de la región, se destaca el crecimiento de Colombia y Chile que triplican y duplican, respectivamente, la cantidad de publicaciones en la base de datos.

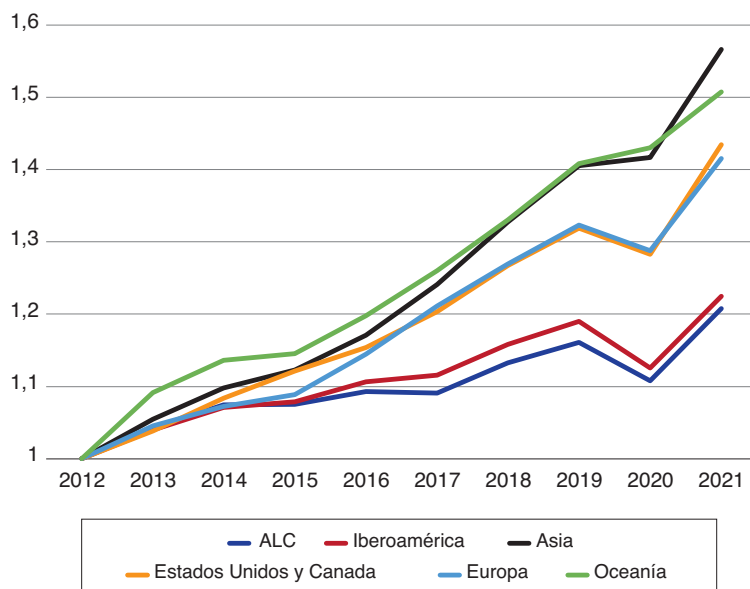
Patentes

Con grandes altibajos, el número de patentes internacionales solicitadas mediante el Tratado de Cooperación en Patentes (PCT) muestra una caída en 2021 respecto del 2012 para Iberoamérica y ALC del 12% y 19%, respectivamente. Las bajas en las solicitudes de patentes de España, México y Brasil impactaron en la caída de los totales regionales. Cabe destacar los casos de Portugal y Chile, dos países que mostraron una tendencia opuesta, con crecimientos del 90% y 55% respectivamente durante el decenio.

1. EL CONTEXTO ECONÓMICO

1.1. Evolución porcentual del PBI en bloques geográficos seleccionados

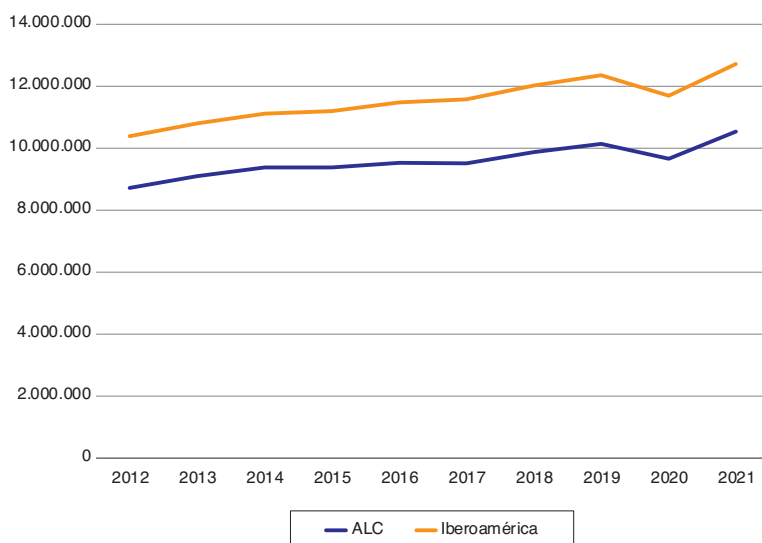
Al analizar la evolución del PBI en el período comprendido entre los años 2012 y 2021, vemos que en el último año se dio una recuperación económica post pandemia en todos los bloques geográficos, llegando a superar los niveles del año 2019. Sin embargo, el ritmo de recuperación no fue el mismo en todos los casos: los países asiáticos fueron los de mayor crecimiento seguidos del bloque conformado por Estados Unidos y Canadá y luego Europa mientras que América Latina y el Caribe (ALC) y Oceanía experimentaron una recuperación más moderada.



14

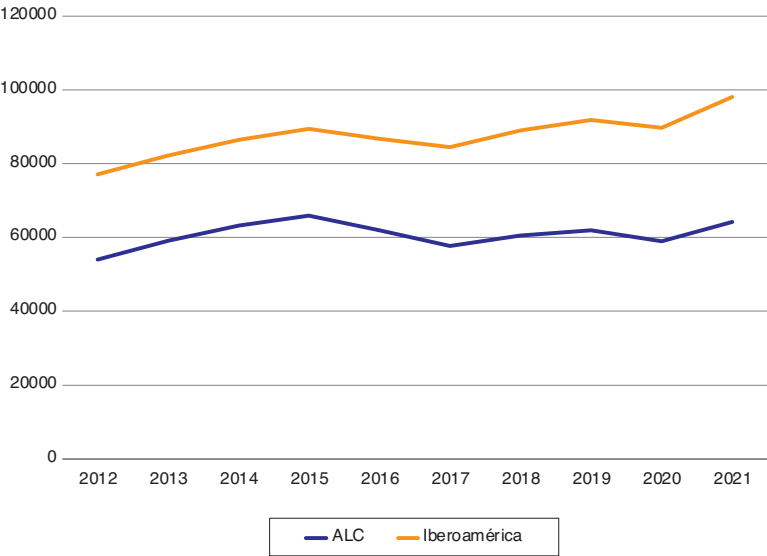
1.2. Evolución del PBI de ALC e Iberoamérica (millones de dólares PPC)

El PBI de ALC muestra un crecimiento del 21% entre 2011 y 2020, llegando en 2021 a superar los diez mil millones de dólares PPC. Iberoamérica, por su parte, muestra un crecimiento muy similar entre los años 2012 y 2021 alcanzando casi trece mil millones de dólares PPC.



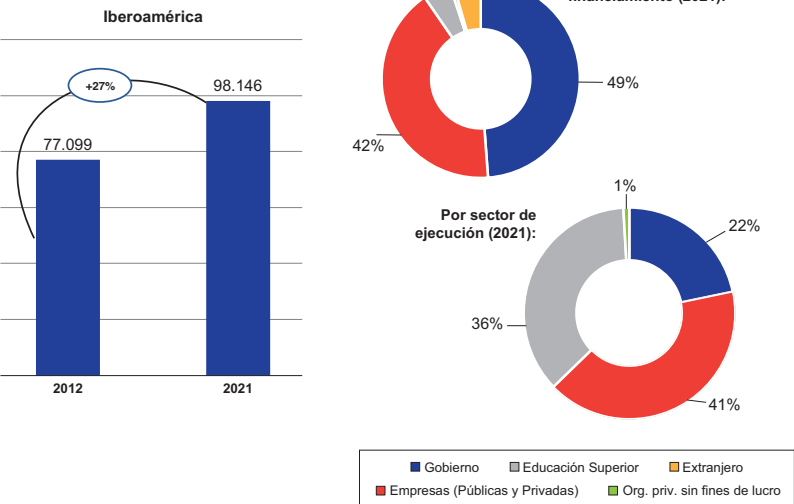
2. Recursos económicos dedicados a I+D

2.1. Evolución de la inversión en I+D de ALC e Iberoamérica (millones de dólares PPC)



Tal como sucede con las economías de los países que conforman ambos bloques, la inversión en I+D volvió a crecer en 2021 luego de la fuerte contracción sufrida en 2020. Comparando el nivel de inversión del año 2021 con el del año previo a la pandemia, la recuperación es un poco mayor en el caso de Iberoamérica impulsada por la evolución de España y Portugal. A largo plazo, los países latinoamericanos invirtieron un 19% más que al comienzo del período aquí analizado mientras que los recursos destinados a I+D en Iberoamérica crecieron un 27%.

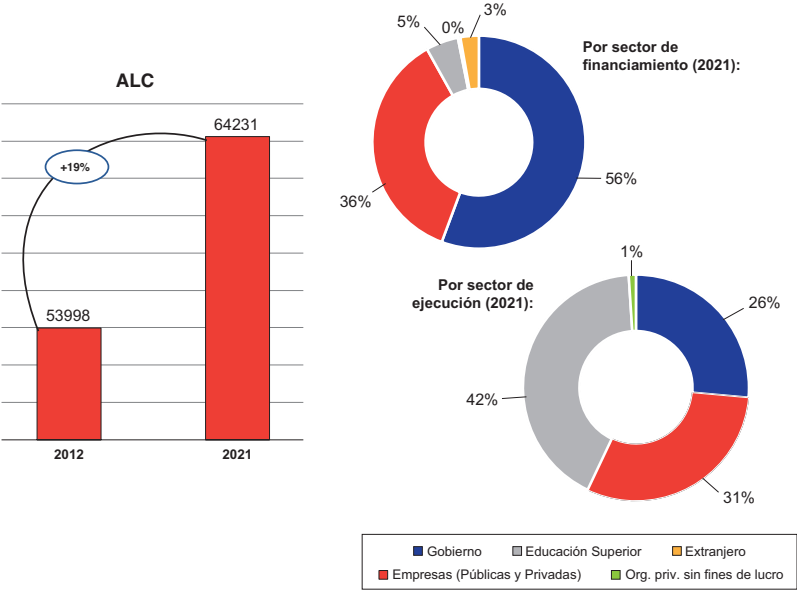
2.2. Distribución sectorial de la inversión en I+D en Iberoamérica



La inversión en I+D iberoamericana pasó de 77 mil millones de dólares PPC en 2012 a superar los 98 mil millones. En 2021, el 49% de ese monto fue financiado por el gobierno y el 42% por las empresas, mientras que el financiamiento del sector de educación superior representó el 5% del total de la inversión, el sector extranjero el 4% y los organismos privados sin fines de lucro el 1%. Al analizar cómo se da la ejecución de los fondos destinados a las actividades de I+D por sector vemos que la distribución es distinta. El gobierno ejecuta el 22% de la inversión, mientras que las instituciones de educación superior y las empresas el 36% y 41% cada uno.

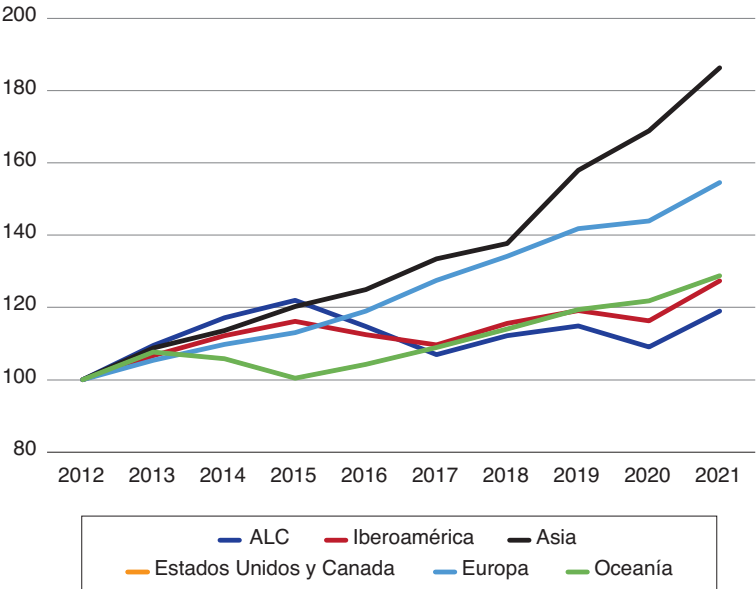
2.3. Distribución sectorial de la inversión en I+D en ALC

En el conjunto de países de ALC la inversión en I+D experimentó un crecimiento menor al de Iberoamérica, incrementándose en un 19% entre 2012 y 2021. De esta manera, ALC pasó de casi 54 millones en 2012 a más de 64,2 mil millones en 2021. El peso del sector gobierno en el financiamiento de la I+D es mayor al de Iberoamérica, representando el 56% del total invertido. En contrapartida, la participación de las empresas es menor, siendo responsables del 36% del financiamiento de la I+D. Se trata de una característica distintiva de los países de la región con respecto a países más desarrollados, en los que la inversión del sector empresas supera a la del gobierno. En cuanto al sector de ejecución de los recursos, las instituciones de educación superior representan el 42%, el sector gobierno el 26% y las empresas el 31%.

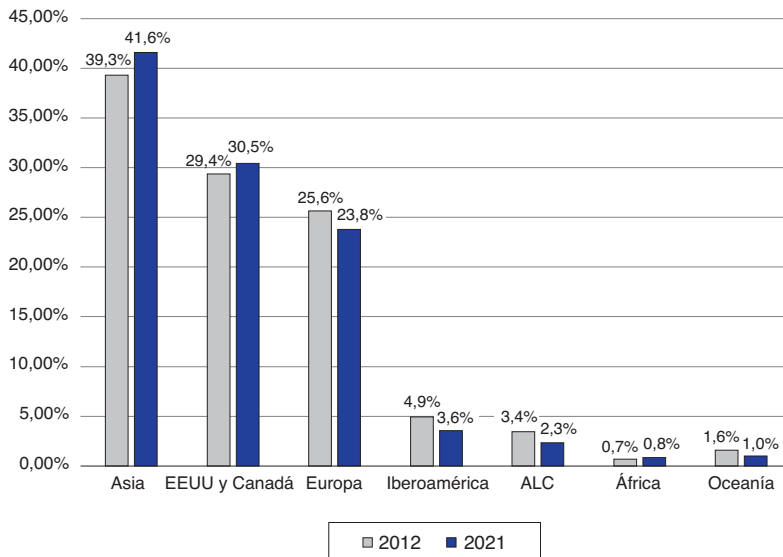


2.4. Evolución porcentual de la inversión en I+D en bloques geográficos seleccionados (dólares PPC)

Si comparamos la evolución porcentual de la inversión en I+D en ALC con el contexto internacional, vemos que fue el bloque geográfico de mayor crecimiento relativo hasta 2015, pero luego es superado por el fuerte desarrollo experimentado por los países asiáticos seguidos por Europa. Es interesante destacar que la mayoría de los bloques geográficos aquí representados lograron superar los niveles de inversión de 2019, aunque ALC muestra una recuperación algo más moderada.

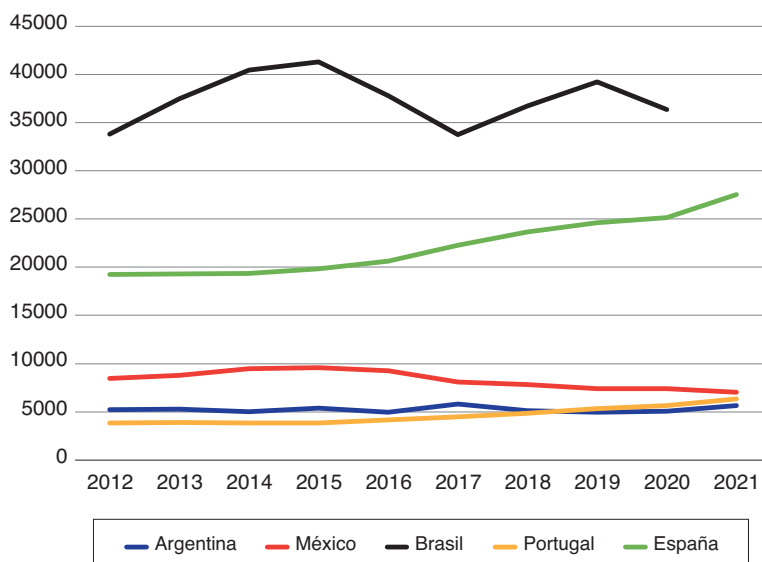


2.5. Distribución de la inversión mundial en I+D por bloques geográficos (dólares PPC). Años 2012 y 2021



La inversión en I+D en el conjunto de países de ALC representó en 2021 el 2,32% del monto total invertido en el mundo, mientras que Iberoamérica el 3,6%, en ambos casos manteniendo una tendencia de contracción en el decenio analizado. Asia constituye el bloque que realiza la mayor inversión en I+D representando el 41,6% de lo invertido a nivel mundial y logró incrementar su participación en los últimos diez años. Le sigue el bloque conformado por Estados Unidos y Canadá que en 2021 representó el 30,5% y los países de la Unión Europea que representaron el 23,8%.

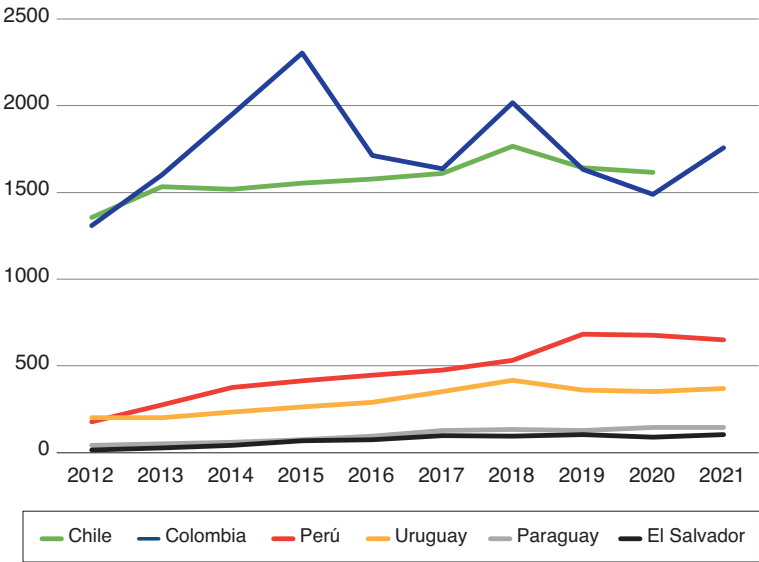
2.6. Inversión en I+D en países seleccionados (millones de dólares PPC)



Los países de mayor inversión en I+D de Iberoamérica muestran una evolución muy diferente en los últimos diez años. Brasil incrementó su inversión hasta el 2015, mostrando un brusco descenso hasta el 2018, año en el que comienza a recuperarse hasta una marcada caída en el 2020. España muestra cierta estabilidad en su nivel de inversión hasta 2016 y luego dio comienzo a un período de notable crecimiento hasta el final de la serie llegando a superar los 27,5 millones de dólares PPC en el 2021. México, por su parte, muestra una tendencia negativa a partir del año 2016 que no logró revertir en el resto de la serie. Argentina experimentó una evolución fluctuante hasta el año 2017, año en el que se contrajo hasta 2020 cuando logró revertir la tendencia y finalizar el período con un crecimiento del 8% en relación al 2012. Por último, Portugal muestra una evolución relativamente estable hasta el año 2016 a partir del cual comienza a incrementar su volumen de inversión llegando a finalizar la serie con un valor 66% mayor respecto a 2012.

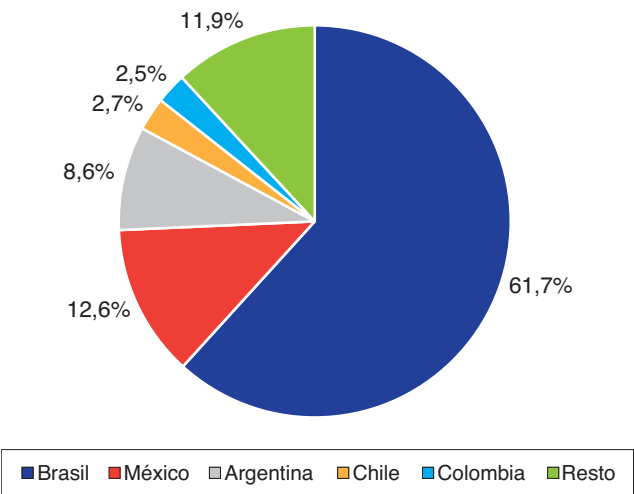
2.7. Inversión en I+D en países seleccionados (millones de dólares PPC)

En los países de ALC con un volumen de inversión menor también se aprecian diferencias. Colombia registró un incremento muy fuerte de su inversión en I+D hasta 2015, luego muestra una caída durante tres años, logra recuperar parte de su nivel de inversión en 2018, pero luego vuelve a caer hasta 2020, sin llegar a recuperar los valores de inversión pre-pandemia en 2021. Chile muestra un crecimiento sostenido hasta el año 2018, año en el comienza a reducir su inversión. Uruguay y Perú evidencian un crecimiento constante hasta los años 2018 y 2019, respectivamente. En 2021, Perú continuó con una tendencia negativa mientras que Uruguay logró superar su nivel de inversión de 2019. Por último, El Salvador y Paraguay muestran niveles de inversión similares, ambos con una evolución positiva hasta 2017 y luego un desaceleramiento del ritmo de crecimiento en los últimos años.

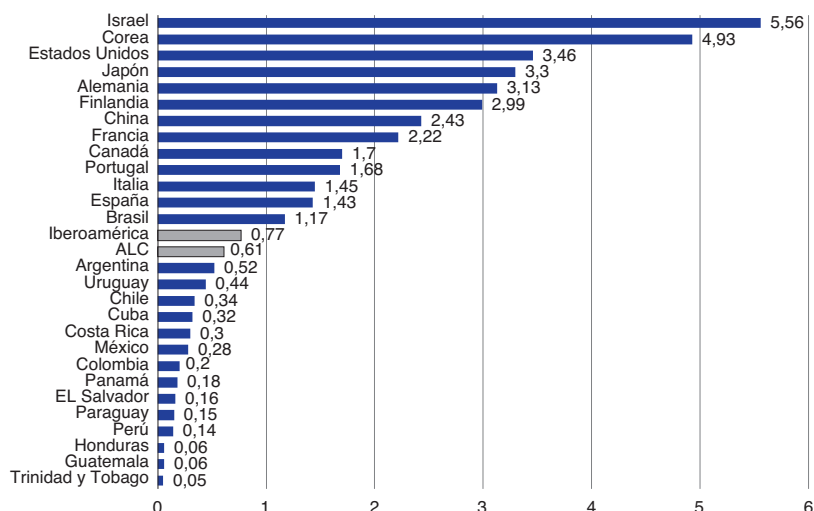


2.8. Distribución de la inversión en I+D en ALC en 2020(dólares PPC)

Uno de los rasgos distintivos de ALC es la fuerte concentración de la inversión en I+D en pocos países: sólo Brasil representa el 62% del esfuerzo regional, mientras que México un 13% y Argentina un 9%. Colombia y Chile, por su parte, representan el 3% de la inversión regional. Si bien esta concentración guarda cierta relación con la que se da al comparar el tamaño de sus economías, la brecha existente entre estos países y el resto de los latinoamericanos en materia de inversión en I+D resulta aún más significativa.



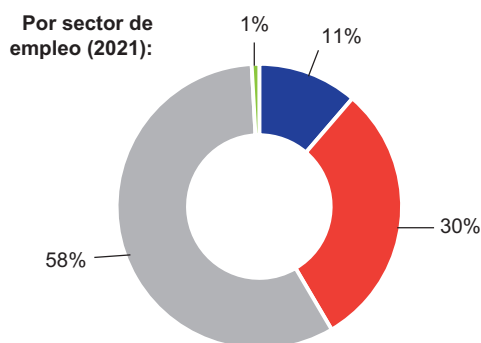
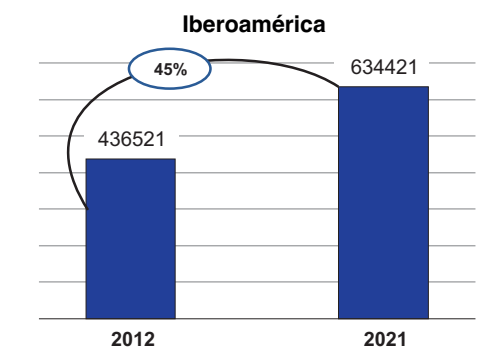
2.9. Inversión en I+D en relación con el PBI en países y regiones seleccionados. Año 2021 o último año disponible



La inversión en I+D del conjunto de países iberoamericanos representó el 0,77% del producto bruto regional en 2021, mientras que ese mismo indicador para ALC alcanzó el 0,61%. Portugal es el país iberoamericano que más esfuerzo relativo realiza en I+D, invirtiendo el 1,68% de su PBI en estas actividades. España, por su parte, destinó el 1,45% de su PBI y Brasil el 1,16%. La inversión en el resto de los países latinoamericanos, no superó el promedio regional en sus esfuerzos en I+D. Comparativamente, la inversión de los países de ALC e Iberoamérica continúa siendo inferior a la inversión realizada por los países industrializados. Israel es el país con el mayor nivel de inversión al destinar 5,56% de su PBI a actividades de I+D. Le sigue Corea con una inversión cercana al 5% y luego Estados Unidos, Japón, Alemania y Finlandia ubicados en torno al 3% de su PBI.

3. RECURSOS HUMANOS DEDICADOS A I+D EN IBEROAMÉRICA

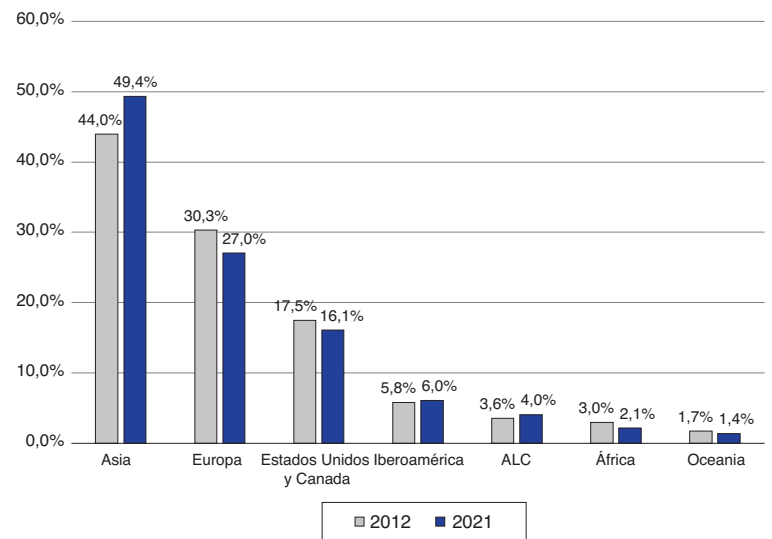
3.1. Cantidad de Investigadores (EJC) de Iberoamérica. Valores totales y distribución según sector de empleo



La cantidad de investigadores en Equivalencia a Jornada Completa (EJC) en Iberoamérica ha experimentado un crecimiento del 45% entre 2012 y 2021, pasando de 436.521 a 634.421. La información sobre la cantidad de investigadores se encuentra expresada en EJC, una medida que facilita la comparación internacional ya que se trata de la suma de las dedicaciones parciales a la I+D que llevan a cabo los investigadores durante el año. Refiere así con mayor precisión al tiempo dedicado a la investigación y resulta de particular importancia en sistemas de ciencia y tecnología en los que el sector universitario tiene una presencia preponderante, como es el caso de los países de América Latina, donde los investigadores distribuyen su tiempo con otras actividades como la docencia o la transferencia. Si tenemos en cuenta la distribución de los recursos humanos de acuerdo al sector donde desempeñan sus tareas, vemos que el sector de educación superior es el más significativo ya que en 2021 el 58% de los investigadores realizó sus actividades en el ámbito universitario. El 30% de los investigadores de la región se desempeñaron en empresas (tanto públicas como privadas) y el 11% lo hicieron en instituciones de I+D pertenecientes al ámbito público.

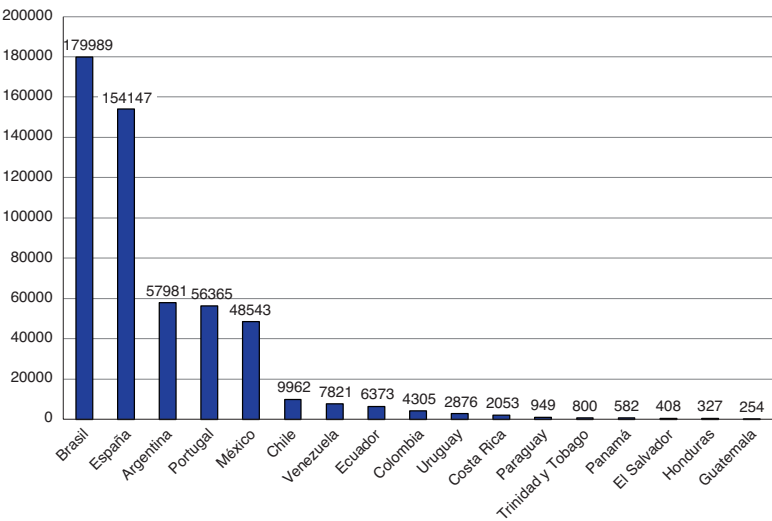
3.2. Distribución de Investigadores (EJC) por bloques geográficos

De forma similar a lo que sucede respecto los recursos financieros destinados a las actividades de I+D, los países de Asia constituyen el bloque con mayor representación de recursos humanos destinados a la investigación y su participación ha crecido a lo largo de los últimos diez años. Sin embargo, en segundo lugar se encuentran los investigadores de los países de la Unión Europea seguidos del bloque conformado por Canadá y Estados Unidos. Los investigadores (EJC) de Iberoamérica representaron el 6,0% del total mundial en 2021, superando la participación regional en la inversión. Durante el periodo 2010-2019, el peso relativo de Iberoamérica se mantuvo casi constante. El peso de ALC fue del 4% en 2021, una participación algo mayor respecto a 2012 y a la inversión en términos de recursos financieros.

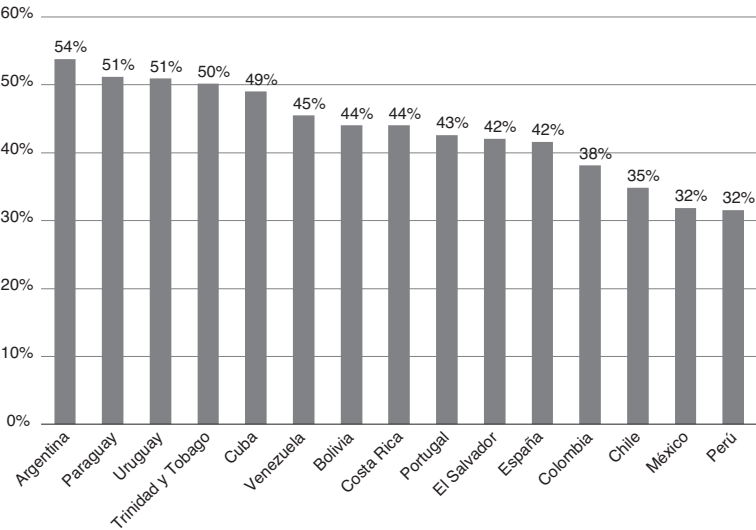


3.3. Cantidad de investigadores (EJC) en países seleccionados. Año 2021 o último año disponible.

Si se analiza la cantidad de investigadores (EJC) en cada país de Iberoamérica, se obtiene un panorama similar al señalado para el gasto en I+D, con una distribución de recursos muy desigual entre los países. Brasil y España concentran la mayor cantidad de investigadores. En el caso de Brasil, el país contó con 173.830 investigadores en 2017, superando a los 154.147 de España en 2021 y más del triple que el país latinoamericano que le sigue: Argentina, con 57.981 investigadores. A continuación, aparecen Portugal, con 56.365 investigadores, y México con 48.543. Con una escala menor les siguen Chile, Venezuela, Ecuador y Colombia.

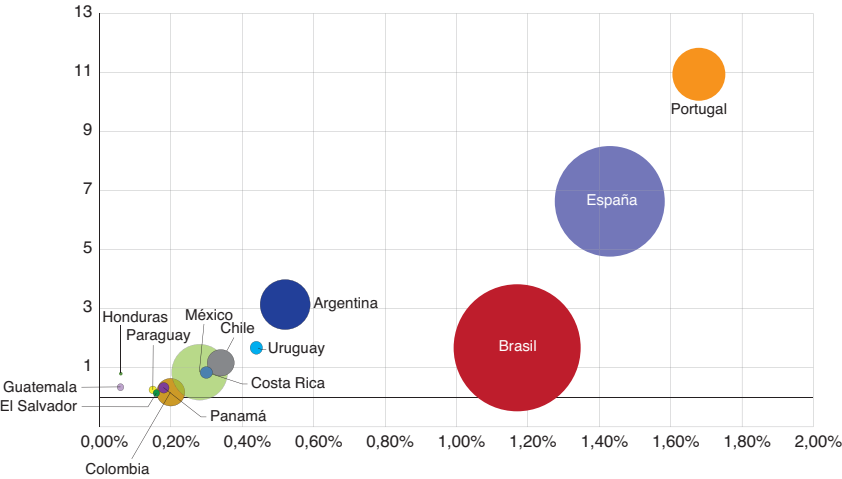


3.4. Porcentaje de mujeres investigadoras y/o becarias en países seleccionados. Año 2021 o último dato disponible.



Resulta interesante analizar la participación de mujeres respecto del total de personas dedicadas a tareas de investigación investigadores/as y becarios/as. En 2021, la cantidad de mujeres que trabajan como investigadoras es menor al 50% en la mayoría de los países de la región, aunque reflejando brechas por sexo de diferente magnitud. En Chile, México y Perú las mujeres representan tan solo un tercio de las personas que investigan. Por otro lado, en Argentina, Paraguay y Uruguay superan la mitad de las personas dedicadas a la investigación.

3.5. Mapa de posicionamiento de países iberoamericanos según recursos dedicados a I+D

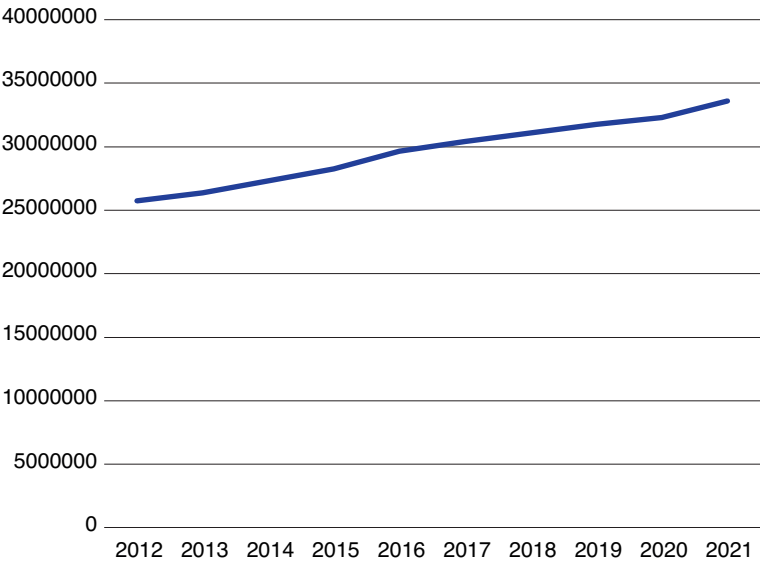


En este gráfico están representados los países de Iberoamérica de acuerdo con tres variables que resumen los recursos financieros y humanos dedicados a la I+D. El tamaño de la burbuja es proporcional a la inversión en I+D que realiza cada país y éstas se ubican de acuerdo con los valores que adopta la inversión en relación con el PBI en el eje horizontal y la cantidad de investigadores EJC cada mil integrantes de la población económicamente activa (PEA) en el eje vertical. Los países mejor posicionados de acuerdo con estas variables de análisis (es decir los más cercanos al cuadrante superior derecho) son Portugal, España y, en menor medida, Brasil. Tanto en el caso brasileño como el mexicano, la cantidad de investigadores en relación con la PEA es menor que la de algunos países con economías de menor tamaño relativo. El caso argentino es inverso, con un número importante de investigadores y una inversión relativamente baja. Además, la mayor cantidad de países se ubican en valores menores al 0,5% de la inversión en I+D en relación con el PBI, y con un investigador EJC cada mil integrantes de la PEA. Entre ellos, se desatacan Chile y Colombia por la cantidad de recursos que destinan a I+D y, con volúmenes de inversión mucho menores, Ecuador, Uruguay y Costa Rica.

4. FLUJO DE ESTUDIANTES Y GRADUADOS

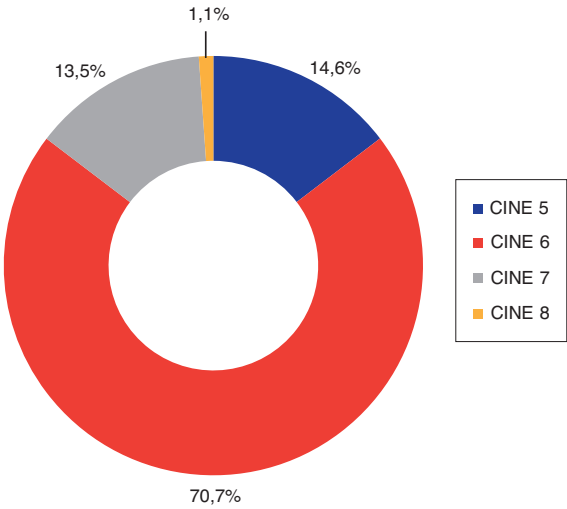
4.1. Evolución del número de estudiantes en la educación superior en Iberoamérica y distribución por nivel CINE

Según datos de la Red INDICES (www.redindices.org), el total de estudiantes en la educación superior de Iberoamérica pasó de 25,7 millones en 2012 a 33,6 millones en 2021, lo cual implicó un crecimiento del 31% de punta a punta. Si analizamos su composición según los niveles de la Clasificación Internacional Normalizada de Educación(CINE), observamos que en el año 2021 el 82% de los estudiantes corresponden al nivel 6 (licenciatura), le siguen el nivel 5 (terciarios no universitarios) con un 10% y el 7 (maestría) y 8 (doctorado) con 6,5% y 1,2% respectivamente.



4.2. Evolución del número de graduados de la educación superior en Iberoamérica y distribución por nivel CINE

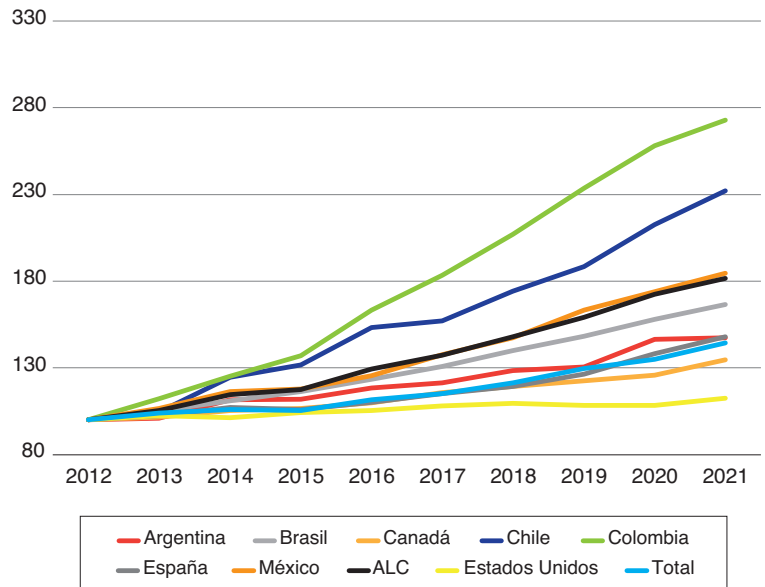
El número total de graduados en Iberoamérica ha tenido también un crecimiento significativo, pasando de casi 36 millones en 2012 a superar los 4,9 millones en el año 2021 luego de una caída experimentada en 2020, año signado por la pandemia. Respecto a la distribución por nivel CINE, el nivel 6 (licenciatura) predomina con un 71%, seguido por los graduados de nivel 5 (terciarios no universitarios) y 7 (maestrías), con 14,6 y 13,5% respectivamente. Coincidiendo con la participación porcentual de los estudiantes, los graduados del nivel 8 (doctorado) representaron el 1% del total.



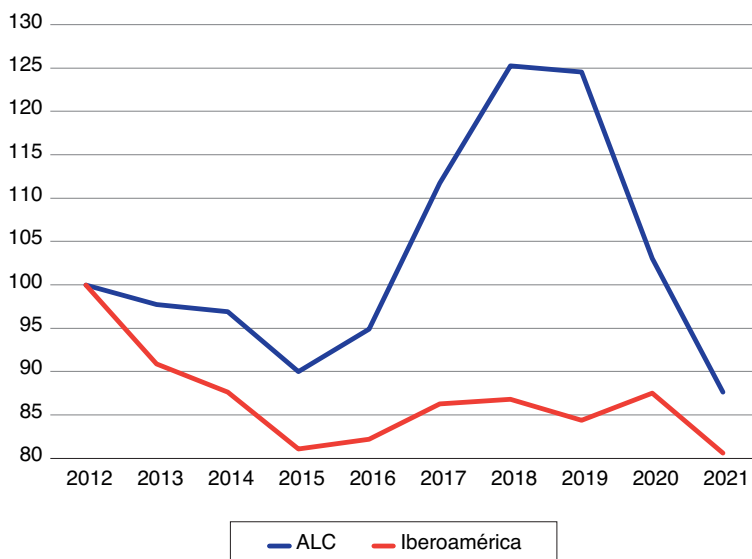
5. INDICADORES DE PRODUCTO

5.1. Evolución porcentual del número de publicaciones en Scopus

En los años comprendidos en esta serie, la cantidad de artículos publicados en revistas científicas registradas en Scopus creció un 44%. La cantidad de artículos firmados por autores de ALC creció a un ritmo mayor que el del total de la base, alcanzando un volumen 82% mayor en 2021 respecto del inicio de la serie. Dentro de la región, se destaca el crecimiento de Colombia y Chile que triplican y duplican, respectivamente, la cantidad de publicaciones en la base de datos. Estados Unidos, el líder mundial en base al volumen de su producción científica, muestra una evolución estable y sostenida a lo largo del tiempo con un crecimiento del 13%.

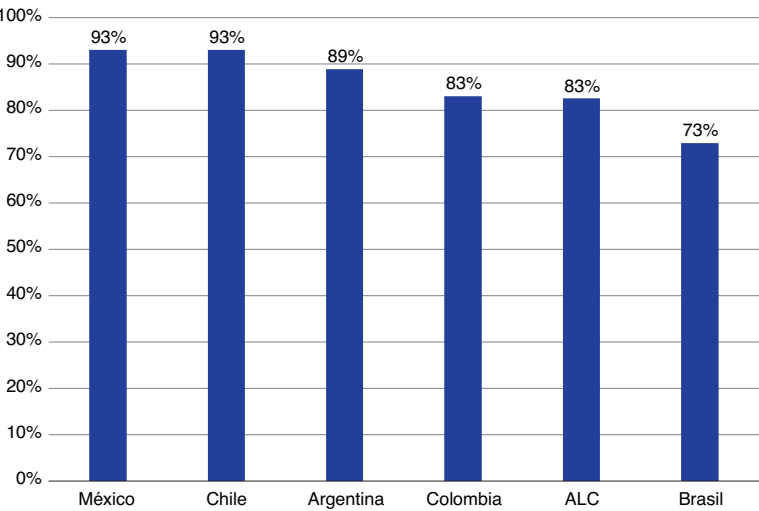


5.2. Evolución porcentual del número de solicitudes de patentes PCT



Con grandes altibajos, el número de patentes internacionales solicitadas mediante el Tratado de Cooperación en Patentes (PCT) muestra una caída en 2021 respecto del 2012 para Iberoamérica y ALC del 12% y 19%, respectivamente. En ambos casos, pero sobre todo para el conjunto de países latinoamericanos, se da una fuerte caída de la cantidad de solicitudes de patentes durante 2021. Las bajas en las solicitudes de patentes de España, México y Brasil impactaron en la caída del total iberoamericano. Cabe destacar los casos de Portugal y Chile, dos países que mostraron una tendencia opuesta, con crecimientos del 90% y 55% respectivamente durante el decenio.

5.3. Solicitudes de patentes por no residentes en relación con el total de solicitudes en países seleccionados.



Pasando ahora a las patentes solicitadas en las oficinas de propiedad intelectual de los países de la región, en el año 2021 el 83% de las solicitudes de patentes en países de ALC corresponde a no residentes, principalmente a empresas extranjeras protegiendo productos en los mercados de la región. México es el país en el que este fenómeno fue más marcado, con un 93% del total de las solicitudes en manos de no residentes. En Chile y Argentina ese valor fue del 93% y 89% respectivamente. Uno de los valores más bajos de ALC lo obtuvo Brasil, donde el 73% de las solicitudes corresponden a no residentes.

2. DOSSIER: INTELIGENCIA ARTIFICIAL



2.1. DESARROLLO DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL: DESAFÍOS Y OPORTUNIDADES PARA LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA EN IBEROAMÉRICA.

RODOLFO BARRERE, LAUTARO MATAS, JUAN SOKIL Y LAURA TRAMA *

PRINCIPALES AFIRMACIONES

- El campo de la inteligencia artificial (IA) ha experimentado un crecimiento notable en la producción científica en la última década, especialmente a partir de 2018. El número de artículos publicados a nivel mundial se ha multiplicado significativamente, alcanzando un total de 230.306 documentos en 2022, lo que representa un aumento de casi seis veces en comparación con una década atrás.
- China se ha destacado como líder en producción científica en IA, con un total de 306.439 documentos en diez años, lo que representa el 30% de las publicaciones mundiales sobre el tema. Este crecimiento se ha caracterizado por su aceleración, especialmente a partir de 2018, cuando China publicó un total anual de 80.811 artículos, nueve veces más que en 2013. Estados Unidos también ha experimentado un crecimiento significativo, multiplicando su producción por más de cinco veces en el mismo período.
- En Iberoamérica, si bien el ritmo de publicación se aceleró a partir de 2018, el crecimiento de la producción científica en IA en la región fue del 209% en los últimos diez años, lo cual está por debajo del crecimiento a nivel mundial (+485%). Además, la participación de Iberoamérica en la producción científica mundial en IA ha disminuido, pasando del 9% en 2013 al 5% en 2022.
- España lidera la producción en la región, seguida por Brasil, Portugal, México y Colombia. Ecuador es un caso destacado, experimentando un crecimiento significativo en su producción y especialización en IA, superando a Argentina en el número de publicaciones.
- La colaboración internacional es fundamental en un entorno de producción científica relativamente baja en la región. Si bien la colaboración internacional ha aumentado, el porcentaje de colaboración entre países iberoamericanos ha permanecido relativamente bajo. España y Chile son los países con mayor colaboración internacional en IA, mientras que Cuba y Ecuador se destacan por su colaboración regional.
- La producción científica en IA abarca una amplia gama de disciplinas, desde ciencias de la computación e ingeniería hasta ciencias de la salud y ciencias sociales. La IA se ha convertido en una herramienta poderosa para acelerar la producción de conocimiento en diversas áreas de la ciencia y la tecnología.
- Los resultados de este informe dan cuenta de la necesidad de fomentar la colaboración regional en la investigación en IA y promover un mayor nivel de especialización en la región. A medida que la IA continúa transformando la sociedad y la industria, es esencial que Iberoamérica participe activamente en este campo de rápido crecimiento y desarrollo.

INTRODUCCIÓN

La inteligencia artificial (IA) ha irrumpido en nuestra vida cotidiana, transformando la forma en que vivimos, trabajamos y nos relacionamos. La IA incluye una variedad de tecnologías y técnicas diseñadas para permitir a las máquinas aprender y actuar de manera similar a la inteligencia humana. Estas tecnologías se utilizan para crear sistemas que pueden automatizar tareas, resolver problemas complejos, tomar decisiones. Se trata de un campo de larga data -la expresión “inteligencia artificial” puede ser rastreada hasta los años 50-, pero que, gracias a algunas ideas innovadoras, combinadas con la mayor capacidad de cómputo disponible y los grandes volúmenes de información accesibles, se ha desarrollado de manera muy acelerada en el último lustro.

No se trata tampoco de un campo perfectamente delimitado y la inclusión o no de ciertas tecnologías puede dar lugar a extensas discusiones. Dentro de la IA, entre muchas otras tecnologías, podemos encontrar:

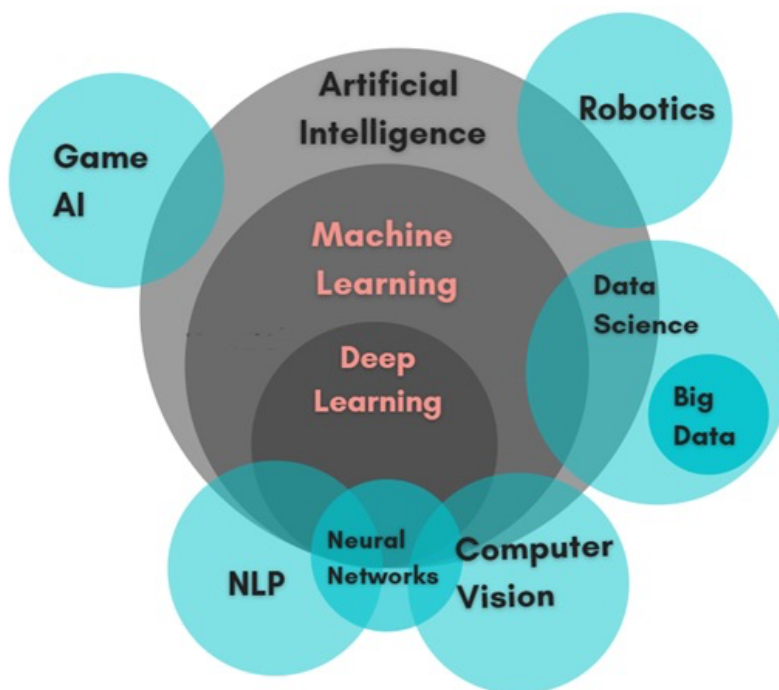
- **Aprendizaje automático (*machine learning*):** es una rama fundamental de la IA que permite a las máquinas aprender patrones y hacer predicciones a partir de datos. Los algoritmos de aprendizaje automático se entrenan utilizando conjuntos de datos y se perfeccionan a medida que obtienen más datos.
- **Redes neuronales artificiales:** están inspiradas en la estructura y función del cerebro humano. Consisten en nodos interconectados que imitan a las neuronas y

se utilizan en tareas como reconocimiento de patrones o el procesamiento de lenguaje natural. En particular, son el sustrato de los modelos de lenguaje de gran escala (*large language models* o LLM) que motorizan aplicaciones como ChatGPT.

- **Aprendizaje profundo (*deep learning*):** es un enfoque de aprendizaje automático que utiliza redes neuronales con múltiples capas para aprender representaciones de datos de forma jerárquica. Es muy efectivo para tareas complejas como reconocimiento de imágenes y voz.
- **Procesamiento de lenguaje natural:** se enfoca en la interacción entre las computadoras y el lenguaje humano. Incluye tareas como traducción automática, análisis de sentimientos, resumen de texto y *chatbots*.
- **Visión por computadora:** se refiere a la capacidad de las máquinas para interpretar y comprender visualmente el mundo, como reconocer objetos en imágenes, detección de caras y seguimiento de objetos en vídeos.

Estas tecnologías, junto con otras, se entrelazan y superponen de manera compleja según sus distintos campos de aplicación (**Figura 1**). Las técnicas de *deep learning* (DL) son un subconjunto de las de *machine learning* (ML), en las que se aplican redes neuronales para el aprendizaje automático. En la intersección del DL, de las redes neuronales y del procesamiento de lenguaje natural (NLP) surgen los modelos de lenguaje que han revolucionado la IA en los últimos años.

Figura 1. Esquema de intersección de las tecnologías que componen la IA



Estas tecnologías pueden ser aplicadas, transversalmente, a un gran número de campos, como la robótica, sistemas expertos, procesamiento de señales o sistemas de recomendación. La combinación de estas tecnologías y el creciente desarrollo de sus campos de aplicación podrán converger en el futuro al desarrollo de la inteligencia artificial general (IAG), con la capacidad de comprender, aprender y aplicar conocimientos en múltiples dominios, similar a la inteligencia humana.

Ese desarrollo fue posible, además, por un fuerte interés de empresas, gobiernos y organizaciones, que impulsaron un incremento significativo de la inversión en I+D. Grandes empresas de tecnología como Google, Facebook, Amazon, Microsoft y Apple han invertido significativamente en IA, estableciendo laboratorios especializados y adquiriendo *startups* de IA. También ha habido una extensa colaboración entre la academia y la industria, lo que ha acelerado la transferencia de conocimientos y tecnologías.

Pero la explosión de la IA en la agenda pública de los últimos meses ha estado dada por un campo en particular: el desarrollo significativo de modelos de lenguaje de gran escala (LLM), que superan los 1000 millones de parámetros (variables cuyo valor se ha ajustado durante el proceso de entrenamiento) y son capaces de interactuar con humanos y desarrollar diversas tareas -incluso algunas que pueden ser vistas como creativas- de forma muy rápida. Muchos de estos modelos son, además, accesibles sin costo para los usuarios.

ChatGPT irrumpió en la escena pública y puso a la IA en el centro de la atención mundial. Hoy todo parece estar condicionado por la IA; todos los sectores de la sociedad parecen aplicarlo -aunque no se defina del todo bien de qué hablamos cuando decimos IA- y existen voces que plantean a la IA como una amenaza para la sociedad en el corto plazo,

Redes neuronales

El cerebro humano es extremadamente complejo y está compuesto por miles de millones de neuronas interconectadas. Las redes neuronales artificiales inicialmente se inspiraron en cómo las neuronas biológicas procesan información, se adaptan y generan patrones de aprendizaje. La evolución de estos modelos y la aplicación de métodos de entrenamiento permiten que las máquinas aprendan a partir de la información que se les proporciona, usando la retroalimentación de sus errores como mecanismo de ajuste del modelo aprendido.

Estas redes se componen de unidades (neuronas) que implementan funciones matemáticas y parámetros de ajuste que permiten su entrenamiento. Las neuronas se estructuran en capas interconectadas por donde los datos se propagan secuencialmente, permitiendo computar resultados basados en los casos de entrada. Estas redes

se entrenan utilizando grandes cantidades de datos, que permiten el ajuste progresivo de los parámetros de acuerdo a la retroalimentación de los errores identificados. Al igual que en el cerebro humano, donde las conexiones entre las neuronas se fortalecen o debilitan en función de la actividad y la experiencia, en las redes neuronales artificiales las conexiones se ajustan durante el entrenamiento en función de los datos que se les suministran.

Los modelos de lenguaje de gran escala, los LLM, son la aplicación más novedosa e impactante a nivel social de las redes neuronales, ya que han desarrollado la capacidad de las máquinas para interactuar conversacionalmente con humanos de manera inédita. En muchos casos, resulta imposible para los usuarios no especializados detectar si están interactuando con otra persona o con una IA.

El impulso a esta tecnología se ha apoyado en el desarrollo de arquitecturas de redes neuronales especializadas para el procesamiento del lenguaje natural, como los *transformers*,¹ que han revolucionado la forma en que los modelos de lenguaje procesan y generalizan los patrones de texto. Los *transformers* han permitido capturar relaciones de largo alcance en el texto y aprender dependencias a largo plazo, mejorando así la comprensión y la generación de lenguaje.

Este desarrollo en el ámbito del software se combinó con el incremento en la capacidad de cómputo gracias al uso de unidades de procesamiento gráfico (GPU según sus siglas en inglés), originalmente diseñadas para el procesamiento de gráficos, pero que por su poder de cómputo en paralelo resultan ideales para el entrenamiento de grandes redes neuronales. Al mismo tiempo, la cantidad de información textual acumulada en Internet a lo largo de los años se ha convertido en el conjunto de datos de entrenamiento perfecto para estos modelos.

La combinación de estos tres factores -*software*, *hardware* y datos- dio como resultado un crecimiento radical en el tamaño y complejidad de los LLM. Por poner un ejemplo, BERT (una de las primeras aplicaciones de estas tecnologías, desarrollada en 2018) contaba con 340 millones de parámetros, mientras que el novedoso GPT4 se estima que cuenta con 1.000.000 de millones.

Sin embargo, poner en marcha uno de estos sistemas no resulta ni rápido ni sencillo, y solo está al alcance de grandes compañías con capacidad de afrontar los grandes costos computacionales necesarios. Según diversas fuentes disponibles, el costo de poner en funcionamiento un LLM de estas características -contando con el volumen de datos necesario para darle un entrenamiento específico- puede ascender al medio millón de dólares. Se trata de una tecnología relevante, pero cuyo costo puede resultar en una barrera importante para empresas e instituciones de la región y es susceptible de generar nuevas brechas relacionadas con la disponibilidad de recursos.

1. Vaswani, A., Shazeer, N.M., Parmar, N., Uszkoreit, J., Jones, L.Gomez, A.N.Kaiser, L.; Polosukhin, I. (2017). Attention is All You Need. Neural Information Processing Systems.

Ganadores y perdedores en la era de la IA

La adopción de la IA crea una dinámica de ganadores y perdedores, como ha ocurrido con la irrupción de muchas tecnologías nuevas a lo largo de la historia. Al igual que con la llegada de otras innovaciones, la IA afecta de manera diferenciada a las personas, empresas y sectores. Algunos prosperan al adaptarse y aprovechar sus capacidades, mientras que otros enfrentan desafíos al no integrar completamente la IA en sus operaciones. Es un nuevo caso de la “destrucción creadora” popularizada por Schumpeter desde los años 40.

Los “ganadores” son aquellos que pueden adaptarse y aprovechar la IA para mejorar la eficiencia, innovar y aumentar su competitividad en el mercado. Los “perdedores” son los que no logran adaptarse, enfrentando pérdida de empleos o incluso la obsolescencia de habilidades laborales.

La IA tiene el potencial de transformar industrias enteras al automatizar tareas y trabajos actualmente realizados por humanos. No es algo sin precedentes en el desarrollo tecnológico. Esta automatización incrementará desigualdades si las ganancias se concentran en pocos países, empresas e individuos. Es fundamental abordar este desafío para garantizar que los beneficios de la IA se distribuyan de manera equitativa y contribuyan a una sociedad más justa, en vez de generar nuevos excluidos en un nuevo mercado de trabajo.

La IA es una realidad que está transformando nuestra sociedad y economía de manera profunda y rápida. El conocimiento y la preparación para la era de la IA son esenciales para aprovechar sus beneficios y mitigar sus riesgos. Es crucial comprender cómo funciona la IA y cómo puede integrarse efectivamente en diferentes sectores y aplicaciones. En esto las políticas públicas tienen un rol central, para fomentar la innovación y la competitividad a través de la educación y la adquisición de las habilidades necesarias por parte de las personas. La divulgación y popularización del conocimiento sobre estas tecnologías es vital para facilitar la toma de decisiones informadas y para una adopción ética y responsable de la IA.

El involucramiento de organizaciones sociales, junto con el personal de investigación es crucial, sobre todo en países en desarrollo como la mayoría de los iberoamericanos. La evolución de la IA está ocurriendo a una velocidad muy acelerada y se trata de un proceso complejo y dinámico. Resulta muy difícil predecir su futuro dada la rápida evolución y la falta de precedentes en ciertos aspectos. Además, la IA es un campo multidisciplinario en su desarrollo y transversal en sus aplicaciones, lo que complica aún más las predicciones precisas sobre su desarrollo y su impacto en la sociedad.

Es necesario, por tanto, contar con una línea de base para conocer las fortalezas y debilidades de los sistemas de ciencia y tecnología iberoamericanos en relación con la I+D en este campo y la aplicación de sus desarrollos. Solo con una implicación fuerte de las capacidades científicas

de la región, será posible tener un rol activo en el desarrollo de la IA y aplicar de forma innovadora sus posibilidades en los países iberoamericanos.

1. LAS HUELLAS DE LA I+D

Aunque el conocimiento es de carácter intangible, el proceso mediante el cual se produce deja huellas que pueden ser medidas y analizadas para obtener un panorama detallado. La capacidad de dar cuenta del estado del arte y de las tendencias en la investigación científica y el desarrollo tecnológico se enriquece cuando combina información cuantitativa y cualitativa. Con la asistencia de expertos en el tema estudiado es posible conformar un mapa de tendencias y relaciones, configurando un insumo de utilidad para la toma de decisiones y la prospectiva.

Las publicaciones científicas son huellas privilegiadas de la producción de conocimiento. Las revistas científicas, junto con las pautas y reglas que regulan su funcionamiento, son el canal por el cual los investigadores hacen público de manera “oficial” el resultado de su trabajo. El conjunto de las publicaciones científicas encarnan, entonces, el acervo de conocimiento disponible y, a la vez, demarcan el campo y dan escenario a los debates científicos. La fuente de información más difundida para los estudios de producción científica y para los indicadores bibliométricos consiste en la extracción de información estadística de bases bibliográficas. Estas fuentes de información cuentan con datos acumulados, durante muchos años, de los documentos publicados en revistas científicas seleccionadas. Contienen referencias bibliográficas que incluyen el título del artículo, sus autores, la pertenencia institucional de los mismos, la revista de publicación y el resumen del documento, entre otros datos.

La selección de las revistas que son indexadas en esas bases de datos se realiza con fuertes criterios de calidad editorial (reconocimiento del comité editor, calidad académica de los encargados del referato, etc.), opiniones de expertos y análisis de las citas recibidas por las revistas como una muestra de su visibilidad. Esa selección también debe garantizar una correcta cobertura de los temas que la base de datos pretende cubrir. En el caso de las bases internacionales, se busca cubrir la corriente principal (*mainstream*) de la ciencia internacional.

Para este estudio se ha utilizado la base de datos SCOPUS, que cuenta con una colección que supera las 25.000 revistas científicas de primer nivel, recopiladas con criterios de calidad y cobertura, que dan cuenta de la investigación en la corriente principal de la ciencia internacional.

El recorte del conjunto de artículos científicos utilizados en este informe se basó en una serie de palabras clave, resultantes de revisiones bibliográficas y discusiones con expertos. Ese conjunto de palabras clave fue aplicado a los campos de título, resumen y palabras clave de los artículos, y refinada en un proceso iterativo basado en la revisión de muestras de los documentos recopilados.

Los términos utilizados para la búsqueda fueron:

- *Neural network*
- *Artificial intelligence*
- *Supervised learning*
- *Unsupervised learning*
- *Reinforcement learning*
- *Deep learning*
- *Ensemble learning*
- *Large language model*
- *Natural language processing*
- *Word embeddings*

A continuación se presenta, de forma comparada, la evolución de la producción científica en IA en el mundo, haciendo foco en el desarrollo del área en los países iberoamericanos.

Gráfico 1. Evolución de la cantidad de publicaciones científicas sobre inteligencia artificial en SCOPUS. Años 2013-2022

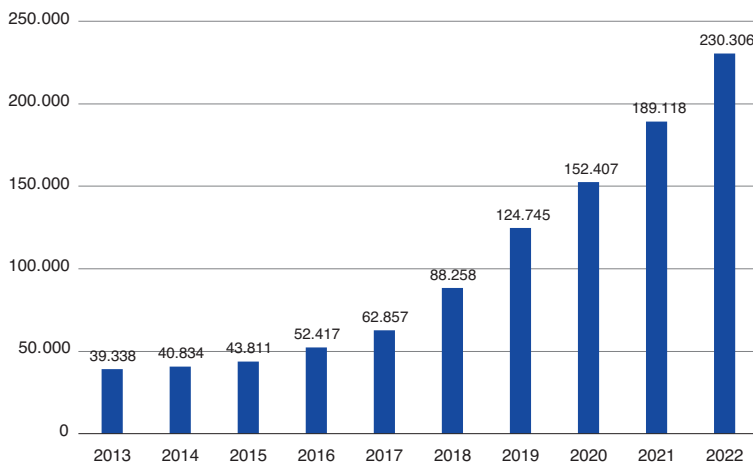
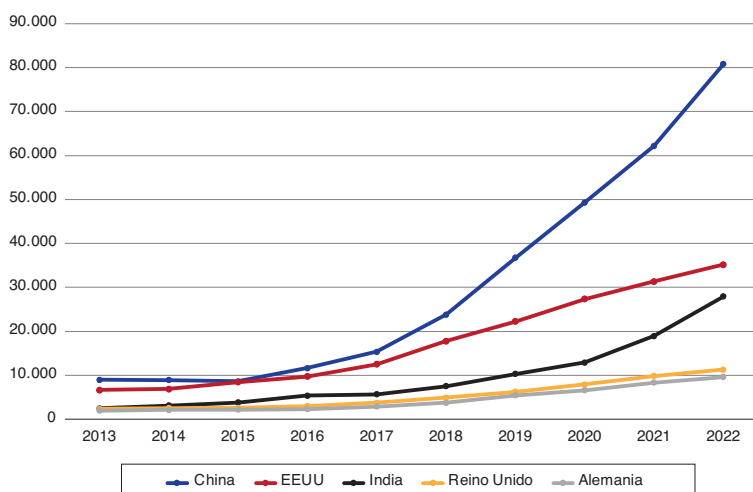


Gráfico 2. Evolución de la cantidad de publicaciones científicas sobre inteligencia artificial en SCOPUS en primeros 5 países. Años 2013-2022



2. IA EN LA INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO IBEROAMERICANO

Como se mencionó anteriormente, la IA es un campo científico de larga data, pero cuya producción tuvo un crecimiento lento en las últimas décadas hasta una revitalización importante a partir de 2018.

Si tomamos en cuenta la evolución de la producción científica registrada en SCOPUS sobre IA a nivel mundial, se observa un crecimiento muy acelerado, sobre todo a partir de 2018 (**Gráfico 1**). Como consecuencia, en 2022 el total de artículos publicados a nivel mundial alcanzó un total de 230.306 documentos, una cifra casi seis veces mayor a la cantidad publicada diez años antes.

Durante el mismo período, el país con mayor producción acumulada fue China, con un total de 306.439 documentos en esos diez años. En segundo lugar -ya con un volumen mucho menor- aparece Estados Unidos con 178.270 publicaciones. Los principales cinco países en términos de su producción se completan con India (98.141), Reino Unido (54.588) y Alemania (45.262).

Estamos ante un fuerte fenómeno de concentración en el que los autores chinos participan del 30% de las publicaciones mundiales sobre el tema. Son los autores de ese país los que además destacan por lo acelerado del crecimiento de su producción desde 2018. En 2022 alcanzan un total anual de 80.811 artículos, nueve veces más que en 2013 (**Gráfico 2**).

Estados Unidos también registró un crecimiento más acelerado desde 2018, aunque con un ritmo de crecimiento menor. Entre 2013 y 2022 multiplicó por más de cinco veces su volumen y estuvo en línea con el crecimiento del total de la producción mundial en este tema. La India también se destaca por un crecimiento marcado, aunque tardío con respecto a China. Si bien su volumen total en el periodo es menor al de los otros países mencionados, su crecimiento es incluso mayor, alcanzando en 2022 una cantidad de publicaciones once veces mayor que en 2013. El Reino Unido y Alemania muestran crecimientos más moderados, multiplicando por cinco su producción entre 2013 y 2022, y más en línea con la evolución de la trayectoria de Estados Unidos.

Por su parte, el conjunto de países de Iberoamérica pasó de 3460 artículos en 2013 a un total de 10.707 publicaciones en

2022 (**Gráfico 3**). Si bien la región sigue la tendencia mundial con un ritmo de publicación que se acelera a partir de 2018, su crecimiento fue del 209% en los últimos diez años, lo cual representa una expansión menor al de la producción científica mundial (+485%) y al de los países antes detallados.

Además, los artículos iberoamericanos en IA pasaron de representar el 9% del total de publicaciones en este campo a nivel mundial (un valor similar al peso de la producción científica regional en la base de datos) a representar el 5% en 2022. Es decir, se observa un bajo nivel de especialización en la temática y una caída del nivel de participación de Iberoamérica en la producción científica sobre IA a nivel mundial en los últimos diez años. La investigación regional sobre este tema no ha crecido al mismo ritmo que en los países más desarrollados.

Si analizamos dentro de Iberoamérica cuáles fueron los países con mayor producción, vemos que lideran el ranking España, Brasil, Portugal, México y Colombia. España pasó de 1535 artículos en 2013 a 4.213 en 2022, Brasil de 809 en 2013 a 2644 en 2022 y Portugal de 471 publicaciones en 2013 a 1571 en 2022 (**Gráfico 4**). Ese orden es consistente con el ranking general de los países iberoamericanos según su producción en SCOPUS, con la excepción de Colombia, que sube un puesto en IA, adelantando a Chile.

Llama la atención el crecimiento experimentado por Ecuador, que, con una muy baja cantidad de publicaciones en 2013, llegó a posicionarse en el sexto lugar de la producción científica regional en 2022 con 310 publicaciones, superando el total de Argentina en la temática durante el mismo año. Es un fenómeno que acompaña el llamativo crecimiento de las publicaciones sobre ciencias de la computación en Ecuador, que en la actualidad alcanzan al 30% de la producción científica de ese país en SCOPUS. En ese sentido, Ecuador encabeza a los países iberoamericanos en cuanto al nivel de especialización en IA en su producción científica. El 4% de sus artículos en SCOPUS está relacionado con este campo, mientras que en la mayoría de los países ese valor alcanza al 2%. Son los casos de España, Brasil, México, Colombia y Perú.

En el caso de Portugal, los artículos relacionados con IA alcanzan al 3% del total. Por el contrario, en Argentina y Chile la especialización en este tema es menor y sólo el 1% de los documentos abordan este tema de investigación.

Gráfico 3. Evolución de la cantidad de publicaciones científicas sobre inteligencia artificial en Iberoamérica. Años 2013-2022

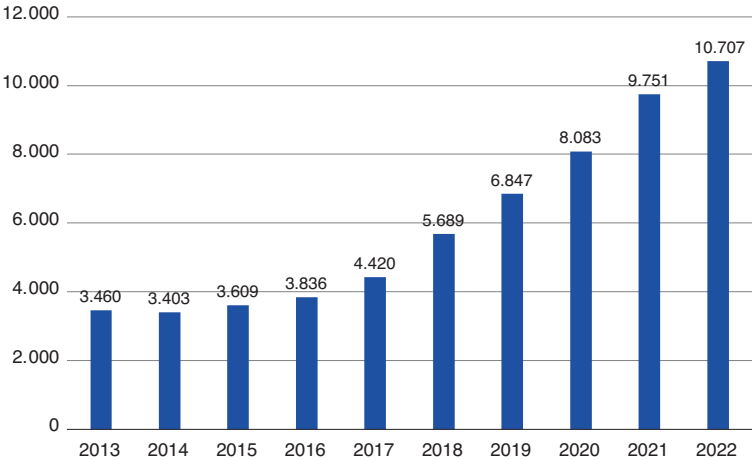
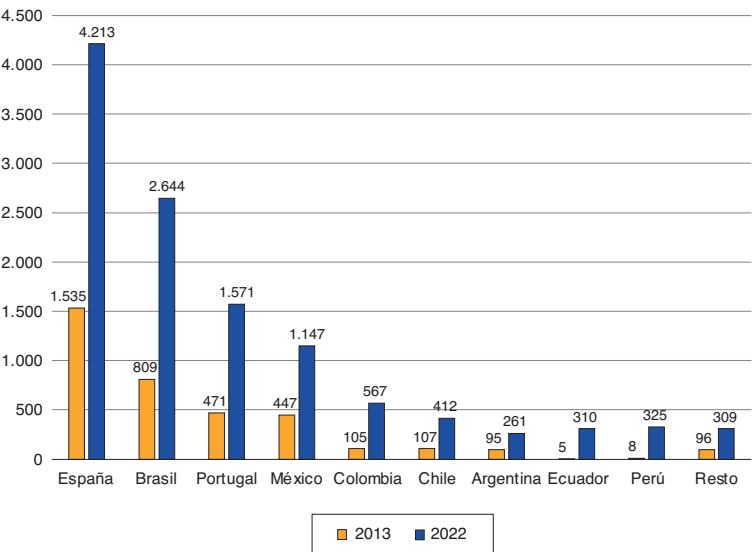


Gráfico 4. Cantidad de publicaciones científicas sobre inteligencia artificial en países iberoamericanos seleccionados. Años 2013-2022

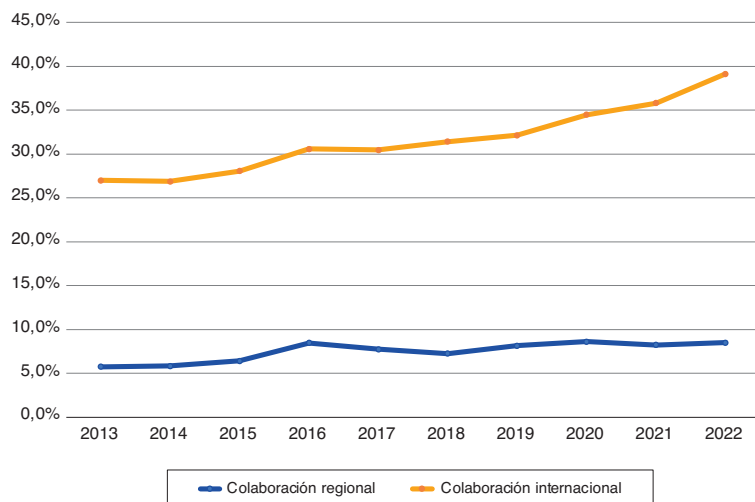


2.1. Colaboración internacional

En una región con una producción científica relativamente baja en el contexto mundial -reflejo de sus niveles de inversión y de recursos humanos de investigación-, la colaboración internacional es una herramienta necesaria para participar de los desarrollos en la frontera de la ciencia internacional y alcanzar una masa crítica de recursos a nivel iberoamericano. Sin embargo, la producción iberoamericana en IA se lleva adelante con un creciente nivel de colaboración internacional, pero con un porcentaje de colaboración entre países iberoamericanos que permanece estancado en un valor relativamente bajo.

En 2013, el 27% de los artículos relacionados con IA firmados por autores iberoamericanos contaba también con la firma de un coautor de fuera de la región. En 2022, ese indicador había trepado hasta el 39%; un valor algo mayor que el de los niveles de colaboración internacional de la producción total de la región en SCOPUS.

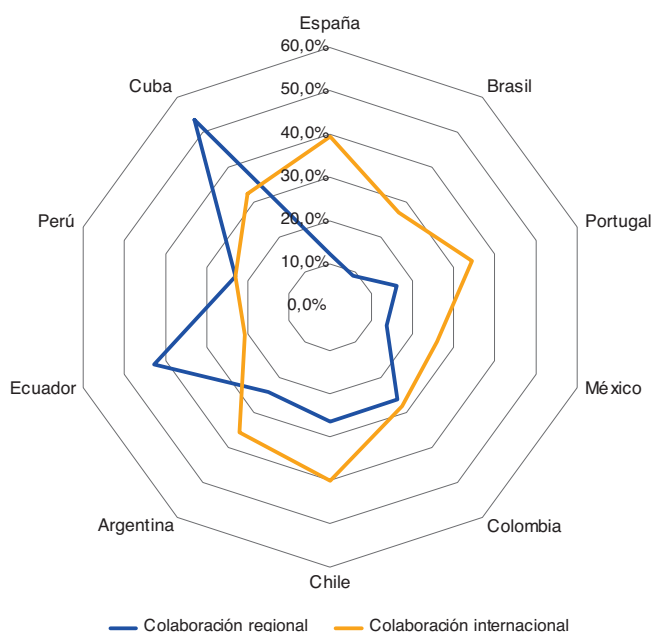
Gráfico 5. Evolución de la cooperación iberoamericana en producción científica en IA. Años 2013-2022



La cooperación exclusiva entre autores iberoamericanos tuvo una trayectoria diferente. En 2013, solo el 6% de los artículos de autores de la región incluía a autores de otro país iberoamericano. En 2016 ascendió a 8,5% y se mantuvo en ese valor, de forma bastante estable, hasta 2022. El crecimiento acelerado de la investigación mundial sobre IA no afectó la cohesión de los países de la región en la investigación sobre el tema (**Gráfico 5**).

Estas tendencias regionales están compuestas por patrones particulares en los distintos países de la región. En el **Gráfico 6** se observa de qué manera se da la cooperación por país a nivel internacional y regional en los países que tuvieron una mayor producción científica

Gráfico 5. Cooperación internacional y regional en producción científica en IA por país. Período acumulado 2013-2022



en la temática. España y Chile son los países con mayor cooperación internacional en IA, en torno al 40% de sus artículos en SCOPUS. Si bien para España la cooperación regional es de las más bajas de la región, en el caso de Chile asciende al 25% y es un valor alto en el promedio regional.

Por otra parte, Cuba y Ecuador se destacan por los altos niveles de cooperación regional, el primero firmando el 53% de sus artículos con autores de otros países iberoamericanos, y el segundo en un 42%. Es de destacar el bajo nivel de cooperación internacional de Ecuador -cuyo crecimiento en este tema ha sido sorprendente-, que alcanza a tan solo el 20% de sus documentos acumulados entre 2013 y 2022.

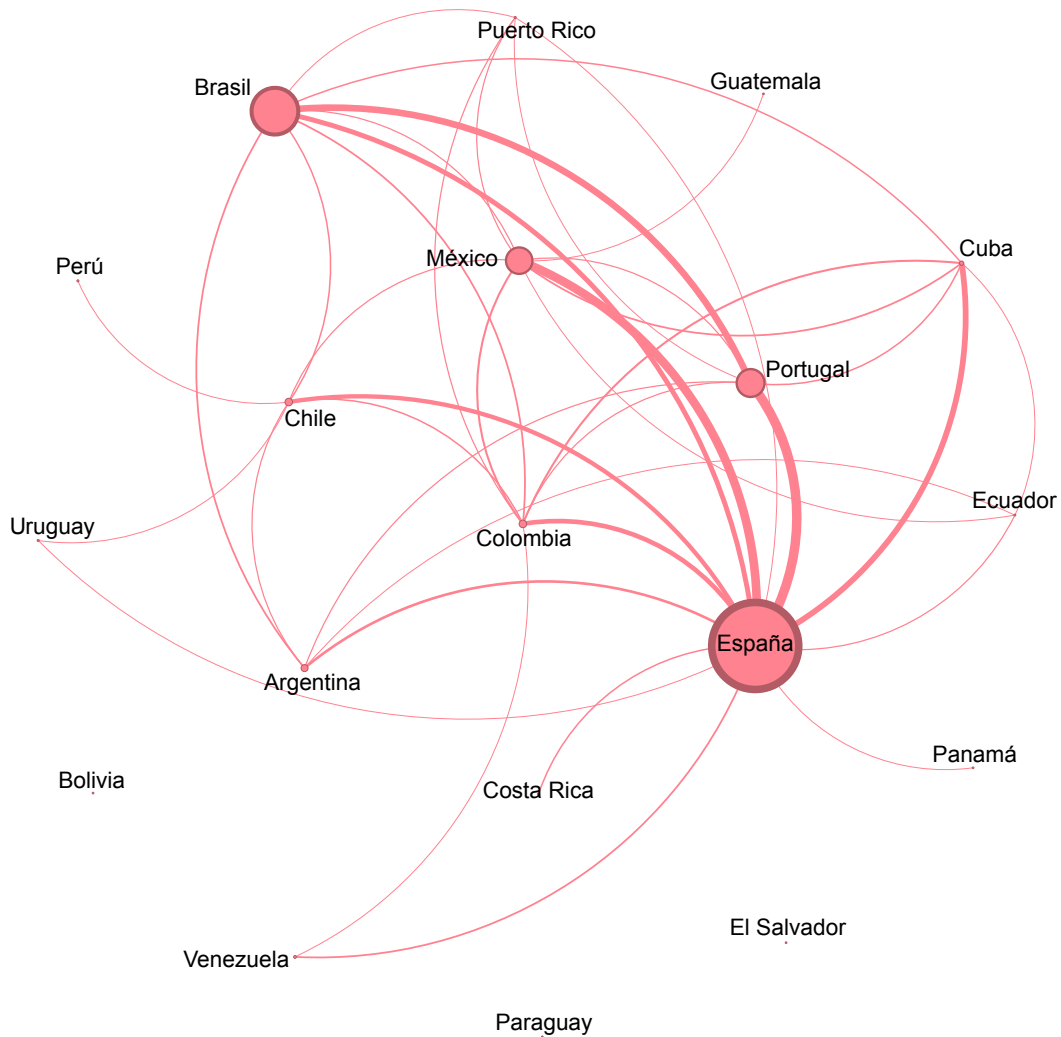
Sin embargo, los porcentajes de colaboración regional iberoamericana no permiten dar cuenta por sí solos de las redes de cooperación científica que se dan en la región. A lo largo de los años cubiertos en el periodo bajo análisis, se ha ido consolidando un entramado cada vez mayor de relaciones entre los investigadores de la región en el campo de la IA.

Para dar cuenta de ello, se han construido redes a partir de la firma conjunta de artículos por parte de autores de los distintos países de la región. Los lazos dan cuenta de esos vínculos de coautoría, que se incrementan en grosor en relación con la cantidad de artículos firmados conjuntamente. El tamaño de los nodos está dado por la cantidad de artículos acumulados por cada país. El **Gráfico 7** da cuenta de las relaciones establecidas en 2013 y el **Gráfico 8** representa la situación en 2022.

En 2013, 19 países de la región contaban con producción científica en el campo de la IA. De ellos, solo tres -El Salvador, Paraguay y Bolivia- no contaban con lazos de cooperación científica con otros países iberoamericanos. España era el centro de las conexiones de esta red, estableciendo lazos con otros 13 países. A continuación, en cantidad de conexiones, aparece México con nueve, a pesar de que su volumen total de publicaciones es menor.

Diez años después, en 2022, el panorama era de una conexión mucho más extensa. Mientras que en 2013 la densidad de la red -que representa la cantidad de lazos presentes en relación con el total de lazos posibles en una red- era de 0,23, en 2022 ese valor ascendió a 0,41. Asimismo, el número de países activos en esta temática había ascendido a 21 y ya no se registraban países desconectados de la red de colaboración iberoamericana.

Gráfico 7. Red iberoamericana de colaboración científica en IA (2013)



34

En el último año analizado, y de manera consistente con su volumen de producción, España sigue siendo el mayor articulador de la red manteniendo lazos con 18 países iberoamericanos en 2022. En segundo lugar aparece Brasil, vinculado con 17 países de la región. Ecuador ha tomado un papel más importante, apareciendo en el tercer lugar en cuanto a la cantidad de países iberoamericanos con que se vincula, ascendiendo a 14.

2.2. Principales temas de investigación en IA

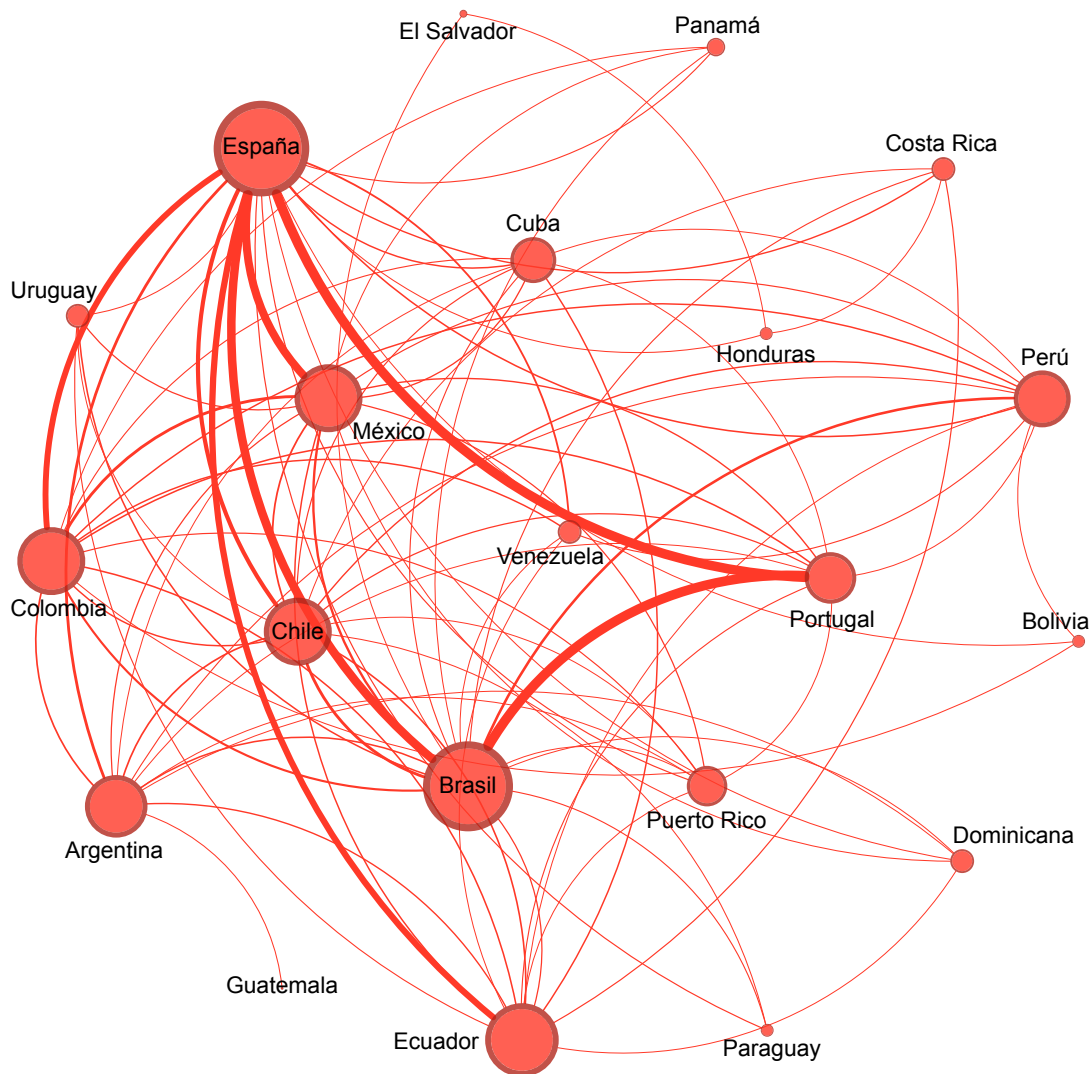
La investigación en el campo de la IA es extensa y compleja; incluye desde el desarrollo de herramientas informáticas específicas hasta la producción de conocimiento en diferentes disciplinas haciendo uso de estas técnicas. De la misma manera en que está revolucionando la sociedad o la industria, está también transformando la actividad científica. Esa es una de las características particulares de la IA en el terreno de la I+D; no solo es un espacio de desarrollo tecnológico, sino que se constituye en sí misma una poderosa herramienta para facilitar y acelerar la producción de conocimiento en todas las áreas de la ciencia y la tecnología.

Una muestra de esta transversalidad queda visible al ver la distribución por disciplina de los artículos científicos. SCOPUS clasifica a cada revista en una o varias disciplinas, que luego se heredan a cada uno de los artículos allí publicados. Cuando las revistas están clasificadas en más de una disciplina, los artículos son asignados a cada una de ellas. Por ese motivo, la suma de las disciplinas puede arrojar un valor mayor al número total de documentos. Si bien esa clasificación puede resultar general, es suficiente para dar cuenta de la transversalidad de la IA y de cómo ha afectado a los diferentes campos.

De los más de un millón de artículos publicados sobre este tema entre 2013 y 2022 a nivel mundial, el 65% se presentaron en revistas de ciencias de la computación, el 38% en ingeniería y el 21% en matemáticas. Sin embargo, por citar algunos ejemplos, el 8% está también relacionado con las ciencias médicas, el 6% con las ciencias de los materiales, un volumen similar en las ciencias sociales, y un 4% en bioquímica y genética.

El panorama disciplinario a nivel iberoamericano no presenta diferencias significativas con respecto a la

Gráfico 8. Red iberoamericana de colaboración científica en IA (2022)



35

producción mundial. El 67% de los artículos fueron publicados en revistas de ciencias de la computación, mientras que las ingenierías tienen una participación algo menor, cinco puntos porcentuales por debajo. La producción en matemáticas, por el contrario, presenta una participación tres puntos porcentuales por encima del registro mundial.

Para comprender mejor el contenido de la investigación iberoamericana en IA, hemos agrupado las disciplinas de SCOPUS en cuatro grandes áreas: ciencias de la salud, ciencias de la vida, ciencias físicas y ciencias sociales. Tomando como base las palabras clave consignadas por los autores de cada artículo, se han desarrollado para cada una de estas áreas mapas conceptuales basados en la frecuencia de aparición de las palabras clave y su concurrencia en un mismo artículo. Además, se generaron clústeres de las palabras con mayor proximidad.

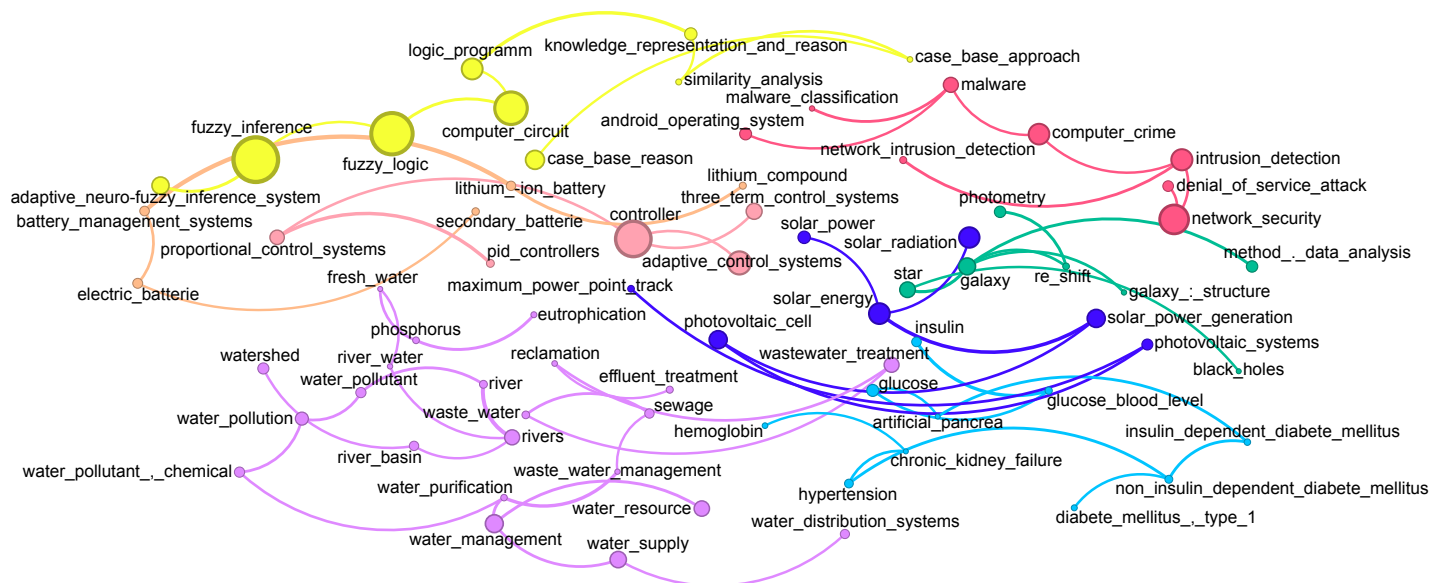
En los gráficos siguientes es posible obtener indicios del contenido temático de la producción. Cada palabra es representada por un nodo, cuyo diámetro está dado por la

frecuencia de la palabra, y los clústeres de palabras con mayor vínculo están señalados mediante los colores de los nodos. Para simplificar la visualización y destacar las relaciones principales entre palabras, se han podado los lazos hasta dejar solo los más importantes en términos del mayor peso posible en toda la red.

En la producción iberoamericana sobre IA publicada en revistas de ciencias físicas, pueden identificarse varios grupos temáticos. En la parte superior del **Gráfico 9** aparecen temas relacionados con las ciencias de la computación. En amarillo, aparece un cluster relacionado con representaciones del conocimiento y lógica difusa. Desde ahí, en rosa, se desprende un cluster con la aplicación de la IA en seguridad informática, especialmente en la clasificación de virus y malware. Algo más abajo, también en relación con los temas de lógica difusa, aparecen temas vinculados a la gestión y control de baterías.

La parte inferior del grafo presenta clústeres relacionados con diferentes aplicaciones de la IA en el terreno de la física. En violeta aparece un extenso grupo relacionado

Gráfico 9. Mapa conceptual de la producción iberoamericana en IA y ciencias físicas



con la gestión del agua, su purificación y gestión de la contaminación. Más al centro, en azul, se identifican los temas relacionados con la energía solar, donde la IA juega un papel importante en el desarrollo de modelos predictivos de la generación de energía. Finalmente, en celeste, aparecen temas relacionados con las ciencias médicas y de la vida, principalmente relacionados con dispositivos vinculados con el tratamiento de la diabetes.

Por un lado, en rosa, aparecen las aplicaciones de la IA en la genética y biotecnología. Por el otro, en verde, se desprenden los temas relacionados con la industria farmacéutica, con temas vinculados a la química y el desarrollo de drogas.

En la parte superior, en violeta y también vinculado al *cluster* de química, aparecen los temas relacionados con las proteínas y los efectos sobre el sistema inmune. Finalmente, abajo a la derecha se encuentra un *cluster* que estudia la meteorología, y sistemas de riego inteligentes para mejorar la agricultura (cultivos y suelos).

36

Los documentos iberoamericanos sobre IA publicados en revistas de ciencias de la vida configuran un mapa organizado en torno a dos grandes temas (**Gráfico 10**).

Gráfico 10. Mapa conceptual de la producción iberoamericana en IA y ciencias de la vida

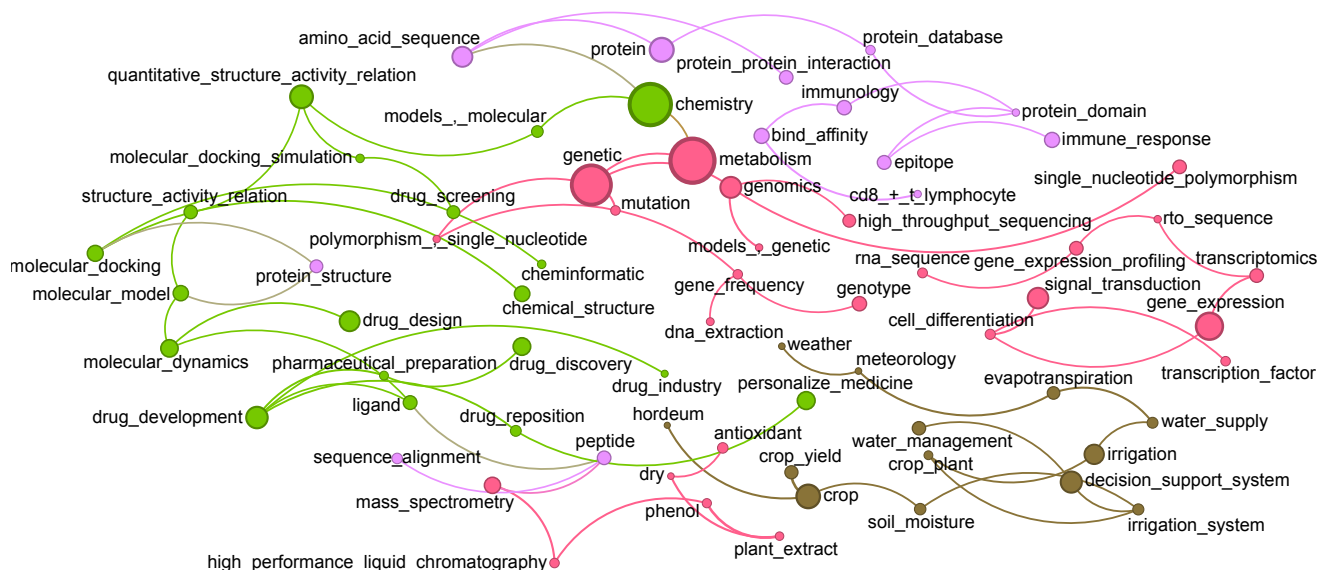
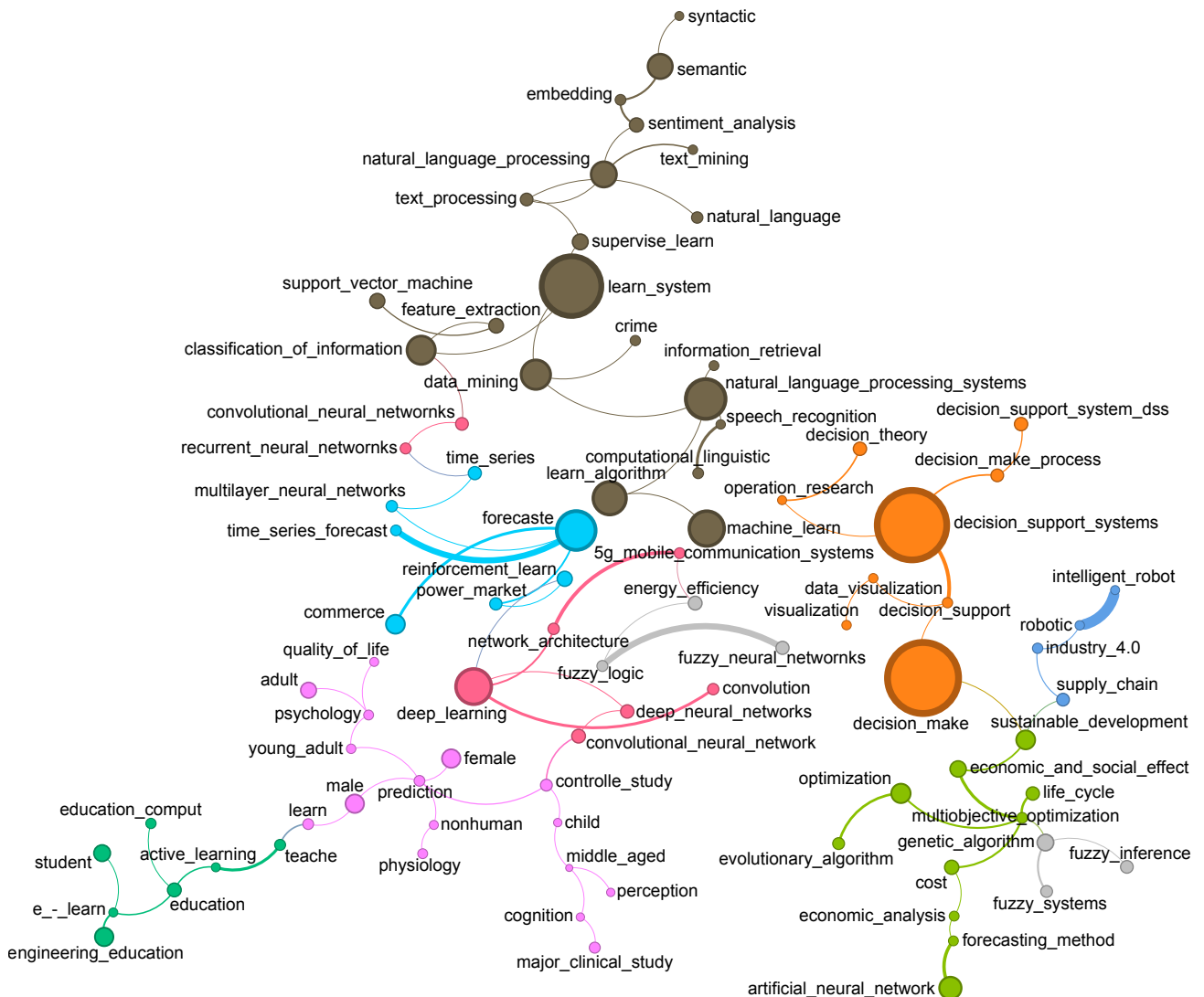


Gráfico 12. Mapa conceptual de la producción iberoamericana en IA y ciencias sociales



38

Prácticamente no aparecen campos de investigación en los que la IA no esté ganando espacio y generando nuevas formas de abordar los problemas de la ciencia.

3. DESAFÍOS Y OPORTUNIDADES PARA IBEROAMÉRICA

Los datos analizados a lo largo de este informe permiten identificar desafíos y oportunidades para Iberoamérica en el campo de la IA. A pesar del crecimiento en la producción científica relacionada con el tema en Iberoamérica, la región aún tiene una representación limitada en comparación con los países líderes a nivel mundial. Su participación en este campo de investigación está aún por debajo de la participación porcentual iberoamericana en la producción científica mundial. En ese sentido, fomentar una mayor especialización en IA es un desafío importante para las políticas públicas de los países iberoamericanos.

Un camino para ello puede ser la colaboración Internacional, la cual resulta fundamental en un campo tan avanzado y de rápido desarrollo como la IA. A pesar del crecimiento en la colaboración internacional, el porcentaje de copublicación entre países dentro de la región sigue siendo bajo. Iberoamérica debe impulsar una mayor colaboración regional y consolidar sus redes de investigación en este tema. La cooperación es, una vez más, una herramienta vital para el desarrollo de la ciencia y la tecnología regional.

Por supuesto, esto es imposible sin el desarrollo de la inversión y la formación de recursos humanos altamente capacitados. El crecimiento en la producción científica en IA en China y Estados Unidos está respaldado por una inversión significativa en investigación y desarrollo, así como por la formación de recursos humanos calificados. Iberoamérica necesita aumentar su inversión en IA y fortalecer sus recursos humanos en investigación si pretende acercarse a los niveles de desarrollo de los

países líderes. En esa línea, no pueden olvidarse las brechas existentes en el acceso a recursos y tecnologías. Esto incluye garantizar que las universidades y los centros de investigación tengan acceso a infraestructura y recursos de vanguardia.

Estos procesos deben empezar desde los distintos niveles de formación. Para fomentar la investigación y la especialización en IA, es esencial fortalecer los programas de educación sobre el tema en la región. Esto incluye la formación de científicos, ingenieros y profesionales en IA, pero también interesar y formar a las nuevas generaciones en estos temas desde los primeros niveles.

Por otra parte, una vez más, el desafío está en vincular la ciencia con las demandas sociales y de la producción. La investigación científica en IA debe traducirse en aplicaciones prácticas y soluciones para los desafíos regionales. Así, la colaboración entre la academia y la industria es crucial para impulsar la innovación en base a la IA. La ciencia iberoamericana debe trabajar en estrecha colaboración con la industria para desarrollar aplicaciones prácticas de IA y promover la adopción de tecnologías avanzadas.

En resumen, para aprovechar el crecimiento de la IA a nivel global, Iberoamérica enfrenta desafíos significativos en términos de especialización, colaboración, inversión y vinculación con la industria. Es todo un desafío para el diseño e implementación de políticas públicas transversales a muchas áreas de gobierno y sectores económicos. Se deberán abordar también temas de ética y responsabilidad mediante una regulación adecuada, estableciendo normativas y regulaciones para garantizar que la IA se desarrolle en beneficio de las sociedades iberoamericanas.

2.2. ¿PUEDEN LAS TECNOLOGÍAS DIGITALES CAMBIAR EL MUNDO?

INTAN HAMDAN-LIVRAMENTO, ALICA DALY Y JULIO RAFFO *

INTRODUCCIÓN

A medida que nos adentramos en la tercera década del siglo XXI, nuevas y poderosas fuerzas están impulsando la dirección de la innovación en ciencia, tecnología y medicina. Aunque son muchas, hay una que destaca: la revolución digital.

Algunos expertos la califican como la Cuarta Revolución Industrial: un despliegue generalizado de tecnologías digitales (digitalización), conjuntos de datos extremadamente grandes (*big data*) para analizar tendencias e interacciones humanas y procesos cada vez más sofisticados de automatización e inteligencia artificial (IA). Todos estos son ejemplos de tecnologías digitales de propósito general (TDPG), aplicables a muchas industrias y sectores que pueden dar lugar a nuevas innovaciones incrementales (Bresnahan y Trajtenberg, 1995; OMPI, 2022). La potencia de estas nuevas TDPG y su carácter de funcionamiento en red plantean problemas de seguridad nacional, debido, por ejemplo, a la vulnerabilidad potencial de los sistemas de defensa a la piratería informática. A su vez, los gobiernos han dado prioridad al desarrollo de la capacidad tecnológica nacional, impulsando una nueva generación de políticas industriales orientadas a la innovación en todo el mundo.

Esta nueva ola de tecnologías digitales puede resumirse en la mezcla de tecnologías basadas en el aprendizaje automático que utilizan los grandes datos recopilados a través del Internet de las cosas (*Internet of things*) y dispositivos automatizados con grandes recursos de procesamiento de datos, incluida la computación en nube. En esencia, la digitalización es el proceso de transición del modo analógico al digital. La digitalización está transformando las industrias al incorporar nuevas innovaciones, estructuras, prácticas y valores. Las innovaciones tradicionales de las industrias se enfrentan a la competencia de las empresas basadas en las tecnologías de la información (TI).

La pandemia de COVID-19 generó y, en parte, aceleró la demanda de nuevas tecnologías relacionadas con la salud para combatir la propagación del virus y tratar las infecciones. Además, esta crisis sanitaria mundial ha afectado profundamente la forma en que la gente trabaja, viaja, se comunica y se entretiene. Puede que sea demasiado pronto para decir cómo será la “normalidad” pospandémica, pero muchos cambios han llegado para quedarse. La pandemia impulsó una digitalización aún más rápida y rompió muchos tabúes sobre el trabajo y la vida social. Las innovaciones intervinieron, y lo seguirán haciendo en los próximos años, para suministrar las tecnologías necesarias para apoyar este nuevo entorno.

Este artículo explora en tres partes los recientes cambios en la innovación de la digitalización y su potencial para hacer frente a los diversos retos sociales actuales. En primer lugar, se examina el auge de las TDPG mediante el análisis de los datos de patentes internacionales. En segundo lugar, se analiza cómo estas TDPG pueden desencadenar las innovaciones en muchos otros campos. Finalmente, la conclusión aboga por un papel activo de los gobiernos y los responsables políticos en la promoción de soluciones a los retos de la sociedad relacionados con la digitalización, incluida la forma de mitigar los posibles efectos perturbadores de estas innovaciones en ámbitos como el empleo.

1. El camino hacia el auge de las tecnologías digitales

En el verano de 1956, se organizó un taller en el Dartmouth College de Hanover, New Hampshire, para debatir cómo programar máquinas que recogieran datos, los analizaran para resolver problemas y “aprendieran” de lo que habían hecho. La premisa del taller era que el proceso de aprendizaje pudiera describirse con suficiente detalle como para programar una máquina inteligente.¹ Muchos consideran este taller como el nacimiento de la IA, término que se utiliza indistintamente con la tecnología

41

* Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI). Este artículo es responsabilidad de sus autores y no representa necesariamente la opinión de la OMPI, ni de sus Estados miembros. Este artículo se basa en una actualización del capítulo 3 del Informe Mundial sobre la PI 2022 (OMPI, 2022).

1. La propuesta de McCarthy *et al.* (2006) afirma que “cada aspecto del aprendizaje o cualquier otra característica de la inteligencia puede, en principio, describirse con tanta precisión que se puede hacer que una máquina lo simule”.

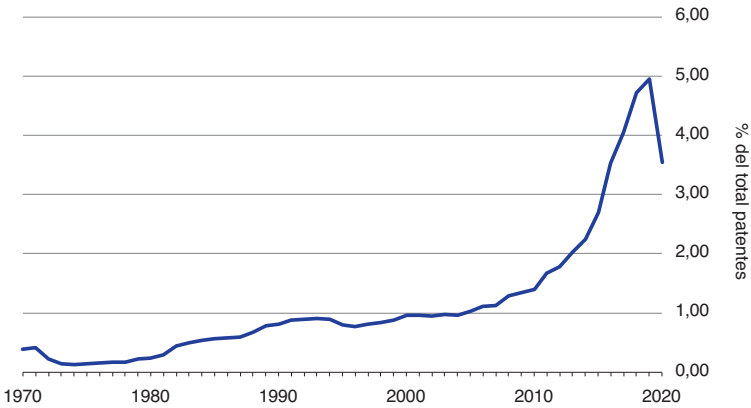
de aprendizaje automático. Para muchos economistas de la innovación, la IA es la base de una nueva ola de digitalización – referidas también como las TDPG- que está revolucionando las actividades económicas. Esta nueva ola incluye ramas como las tecnologías predictivas, la automatización altamente sofisticada y el *big data*.²

La naturaleza de las TDPG es que están en todas partes, estimulan la innovación en campos complementarios y pueden aplicarse en varios sectores e industrias de manera transversal. Las tecnologías de propósito general (TPG) anteriores, como la máquina de vapor, la electricidad y las tecnologías de la información y la comunicación (TIC), están estrechamente asociadas con las tres primeras revoluciones industriales del mundo.³ La plena integración de las tecnologías digitales en las actividades económicas marca posiblemente una cuarta revolución de este tipo: una economía totalmente impulsada por los datos.⁴

En las últimas cuatro décadas, el número de patentes registradas en todo el mundo -un indicador indirecto de la innovación que se está produciendo- se ha disparado en el ámbito de las TDPG. El **Gráfico 1** muestra la velocidad a la que crecen las tecnologías digitales en comparación con la tasa media de crecimiento de las patentes en todos los campos tecnológicos. Este crecimiento también es más rápido que el de las tecnologías relacionadas con la informática. El ritmo de progreso de las tecnologías digitales ha crecido rápidamente, superando la tasa media de crecimiento de todos los demás campos tecnológicos. En solo cinco años (2015-2020), las solicitudes de patentes de invenciones tecnológicas digitales han crecido una media del 172% más rápido que la media de solicitudes de patentes en todos los campos tecnológicos.

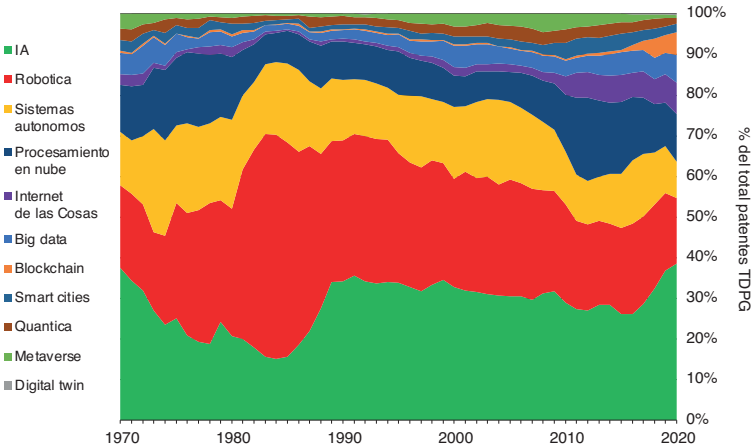
Las TDPG son una consecuencia natural de la digitalización general que procede de tres campos científicos y técnicos interrelacionados pero separados, a saber: la robótica, las redes neuronales y los sistemas simbólicos. Tanto las redes neuronales como los sistemas simbólicos son ejemplos de cómo aprenden los programas de IA. Estas innovaciones basadas en la IA son tecnologías computacionales inteligentes que pueden ejecutar un conjunto de órdenes y mejorar

Gráfico 1. Solicitudes mundiales de patentes en TDPG (1970-2020)



Fuente: OMPI (2023).
Nota: Los datos refieren a familias de patentes. Una patente puede referirse a más de una categoría. Las cifras de 2020 están truncadas.

Gráfico 2. Solicitudes mundiales de patentes en TDPG, por subcategorías de digitalización (1970-2020)



Fuente: OMPI (2023).
Nota: Los datos refieren a familias de patentes. Una patente puede referirse a más de una categoría. Las cifras de 2020 están truncadas.

sus prestaciones basándose en procesos de retroalimentación y aprendizaje, sin intervención humana.

Los avances en estos campos están fuertemente vinculados al apoyo gubernamental a través de subvenciones a la investigación, premios e inversiones en tecnologías facilitadoras. Por ejemplo, la iniciativa DARPA de Estados Unidos convocó en 2004 a un concurso, con un premio de un millón de dólares, para un vehículo autónomo (AV) -automóvil sin conductor o autoconducido- capaz de completar

2. Para un debate sobre la IA y sus tecnologías relacionadas como TDPG, véanse: Bigliardi *et al.* (2020), Cockburn *et al.* (2019) y Martinelli *et al.* (2021).
3. Véase el Informe Mundial sobre la PI 2022, capítulo 1, para un breve análisis introductorio sobre las TPG históricas.
4. Se debate si el auge de la IA y otras tecnologías similares son o no extensiones de la Tercera Revolución Industrial. Podría decirse que Klaus Schwab, fundador y director ejecutivo del Foro Económico Mundial, acuñó el término (Schwab, 2016).

un recorrido de 240 km.⁵ El premio se consideró importante para estimular la investigación sobre los AV. Las mejoras progresivas en las tecnologías facilitadoras, como las TI, junto con el aumento de la potencia de cálculo y la computación en nube -la prestación de diferentes servicios: por ejemplo, el almacenamiento de datos a través de Internet-, recibieron el apoyo de los gobiernos, especialmente en las fases iniciales.⁶ Los gobiernos también realizaron las fuertes inversiones necesarias en infraestructuras complementarias, como Internet de alta velocidad.

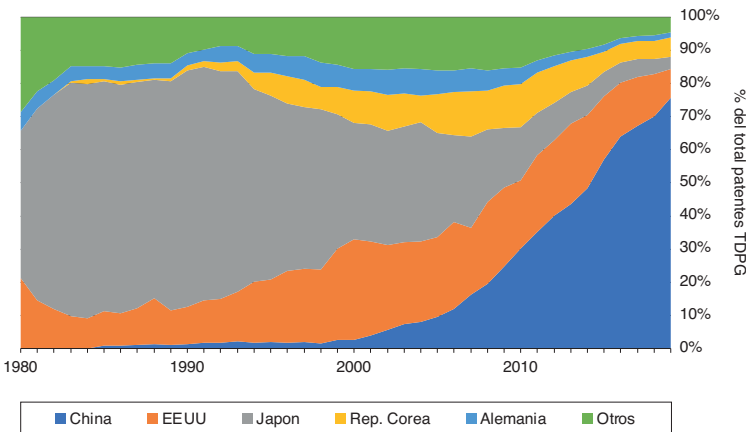
Los gobiernos seguirán desempeñando un papel en la adopción de TDPG y el impulso de la innovación invirtiendo en infraestructuras habilitadoras, como las redes necesarias para la tecnología inalámbrica 5G. La tecnología 5G proporcionará datos en volúmenes mucho mayores, a velocidades mucho más altas y con mucha más fiabilidad, haciendo posibles innovaciones revolucionarias como el Internet de las cosas. Como resultado, las tecnologías digitales son aplicables en todas las industrias y todos los sectores, perturbando la estructura del mercado y dando lugar a nuevas innovaciones. Este conjunto de tecnologías incluye innovaciones relacionadas con los macrodatos, la computación en la nube, el Internet de las cosas, la automatización o la robótica, y el aprendizaje automático (*machine learning*). El **Gráfico 2** desglosa las solicitudes de patentes de tecnologías digitales en las principales subcategorías de las TDPG. Dentro de estas, las tecnologías en IA, robótica, sistemas autónomos y computación en nube representan el 80% de las invenciones en TDPG. Las tasas de crecimiento de las diferentes tecnologías digitales están aumentando, pero de forma desigual, siendo las tecnologías relacionadas a la Internet de las cosas, el *big data* y el *blockchain* las subcategorías de las TDPG que más crecieron en la última década.

Además, nuestra dependencia de las tecnologías y los servicios digitales ha aumentado en el transcurso de la pandemia del COVID-19. Durante los lapsos de confinamiento, los patrones de consumo y las actividades comerciales cambiaron. Los consumidores hacían más compras desde casa y utilizaban los servicios digitales para casi todo.⁷ Las empresas capaces de adoptar la digitalización o trabajar en línea fueron más resistentes al impacto adverso de la pandemia. Las que no lo fueron tuvieron que cerrar sus puertas. Las industrias que apoyaron el trabajo a distancia, como las plataformas de comunicación por video, experimentaron un repunte en sus negocios. Las empresas que no iniciaron el trabajo a distancia, o que no lo facilitaron, tuvieron después dificultades para que sus empleados volvieran a la oficina. Muchos restaurantes y tiendas que necesitan de la presencia de los clientes tuvieron que cerrar. En el centro de estos nuevos servicios se encuentran las plataformas digitales, herramientas tecnológicas que facilitan las transacciones entre personas (mercados en línea), proporcionan infraestructura para crear nuevos productos o servicios (aplicaciones móviles) o crean infraestructura institucional (por ejemplo, bases de datos blockchain) (Geradin, 2018; Hinings *et al.*, 2018).

Sin embargo, la influencia de estas tecnologías en los distintos sectores económicos y países es desigual. La digitalización de la información es un componente esencial del funcionamiento de estas tecnologías. Al acceder a cantidades masivas de información, la tecnología es capaz de deducir patrones a partir de la información proporcionada y, con entrenamiento, aprender a identificar patrones y tendencias específicos. Pero es necesaria una potencia de cálculo suficiente para procesar grandes cantidades de información digitalizada. Este requisito podría plantear nuevas dificultades a las economías menos desarrolladas para competir en la nueva era económica.

No es sorprendente que las patentes relacionadas con las TDPG se concentren en unas pocas economías. El **Gráfico 3** muestra que China, Japón y Estados Unidos concentran casi el 90% de todas las patentes en este campo. En este contexto de alta concentración, no es sorprendente que América Latina y el Caribe hayan concentrado en la última década menos del 0,2% mundial del total de patentes relacionadas con las TDPG.

Gráfico 3. Solicitudes mundiales de patentes en las TDPG, por origen del primer solicitante (1970-2020)



Fuente: OMPI (2023).
 Nota: Los datos refieren a familias de patentes. Una patente puede referirse a más de una categoría. Los orígenes se refieren a los países de los solicitantes.

5. Véanse el capítulo 3 sobre vehículos autónomos en OMPI (2019a) y Bonvillian *et al.* (2019).
 6. Es más probable que las empresas adopten la IA cuando ya dependen de los macrodatos y disponen de suficiente potencia informática (Brynjolfsson y McAfee, 2014).
 7. Yilmazkuday (2021) descubrió que el gasto de los consumidores aumentó un 16% y las compras en línea un 21% en comparación con las tendencias anteriores a la pandemia.

2. TDPG: la innovación es una vía de doble sentido

Las TDPG están transformando las industrias al introducir nuevas innovaciones, estructuras, prácticas y valores. Los innovadores tradicionales se enfrentan a la competencia de las empresas basadas en las TI. Por ejemplo, los fabricantes tradicionales de automóviles tienen que competir con las empresas tecnológicas de Silicon Valley en el desarrollo de vehículos de conducción autónoma.⁸

En el ámbito de la salud, los fabricantes de *smartwatches* miden a diario información vital sobre la salud, lo que puede proporcionar información útil durante los reconocimientos médicos. En defensa y logística se están utilizando drones para reconocimiento de inteligencia y entregas.⁹ Incluso en el turismo, los servicios en línea y las aplicaciones móviles (*apps*) están marcando los cambios, permitiendo a la gente organizar viajes en el coche de otra persona, en lugar de en un taxi, o dormir en casa de otra persona en lugar de en un hotel.

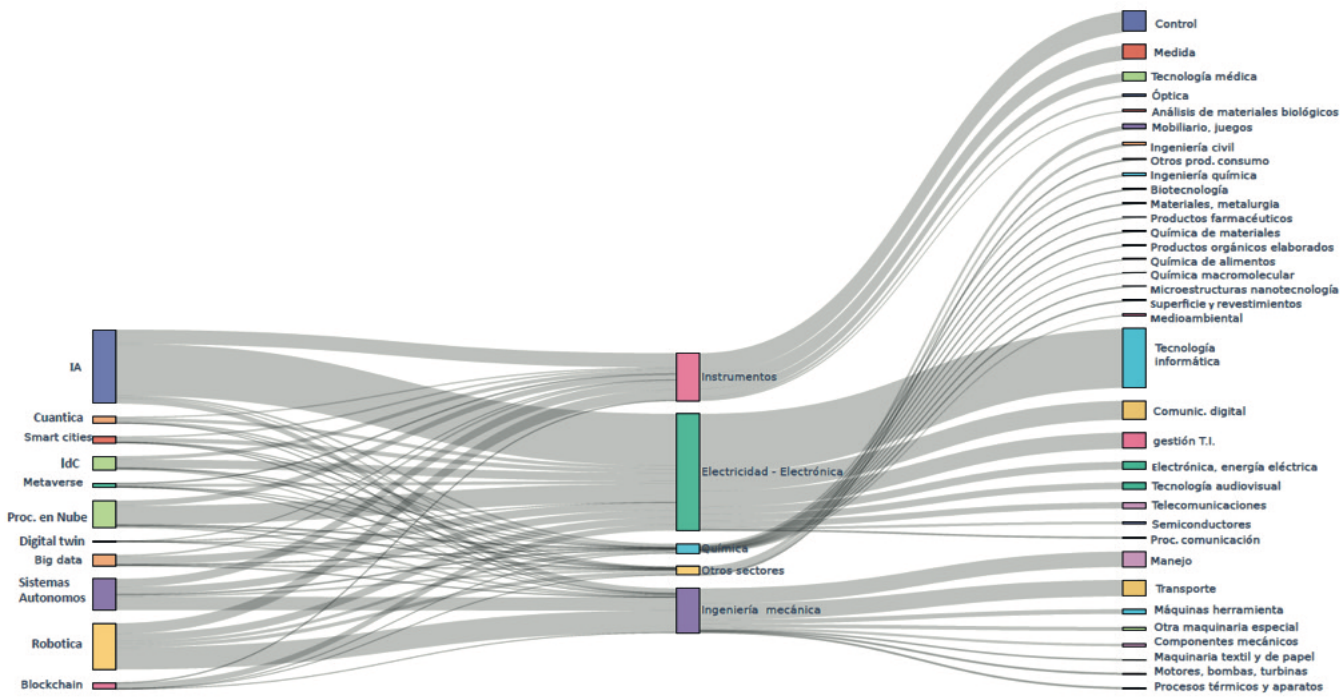
Las tecnologías están cambiando los tipos de innovaciones que tienen lugar. Gran parte de la innovación actual se basa en tecnologías digitales, dando lugar a nuevas industrias, como el Internet de las cosas, un sistema de objetos y dispositivos capaces de recoger y transmitir datos sin intervención humana. En lugar de anunciarse en revistas o comprar espacios en televisión, las empresas cosméticas se dirigen

a “personas influyentes” o publican anuncios en motores de búsqueda y plataformas de redes sociales. Los productos y servicios son *crowdsourced*; es decir, los usuarios dan su opinión sobre el rendimiento y los servicios prestados, lo que proporciona a los compradores información útil antes de comprar. En el campo de la medicina, la tecnología de IA puede entrenarse para detectar el crecimiento anormal de células en el organismo. Puede contribuir a la investigación en medicina de precisión, donde los tratamientos se adaptan a las condiciones específicas del paciente.¹⁰

Además, las TDPG están cambiando la forma en que utilizamos las propias tecnologías digitales. Son interactivas, aprenden de nosotros mientras las utilizamos. Esto las diferencia de las innovaciones informáticas de finales del siglo XX. Antes, la interacción con la tecnología era unidireccional. Tomemos el ejemplo de los grandes robots en la fabricación de automóviles. Estos robots preprogramados permitían mecanizar ciertas tareas repetitivas y laboriosas. Cualquier mejora en el funcionamiento de los robots requería la experiencia técnica de ingenieros mecánicos y expertos, además del aprendizaje por ensayo y error de los usuarios de estos robots.

Hoy en día, las tecnologías basadas en IA aprovechan los grandes datos recopilados con sus enormes recursos de procesamiento de datos para mejorar por sí mismas (Brynjolfsson *et al.*, 2017). Un ejemplo paradigmático es cómo utilizamos la aplicación de localización en los

Gráfico 4. Solicitudes de patentes de TDPG por sector y ámbito tecnológico (1970-2020)



8. Véase el capítulo 3 sobre vehículos autónomos en OMPI (2019a).
9. Véase el capítulo 3 sobre robots en OMPI (2015).
10. Véanse más ejemplos en OMPI (2019b).

dispositivos *smartphone*. Cuando buscamos la ruta más rápida o conveniente para llegar a un destino deseado -dadas las condiciones del tráfico-, la información que proporcionamos incluye la ubicación, la hora de la búsqueda y el lugar al que queremos ir, entre otros datos. Extrapolar esta petición a otras da lugar a un gran conjunto de datos que retroalimenta el sistema de localización, lo que a su vez mejora su utilidad y productividad en tiempo real.

Otro ejemplo es cuando etiquetamos imágenes de nuestros amigos en las redes sociales. La gran cantidad de datos recopilados mediante este esfuerzo entrena a la IA para reconocer mejor los rostros, que luego utilizará para sugerir futuros esfuerzos de etiquetado al identificar a las personas en las imágenes. Esta interactividad y retroalimentación hacen que las tecnologías sean inteligentes y reactivas.¹¹

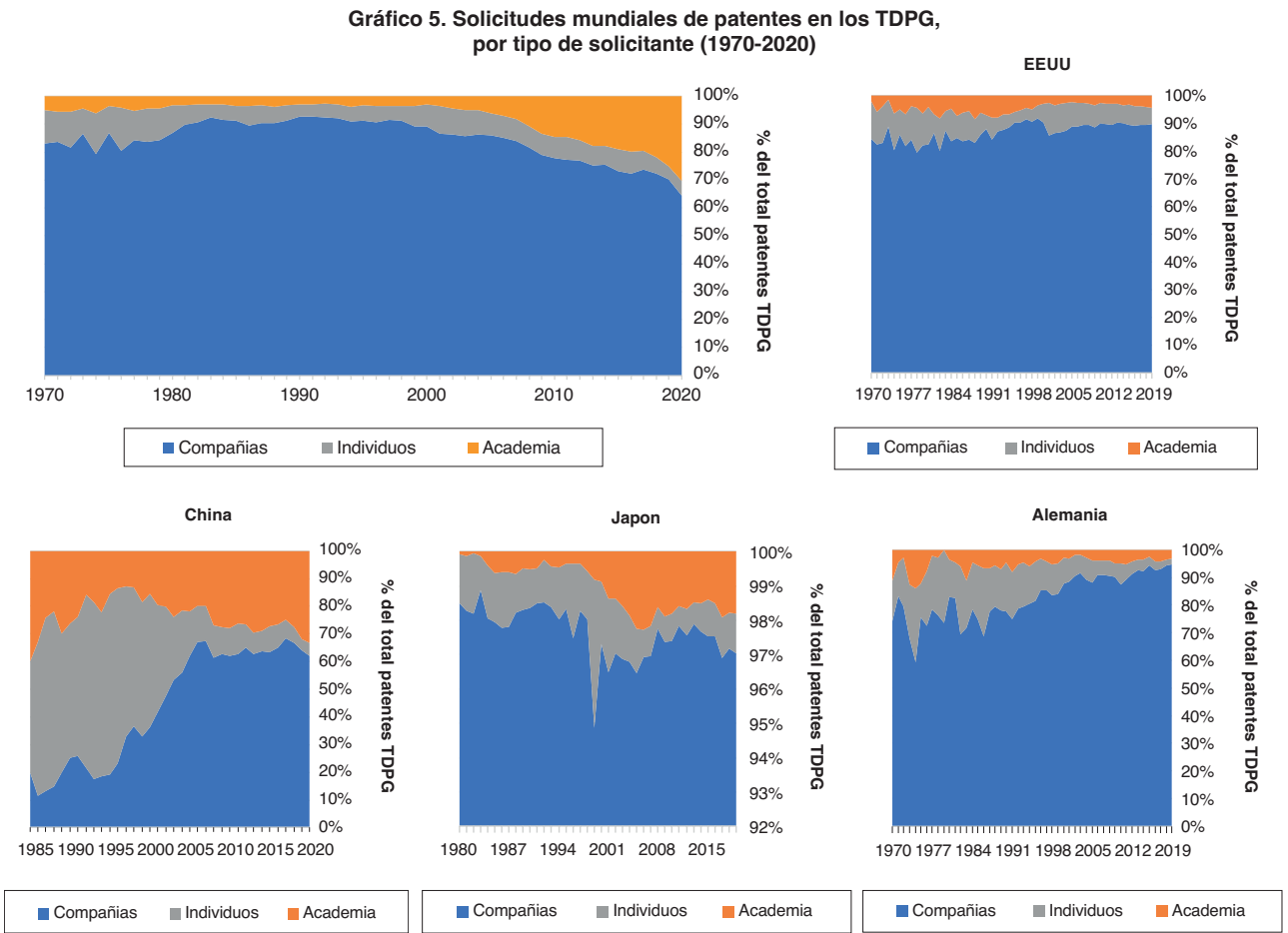
El **Gráfico 4** muestra cómo gran parte de las patentes relacionadas con la digitalización también pueden asociarse a diferentes campos tecnológicos e industrias. En consonancia con su carácter de TPG, las solicitudes de patentes de digitalización se encuentran cada vez más en campos tecnológicos relacionados con la instrumentación,

la ingeniería mecánica o la química. Por nombrar solo algunos campos, cada vez más patentes sobre dispositivos médicos, algoritmos biotecnológicos y tecnologías de transporte incorporan elementos de tecnologías de digitalización, lo que está en sintonía con los ejemplos comentados anteriormente.

2.1. Acelerar el proceso de innovación

Las tecnologías digitales tienen enormes beneficios potenciales. Universidades y empresas confían en las técnicas de IA, como las redes neuronales de aprendizaje profundo, para hacer avanzar la ciencia. El aprendizaje profundo se refiere al uso de múltiples capas de redes neuronales artificiales, que son sistemas informáticos inspirados en los sistemas neuronales del cerebro humano.

Los investigadores médicos están utilizando estas técnicas de aprendizaje de la IA para ayudar a identificar, diagnosticar y tratar enfermedades. La aplicación de TDPG en la investigación está acelerando el proceso de innovación y haciendo que la I+D sea más eficiente. En la industria espacial, se espera que la IA ayude a desarrollar



Fuente: OMPI (2023).
Nota: Los datos refieren a familias de patentes. Una patente puede referirse a más de una categoría. Las cifras de 2020 están truncadas.

11. Véase OMPI (2019) sobre el dilema ético en torno a las tecnologías de IA.

tecnologías que permitan a robots y máquinas operar de forma autónoma sin instrucciones humanas. Esto será necesario a medida que la exploración se adentre en el espacio, más allá del alcance de las comunicaciones con la Tierra.

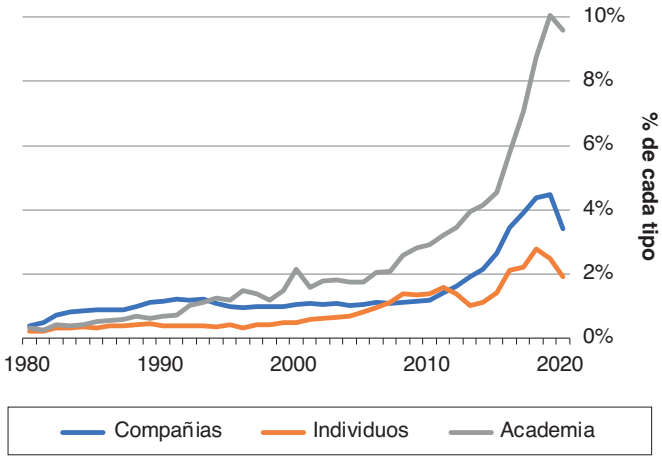
De hecho, el mundo académico aporta una parte significativa de las TDPG. El **Gráfico 5** muestra cómo los solicitantes académicos -es decir, las universidades y los organismos públicos de investigación- están detrás de casi el 30% de las patentes relacionadas con las TDPG en 2020. Además, como muestra el Gráfico 6, las patentes académicas relacionadas con TDPG superan a otras patentes académicas. Esto es especialmente cierto en la segunda mitad de la década de 2010, cuando las patentes relacionadas con TDPG llegaron a superar el 10% de todas las patentes académicas.

Sin embargo, este patrón no es igual en los distintos ecosistemas de innovación. La parte inferior del **Gráfico 5** muestra la misma distribución para China, Alemania, Japón y Estados Unidos. El patrón global coincide con el caso de China, donde el mundo académico acumula casi el 40% de todas las patentes chinas en TDPG. En 2020, la proporción de patentes académicas es menor al 5% en Estados Unidos y Alemania, mientras que es prácticamente inexistente en Japón.

Sin embargo, en la mayoría de los casos, las empresas privadas aportan la mayor parte de las patentes de TDPG. Y, al igual que en el caso de las patentes académicas, las patentes de empresas relacionadas con los TDPG se aceleraron en comparación con las patentes de todas las empresas en la década de 2010 (**Gráfico 6**).

No es de extrañar, ya que estas tecnologías generan importantes beneficios privados. Las traducciones automáticas nos permiten entender sitios web en distintos idiomas. Cuando eBay -plataforma que facilita las ventas en línea de consumidor a consumidor y de empresa a empresa- introdujo la traducción automática en mayo de 2014 para mejorar al mercado hispanoparlante -sea nacional o en América Latina-, sus ingresos aumentaron un 13,1% y las exportaciones a través de eBay desde Estados Unidos a América Latina crecieron un 17,5% (Brynjolfsson et al., 2018). En la agricultura, por ejemplo, las tecnologías digitales, como los sensores de suelo, están

Gráfico 6. Porcentaje de patentes de TDPG del tipo solicitante sobre el total de patentes solicitadas (1970-2020)



Fuente: OMPI (2023).
Nota: Los datos refieren a familias de patentes. Una patente puede referirse a más de una categoría. Las cifras de 2020 están truncadas.

proporcionando información sobre el estado de la tierra. Si el suelo está demasiado seco, los sensores alertan al sistema para que hidrate los cultivos, haciendo más eficiente la agricultura.

En las siguientes subsecciones se analiza más a fondo cómo las TDPG pueden influir y estimular la innovación en los sectores de transporte, salud y educación.

2.1.1. Optimización de los sistemas de transporte

Como se ha señalado, las TDPG, en particular la IA, podrían ayudar a aliviar la congestión vial mediante una gestión “inteligente” del tráfico. Las aplicaciones de mapas, como Waze y Google Maps, utilizan actualmente los dispositivos móviles para sugerir rutas convenientes para llegar a un lugar concreto. Pero la información sobre la ubicación de los usuarios también podría ser utilizada por organismos públicos, como autoridades de carreteras e infraestructuras, controladores de tráfico e incluso agencias de transporte público, para abordar los problemas de congestión vial. Las políticas de tarificación diferenciada podrían cobrar a los usuarios en función del tiempo que pasen en la carretera o de si, por ejemplo, comparten coche. Unos precios más altos en determinados momentos podrían fomentar el uso del transporte público. Además, las agencias de transporte público podrían utilizar los datos para decidir la frecuencia de los autobuses en las distintas paradas. La mejora del transporte público mediante una mayor fiabilidad y puntualidad podría fomentar un mayor uso del sistema, reduciendo así no solo la congestión, sino también las emisiones de carbono.

2.1.2. Optimizar la investigación médica y la asistencia sanitaria

La digitalización está transformando la industria de la atención médica. La nueva ola de TDPG está haciendo más eficiente el proceso de I+D en medicina. Estas tecnologías tienen el potencial de mejorar la detección de enfermedades y el descubrimiento de fármacos.¹²

12. Véanse más ejemplos en Kudumala et al. (2021).

Las tecnologías de IA pueden escanear los códigos genéticos de los pacientes e identificar secuencias de genes que indican enfermedades concretas mejor y más rápido que los humanos. Por ejemplo, los investigadores son optimistas en cuanto a la posibilidad de utilizar la IA para realizar una detección precoz del virus SARS-CoV-2 e identificar terapias que puedan contener futuros brotes.¹³ Estas tecnologías pueden personalizar la prestación de asistencia sanitaria a los pacientes. Los dispositivos vestibles (*wearable devices*), como relojes o pulseras, ayudarán a detectar las convulsiones cerebrales y alertar tanto al paciente como a otras personas. Estos dispositivos inteligentes también pueden recoger datos, que pueden ser analizados por los médicos y ayudar a prestar una mejor asistencia sanitaria. Pueden ayudar a optimizar cómo se organiza la atención de urgencias en los hospitales. Cuando un paciente está de camino a urgencias, la información vital sobre él podría comunicarse instantáneamente al hospital. Además, a los pacientes que no necesiten atención inmediata se les puede indicar que acudan al hospital en horas de menor afluencia o que concierten una cita con su médico de cabecera en su lugar, ayudando así a evitar aglomeraciones innecesarias en las salas de urgencias. En algunas economías en desarrollo, los drones ya están ayudando a superar las deficiencias de las redes de transporte mediante la entrega de asistencia y tratamientos médicos. Por ejemplo, durante la pandemia de COVID-19, una asociación público-privada entre UPS (proveedor de servicios postales), la *startup* Zipline y GAVI (organización intergubernamental cuyo objetivo es proporcionar vacunas para todos) entregaron vacunas en la región de Ashanti, al sur de Ghana. Los drones pueden recorrer hasta 69 km. con relativa rapidez y transportar vacunas sin necesidad de almacenamiento en frío para mantenerlas viables.

2.1.3. Mejorar el acceso a la educación

Las TDPG ya estaban transformando aspectos de la enseñanza. Pero el bloqueo mundial para contener la propagación de COVID-19 aceleró este proceso. Podría decirse que fue el mayor experimento educativo jamás realizado. El rápido paso de las aulas presenciales a las virtuales provocó cambios en la forma de enseñar de los profesores y de aprender de los alumnos. Los profesores tuvieron que inventar formas de reorganizar y crear contenidos para la experiencia del aula virtual que atrajeran a sus alumnos. Se están probando nuevas investigaciones en reconocimiento facial para indicar a los profesores cuándo los alumnos ya no escuchan, lo que les permite ajustar su enseñanza en consecuencia. Esta experimentación conducirá a una innovación continua para ofrecer una educación más personalizada. Al ofrecerse más cursos en línea, los estudiantes pueden elegir los que mejor se adaptan a su experiencia y necesidades de aprendizaje. El efecto debería ser también, en algunos casos, mejorar el acceso a sistemas educativos que, debido a las largas distancias que a veces hay que recorrer o al coste, no siempre estaban al alcance de todos. La

innovación digital también transformará lo que se enseña. La IA, la automatización y otras tecnologías dejarán obsoletas determinadas ocupaciones y darán lugar a otras nuevas. Estas nuevas ocupaciones requerirán diferentes conjuntos de competencias. Es probable que la mano de obra poco cualificada, consagrada a un trabajo repetitivo y rutinario, se vea desplazada por la automatización. En su lugar habrá una demanda de conjuntos de alta cualificación, con trabajadores cómodos con la IA y sus tecnologías relacionadas. Es probable que estos conjuntos de competencias incluyan capacidades analíticas, creativas y de adaptación, así como competencias blandas como el pensamiento crítico, la resolución de problemas, la gestión y el liderazgo (Trajtenberg, 2019).

2.2. Ventajas e inconvenientes de la nueva revolución

Como hemos visto, las TDPG están cambiando el rumbo de la innovación. El cambio continuará e incluso podría acelerarse, dada nuestra creciente dependencia de estas tecnologías y de la innovación que aportan. Pero los beneficios para el crecimiento económico no son automáticos.

Estas tecnologías pueden estimular el crecimiento económico cuando generan innovación que complementa y mejora la productividad humana. Pero corren el riesgo de empeorar la desigualdad económica cuando la innovación se limita a sustituir la necesidad de personas (Aghion et al., 2017; Brynjolfsson y McAfee, 2014). La automatización puede afectar a una gran parte de la población, posiblemente más que en el caso de las anteriores TPG (Trajtenberg, 2019). El aumento del desempleo agravaría la desigualdad. Incluso para aquellos gobiernos capaces de proporcionar redes de seguridad social a los desempleados, el aumento del desempleo podría seguir presionando los presupuestos y podría obligarles a reducir el gasto en áreas importantes como la educación y la sanidad.

Es posible que algunas economías en desarrollo no estén preparadas para beneficiarse de la Cuarta Revolución Industrial (Fu y Liu, 2022). La nueva ola de avances tecnológicos requiere grandes inversiones de capital y una mano de obra altamente cualificada. Pero las economías de renta baja se caracterizan por una oferta relativamente abundante de mano de obra poco cualificada y recursos limitados para la inversión de capital. Además, la falta de las infraestructuras necesarias podría limitar aún más los beneficios potenciales de las TDPG en las economías más pobres.

Como ya se ha señalado, las administraciones públicas podrían utilizar las abundantes cantidades de datos generados por las TDPG para generar importantes beneficios sociales, como la mejora de las infraestructuras públicas o el seguimiento del brote de enfermedades en las poblaciones.

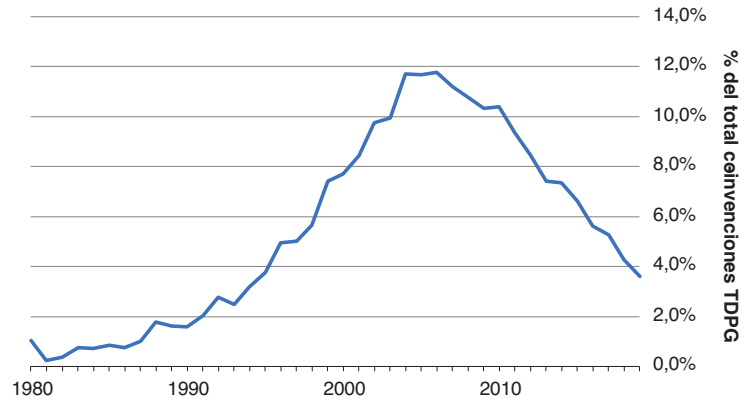
13. Véanse Dogan et al. (2021), Khan et al. (2021) y Vaishya et al. (2020).

Pero la mayoría de los datos están en manos de un puñado de grandes empresas tecnológicas. Estas empresas recopilan los datos a través de los servicios tecnológicos que prestan. Tomemos el ejemplo de las aplicaciones de localización. Un usuario que active una aplicación de localización en Malasia estará enviando información a servidores pertenecientes a empresas privadas con sede fuera del país. Los datos enviados incluirían la ubicación, la hora y el medio de transporte preferido por el usuario. Las agencias de transporte público y los epidemiólogos podrían utilizar los datos para ayudar a generar análisis que, en este caso, podrían beneficiar al público malasio. Sin embargo, es posible que no tengan acceso a la información, porque los datos se almacenan en servidores privados de otro país. No es de extrañar que el **Gráfico 5** muestra una participación muy baja de los solicitantes privados individuales en comparación con otras industrias. Esto indica que la infraestructura y las competencias mínimas necesarias pueden resultar un obstáculo para las empresas más pequeñas.

La seguridad nacional también preocupa en algunos países. La interconexión entre diferentes innovaciones tecnológicas digitales, con dispositivos que posiblemente proporcionen información sensible a terceros, pone en duda el grado de seguridad de las tecnologías. A los gobiernos les preocupa hasta qué punto las industrias y organismos altamente confidenciales, como los departamentos de defensa nacional, deberían confiar en ellas, dados los riesgos de piratería informática.

Los gobiernos pueden intentar dirigir la innovación digital y tecnológica de forma que se maximicen los beneficios sociales, salvaguardando al mismo tiempo los intereses del sector privado y de los mercados. Por ejemplo, los gobiernos podrían tratar de fomentar innovaciones que creen empleo o mejoren el bienestar en lugar de sustituir puestos de trabajo (Trajtenberg, 2019). Las tecnologías que mejoran el bienestar incluyen el uso de la tecnología de IA para generar subtítulos en directo y traducciones simultáneas que facilitan las transacciones comerciales, aumentan la productividad y generan crecimiento económico. Las innovaciones tecnológicas que sustituyen empleo podrían incluir la sustitución de mano de obra poco cualificada por robots, aunque las pruebas de que esto se traduce en pérdidas

Gráfico 7. Co-inversión internacional en solicitudes de patentes de TDPG, como porcentaje de todas las patentes de DGPT (1970-2020)



Fuente: OMPI (2023).
Nota: Los datos refieren a familias de patentes. Una patente puede referirse a más de una categoría. Las cifras de 2020 están truncadas.

de empleo a largo plazo distan mucho de ser concluyentes. Dos estudios sobre economías de renta alta concluyen que la adopción de robots industriales -máquinas relativamente automatizadas integradas en procesos industriales especializados- ha dado lugar a una mayor productividad.¹⁴ No está claro si estas conclusiones pueden extenderse a las economías más pobres, donde la proporción de mano de obra poco cualificada tiende a ser relativamente mayor.

Los gobiernos también pueden tener un papel importante en la privacidad de los datos, en particular a la hora de decidir qué tipo de información se recopila y cómo se utiliza. ¿Deberían los datos recogidos de individuos de distintas partes del mundo -aunque sean anónimos- ser propiedad de empresas privadas? ¿Podría utilizarse la información recopilada de forma que socavara la competencia en el mercado? Las autoridades antimonopolio del Reino Unido, la Unión Europea y Estados Unidos, entre otros, están investigando estas cuestiones.¹⁵

Los intereses de las empresas privadas pueden no coincidir con las necesidades de la sociedad. ¿Podría regularse el acceso a los datos de ciudadanos privados, recogidos mediante tecnologías de propiedad privada, de forma que se garanticen los beneficios sociales generalizados del aprovechamiento de las tecnologías digitales para la innovación, respetando al mismo tiempo la privacidad y la seguridad nacional? No hay respuestas ni soluciones obvias a esta pregunta. Pero la existencia de preocupaciones justifica en cierta medida la intervención de los gobiernos.

Sin embargo, la concentración en actores académicos y privados de gran talla, las preocupaciones por la seguridad nacional y las reservas en materia de privacidad dejan también un resultado preocupante. Desde 2010, se observa una fuerte disminución de la colaboración internacional en materia de tecnologías de digitalización. El **Gráfico**

14. Véanse Cockburn *et al.* (2019) y Graetz y Michaels (2018).
15. Véanse Espinoza (2021), Espinoza y Beioley (2021), Kalra (2021) y Song (2021). Los expedientes de los casos del Departamento de Justicia de Estados Unidos están disponibles en: <https://www.justice.gov/atr/case/us-and-plaintiff-states-v-google-llc>.

7 ilustra este patrón, en el que la proporción de co-inversiones internacionales en el total de co-inversiones en TDPG pasó de casi 12% a menos de 4% en poco más de una década.

CONCLUSIÓN: ¿PUEDEN LAS POLÍTICAS PÚBLICAS APROVECHAR LA INNOVACIÓN DIGITAL?

El caso de las TDPG muestra cómo ha cambiado y seguirá cambiando la dirección de la innovación. El proceso de innovación implica la interdependencia o interacción de las distintas partes interesadas en el ecosistema de la innovación. Los gobiernos pueden implicarse de diversas maneras, desde la financiación de la investigación hasta la imposición de normativas o el establecimiento de objetivos para cambiar el rumbo de la innovación en el auge de las TDPG.

Los gobiernos pueden querer influir en la dirección del cambio para maximizar los beneficios sociales. Cuando las necesidades de la sociedad y las metas de las empresas no están alineadas, los gobiernos pueden, y probablemente deben, intervenir. Este es el caso, en particular, cuando los beneficios sociales de satisfacer las necesidades de la sociedad -para contener la contaminación, por ejemplo- superan con creces los beneficios privados de seguir como hasta ahora. En el caso de las tecnologías digitales, los gobiernos pueden tratar de evitar o mitigar los impactos potencialmente negativos, especialmente cuando el aumento del uso de la inteligencia artificial, por ejemplo, puede conducir a un aumento considerable del desempleo, o cuando puede haber problemas de privacidad de datos, competencia o seguridad nacional.

Debido a la competencia en el mercado, las empresas tienden a invertir en actividades de innovación que produzcan los mayores beneficios en el menor tiempo posible. Las empresas establecidas evitan las actividades de innovación que son arriesgadas e inciertas. Los gobiernos pueden tener que reaccionar ante las crisis con programas o iniciativas.

La política gubernamental puede marcar la dirección de la innovación hacia la digitalización a corto y medio plazo alineando los incentivos a la innovación privada con las necesidades de la sociedad. Esto puede lograrse de dos maneras principales y complementarias.

En primer lugar, mediante la aplicación de políticas que regulen las nuevas tecnologías, especialmente las TDPG, los gobiernos pueden moldear la innovación y la adopción de nuevas tecnologías. Algunos ejemplos son la gobernanza de datos, la competencia e incluso las políticas de propiedad intelectual. Sin embargo, hay que encontrar un equilibrio entre facilitar la innovación, promover la

competencia y proteger los derechos de privacidad. Los gobiernos pueden imponer normas y reglamentos que impulsen al sector privado a invertir en determinados tipos de innovación. En el caso de las nuevas tecnologías digitales, los gobiernos pueden regular el uso de los datos recogidos de los usuarios. Las Normas Generales de Protección de Datos (GDPR) de la Unión Europea están diseñadas para evitar el uso indebido de la información de ciudadanos particulares, por ejemplo, con fines de marketing comercial o para el seguimiento no autorizado de los movimientos de un usuario. Las políticas de protección de la propiedad intelectual definen qué TDPG pueden patentarse o no, o más bien lo hacen hasta cierto punto. La IA puede generar nuevas invenciones. Sin embargo, en muchas jurisdicciones, las patentes solo pueden aplicarse a invenciones realizadas por humanos. Aquellas creadas por sofisticados algoritmos informáticos no son pasibles de obtener derechos de patentes.¹⁶ La innovación generada por la IA puede tener que recurrir a otros instrumentos de propiedad intelectual, como los secretos comerciales, para garantizar la protección contra la imitación.

En segundo lugar, los gobiernos han dado y siguen dando forma a la innovación de las TDPG financiando la educación, la sanidad, las infraestructuras y otros bienes públicos. Por ejemplo, las TDPG ofrecen una importante oportunidad para mejorar los resultados de la educación y la sanidad. Las inversiones estatales en tecnologías e infraestructuras habilitadoras y complementarias pueden facilitar la adopción de innovaciones en campos críticos, como la digitalización. También sugieren cómo las políticas públicas pueden orientar la innovación en la dirección que mejor responda a las necesidades de las sociedades.

La dirección de la innovación importa, porque los recursos para invertir en innovación son escasos. Los responsables políticos deben centrarse no solo en cuánto se invierte en las TDPG, sino también en qué áreas complementarias. Los responsables políticos tienen una influencia limitada sobre la dirección a largo plazo de la innovación, porque las oportunidades tecnológicas derivadas de las TDPG son, a largo plazo, impredecibles. Sin embargo, a través de la financiación de la ciencia básica y la regulación, los gobiernos desempeñan un papel crucial a la hora de posibilitar avances científicos y tecnológicos que configuran la futura dirección de la innovación digital (aunque sea de forma incierta e impredecible).

16. La Conversación de la OMPI sobre Propiedad Intelectual y Tecnologías de Frontera ofrece un foro para debatir estas cuestiones.

BIBLIOGRAFÍA

Aghion, P., Jones, B. F. & Jones, C. I. (2017). Inteligencia artificial y crecimiento económico. Working Paper Series n° 23928. Cambridge: Oficina Nacional de Investigación Económica. DOI: <https://doi.org/10.3386/w23928>.

Bigliardi, B., Bottani, E. & Casella, G. (2020). Tecnologías facilitadoras, áreas de aplicación e impacto de la industria 4.0: Un análisis bibliográfico. Conferencia internacional sobre industria 4.0 y fabricación inteligente (ISM 2019), Procedia Manufacturing, 42, 322-326. DOI: <https://doi.org/10/gmqb4p>.

Bonvillian, W. B., Atta, R. V. & Windham, P. (2019). El modelo DARPA para las tecnologías transformadoras: Perspectivas sobre la Agencia de Proyectos de Investigación Avanzada de Defensa de Estados Unidos. Open Book Publishers.

Bresnahan, T. F. & Trajtenberg, M. (1995). Tecnologías de propósito general: ¿"Motores de crecimiento"? Quarterly Journal of Economics, 65, 83-108. DOI: <https://doi.org/10/fgvj5w>.

Brynjolfsson, E. & McAfee, A. (2014). La segunda era de las máquinas: trabajo, progreso y prosperidad en una época de tecnologías brillantes. Nueva York: Norton & Company.

Brynjolfsson, E., Hui, X. & Liu, M. (2018). ¿Afecta la traducción automática al comercio internacional? Evidence from a Large Digital Platform. Working Paper Series n° 24917. Cambridge: Oficina Nacional de Investigación Económica. DOI: <https://doi.org/10.3386/w24917>.

Brynjolfsson, E., Rock, D. & Syverson, C. (2017). La inteligencia artificial y la paradoja de la productividad moderna: un choque de expectativas y estadísticas. Working Paper Series n° 24001. Cambridge: Oficina Nacional de Investigación Económica. DOI: <https://doi.org/10.3386/w24001>.

Cockburn, I. M., Henderson, R. & Stern, S. (2019). El impacto de la inteligencia artificial en la innovación: Un análisis exploratorio. En A. Agrawal, J. Gans y A. Goldfarb (Eds), The Economics of Artificial Intelligence: An Agenda (115-146). Chicago: University of Chicago Press.

Dogan, O., Tiwari, S., Jabbar, M. A. & Guggari, S. (2021). A systematic review on AI/ML approaches against COVID-19 outbreak. Complex & Intelligent Systems, 7, 2655-2678. DOI: <https://doi.org/10/gnqxs2>.

Espinoza, J. (2021). EU lawmakers agree on rules to target Big Tech. Financial Times. Recuperado de: <https://www.ft.com/content/045346cf-c28a-4f6f-9dce-4f8426129bf9>.

Espinoza, J. & K. Beioley (2021). UK competition regulator plans probe into Amazon's use of data. Financial Times. Recuperado de: <https://www.ft.com/content/e169cee6-880d-4b8d-acf7-32c2f774f852>.

Foray, D., Mowery, D. C. & Nelson, R. R. (2012). I+D pública y retos sociales: ¿qué lecciones de los programas de I+D de las misiones? Política de investigación, 41(10), 1697-1702. DOI: <https://doi.org/10/gfdcf>.

Fu, X. & L. Shi (2022). Dirección de la innovación en los países en desarrollo y sus fuerzas motrices. Serie de documentos de trabajo de investigación económica de la OMPI n° 69. Ginebra: Informe Mundial sobre la Propiedad Intelectual.

Geradin, D. (2018). ¿Qué debería hacer la política de competencia de la UE para abordar las preocupaciones planteadas por el poder de mercado de las plataformas digitales? Documento de debate TILEC n° 2018-041. DOI: <https://doi.org/10.2139/ssrn.3299910>.

Graetz, G. & Michaels, G. (2018). Robots en el trabajo. The Review of Economics and Statistics, 100, 753-768. DOI: <https://doi.org/10/ggfw8r>.

Hinings, B., Gegenhuber, T. & Greenwood, R. (2018). Innovación y transformación digital: Una perspectiva institucional. Información y organización, 28, 52-61. DOI: <https://doi.org/10/gdhskm>.

Kalra, A. (2021). Amazon documents reveal company's strategy to dodge India's regulators. Reuters. Recuperado de: <https://www.reuters.com/investigates/special-report/amazon-india-operation>.

Khan, M., Mehran, M. T., Haq, Z. U., Ullah, Z., Naqvi, S. R., Ihsan, M. & Abbass, H. (2021). Aplicaciones de la inteligencia artificial en la pandemia COVID-19: A comprehensive review. Sistemas expertos con aplicaciones, 185, 115695. DOI: <https://doi.org/10/gnqxs3>.

Kudumala, A., Ressler, D. & Miranda, W. (2021). Scaling up AI across the life sciences value chain. Deloitte Insights. Deloitte. Recuperado de: <https://www2.deloitte.com/us/en/insights/industry/life-sciences/ai-and-pharma.html>.

Martinelli, A., Mina, A. & Moggi, M. (2021). The enabling technologies of industry 4.0: examining the seeds of the fourth industrial revolution. Industrial and Corporate Change, 30, 161-188. DOI: <https://doi.org/10/gjsgcj>.

McCarthy, J., Minsky, M., Rochester, N. & Shannon, C. (2006). Una propuesta para el proyecto de investigación de verano de Dartmouth sobre inteligencia artificial. AI Magazine, 27(4), 12. DOI: <https://doi.org/10.1609/aimag.v27i4.1904>.

Mowery, D. C., Nelson, R. R. & Martin, B. R. (2010). Política tecnológica y calentamiento global: Why new policy models are needed (or why putting new wine in old bottles won't work). Research Policy, 39, 1011-1023. DOI: <https://doi.org/10/bqjwxh>.

Schwab, K. (2016). La cuarta revolución industrial: Qué significa y cómo responder. Foro Económico Mundial. Recuperado de: <https://www.weforum.org/agenda/2016/01/the-fourth-industrial-revolution-what-it-means-and-how-to-respond>. Consultado el 12/10/2021.

Song, J. (2021). Multa de 177 millones de dólares a Google en Corea del Sur por abuso de posición dominante en el mercado. Financial Times. Recuperado de: <https://www.ft.com/content/fbd758b2-9f99-4d60-a76b-82eeb5985542>.

Trajtenberg, M. (2019). La inteligencia artificial como el próximo GPT: A Political-Economy Perspective. En A. Agrawal, J. Gans & A. Goldfarb (eds), The Economics of Artificial Intelligence (175-186). Chicago: University of Chicago Press. DOI: <https://doi.org/10.7208/chicago/9780226613475.003.0006>.

Vaishya, R., Javaid, M., Khan, I. H. & Haleem, A. (2020). Aplicaciones de la inteligencia artificial (IA) a la pandemia COVID-19. Diabetes Metabolic Syndrome: Clinical Research and Reviews, 14, 337-339. DOI: <https://doi.org/10/ggvfc>.

OMPI (2015). Informe mundial sobre la propiedad intelectual 2015: Innovación rompedora y crecimiento económico. Ginebra: Organización Mundial de la Propiedad Intelectual. Recuperado de: <https://www.wipo.int/publications/en/details.jsp?id=3995>.

OMPI (2019a). Informe mundial sobre la propiedad intelectual 2019: La geografía de la innovación: Global Hotspots, Local Networks, Informe mundial sobre la propiedad intelectual. Ginebra: OMPI. Recuperado de: <https://www.wipo.int/publications/en/details.jsp?id=4467>.

OMPI (2019b). Tendencias tecnológicas de la OMPI 2019: Inteligencia artificial, Tendencias tecnológicas de la OMPI. Ginebra: OMPI. Disponible en: <https://www.wipo.int/publications/en/details.jsp?id=4386>.

OMPI (2022). Informe Mundial sobre la Propiedad Intelectual 2022: La dirección de la innovación, Informe Mundial sobre la Propiedad Intelectual. Ginebra: OMPI.

Yilmazkuday, H. (2021). Changes in consumption in the early COVID-19 era: Zip-code Level evidence from the U.S. Journal of Risk and Financial Management. DOI: <https://doi.org/10.2139/ssrn.3658518>.

2.3. LOS CUATRO DESAFÍOS EDUCATIVOS DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL

AXEL RIVAS *

INTRODUCCIÓN

La irrupción desde noviembre de 2022 de nuevos modelos de inteligencia artificial (IA) generativa ha generado una revolución mundial que apenas comienza. Los sistemas de procesamiento de lenguaje natural, como ChatGPT, son ahora muy eficaces en producir textos coherentes que imitan las capacidades de razonamiento humano. Estos desarrollos se están multiplicando de manera exponencial. Diversos modelos de *software* de IA pueden producir textos, imágenes, presentaciones, videos y diseñar en múltiples lenguajes de programación. Muchas de las habilidades específicas de los humanos están siendo modificadas, reemplazadas o complementadas por las máquinas.

En este escenario nos preguntamos sobre la educación. ¿Cómo afecta la IA lo que pasa en las escuelas y universidades? ¿Qué implicancias tiene para el aprendizaje, la enseñanza, el valor del conocimiento, el trabajo y la identidad de los sujetos? ¿Cómo puede ser aprovechada esta enorme potencia tecnológica para repensar los sistemas educativos y generar más equidad en los aprendizajes?

Estas preguntas son abordadas aquí de una manera introductoria y esquemática. El capítulo se propone recorrer cuatro grandes desafíos que presenta el desarrollo de la IA en la educación. El primero refiere al currículum y a lo que deberíamos enseñar en las escuelas para vivir en un mundo atravesado por la IA y el cambio constante. El segundo desafío habla de la docencia y las posibilidades de aprovechar nuevas herramientas basada en la IA para

la enseñanza. El tercer desafío es complementario a los anteriores y se centra en la política pública y en los debates sobre el rol del Estado en un campo tecnológico dominado por el avance imparable del sector privado. El cuarto, finalmente, aborda la gran polémica de la honestidad intelectual en el aprendizaje y el riesgo del plagio con máquinas inteligentes.

DESAFÍO 1: ¿QUÉ HAY QUE APRENDER HOY?

El mundo que vivimos cambia aceleradamente. Estos cambios tienen efectos muy concretos y a la vez inciertos en lo que los alumnos deberían aprender. El primer desafío educativo que presenta el crecimiento exponencial de la IA refiere a la dimensión curricular: ¿qué hay que aprender para vivir en el futuro?

Esta pregunta toma dos grandes direcciones. La primera refiere a las maneras en las cuales la IA está cambiando la construcción de las ideas, formas de ver el mundo e identidades. Es decir, lo que en términos amplios podemos llamar el campo de la cultura y la ciudadanía. La segunda refiere al impacto de la IA en el campo laboral y la formación de habilidades específicas para el mundo del trabajo.

Comencemos por la primera gran cuestión del cambio que se produce en las identidades y que tiene profundas consecuencias en la vida democrática. Hemos entrado desde hace pocos años en una etapa nueva donde el avance de la IA se combina con un ecosistema digital que consume cada vez más minutos de atención.

* Director de la Escuela de Educación de la Universidad de San Andrés, Argentina.

Nuestros alumnos -con diferencias importantes según sus contextos socioeconómicos- pasan buena parte de sus horas fuera de la escuela y dentro de las redes, inmersos en las pantallas. Sus identidades están siendo constantemente bombardeadas por las reglas de los algoritmos. Esto produce riesgos en la sobrecarga de ciertos consumos que son reforzados por la lógica en burbuja de los algoritmos: las ideas tienden a polarizarse y alejarse unas de otras, restando espacio a la conversación, la diversidad y el cambio de opinión en base al razonamiento crítico (Farkas y Schou, 2019). Es la paradoja de la democracia en las redes: parece ser el tiempo de mayor apertura a través del acceso que brinda internet a la información, pero ese consumo se encierra en compartimentos estancos altamente manipulables por intereses políticos, ideológicos o comerciales.

La IA generativa está logrando aumentar ese poder de manipulación borrando los límites entre lo verdadero y lo falso, entre lo real y lo artificial. Por ejemplo, cada vez resulta más difícil sino imposible distinguir si una imagen corresponde a una persona real o si fue enteramente creada por la IA. Esto se traslada a en múltiples lenguajes y contextos: no sabemos si lo que leemos, vemos o escuchamos es verídico o simulado, modificado o creado artificialmente.

Un ejemplo nuevo aparece con los modelos de lenguaje masivo con IA, con el ejemplo de ChatGPT como el más conocido. Las reglas de creación de contenido en este sistema de lenguaje natural siguen patrones de predicción de las palabras más utilizadas para referir a ciertos temas en una compleja red neuronal no controlada. Es una caja negra de producción de mensajes verosímiles, pero no verdaderos. No solo no tienen la construcción de rigurosidad de una fuente formal calificada en la temática, sino que ni siquiera se sabe cómo están elaborados ni puede ser recreada la lógica intrínseca de sus algoritmos. Son mensajes que salen de una caja negra.

Estos sistemas también tienen diversos sesgos que provienen del universo más extendido de palabras que existen en internet. Distintos estudios muestran cómo son afectadas negativamente las voces de las minorías y las culturas más alejadas del mundo digital, así como los idiomas no predominantes (Bender *et al.*, 2021).

Estas transformaciones en la manera de reelaborar la cultura que produce la IA requieren una formación especializada en educación digital para el consumo crítico y la formación ciudadana. Esta tarea resulta un gran desafío para los sistemas educativos: para formar ciudadanos que puedan participar de la esfera pública y de los debates democráticos, es necesario desarrollar habilidades nuevas que entiendan este entorno digital dinámico y permitan una mirada crítica atenta a las constantes manipulaciones.

La segunda dirección de los cambios que se están produciendo con la expansión acelerada de la IA refieren al mundo del trabajo. Desde el inicio de la cuarta revolución industrial (Rifkin, 1996) distintos estudios indican que el futuro del trabajo está signado por el cambio constante,

la digitalización y la automatización de múltiples tareas realizadas por humanos (Kaplan, 2015; World Economic Forum, 2023).

El avance más reciente de la IA generativa está cambiando también el diagnóstico sobre las habilidades más requeridas en el futuro. Tareas intelectuales que se estimaba eran propiedad de los humanos pasan a ser cada día más el territorio potencial de las máquinas. Las máquinas son capaces de resolver múltiples problemas, responder de forma personalizada, conversacional creativa y original, diseñar contenidos y muchas otras tareas que se pensaban hasta hace poco tiempo como propiedad exclusiva de la cognición humana.

¿Qué implicancias tiene el cambio tecnológico que estamos viviendo (y que apenas comienza) en la definición del currículum? La gran incertidumbre de estos procesos deja abierto un margen de adecuación constante pero también tres certezas:

1. Es clave fortalecer la enseñanza de habilidades y conocimientos transferibles, es decir, que puedan ser utilizados en situaciones nuevas y cambiantes. La prueba PISA de la OECD es un ejemplo muy claro en esta dirección, ya que pone el foco en medir competencias que se utilizan de diversas formas en distintos contextos.
2. La alfabetización digital pasa a ser cada vez más importante para el mercado laboral: es necesario fortalecer la formación de habilidades que permitan interactuar con el mundo digital, la programación, la robótica y la IA. Esto se combina con las habilidades de pensamiento crítico sobre el consumo digital mencionadas antes, pero en este caso con un enfoque más pragmático y aplicado a la formación de habilidades laborales adaptativas. Esta temática es especialmente crítica en los diagnósticos curriculares de la región. Una reciente sistematización de normativas nacionales de todo el mundo sobre la temática indica que América Latina y el Caribe es la más rezagada en la definición de estándares nacionales para competencias digitales, con solo el 24% de los países (UNESCO, 2023).
3. La capacidad de aprender a aprender pasa a ser cada día más determinante en entornos de cambio constante. Esto implica desarrollar habilidades metacognitivas, reflexionar sobre el propio conocimiento y aprender estrategias de aprendizaje. (Ritchhart, Church y Morrison 2011).

Estas nuevas y viejas habilidades son parte de una agenda de discusión en todo el mundo. En América Latina algunos países han avanzado en cambios curriculares y otros los están debatiendo en estos momentos (Mateo Díaz y Rhys Lim, 2022). El debate requiere un marco profundo de discusión sobre la manera en la cual se piensan tanto los diseños como su implementación real en los sistemas educativos. La complejidad se ensancha al requerir

nuevos perfiles docentes a escala masiva o para repensar la organización escolar y hacer espacio para nuevos enfoques disciplinares.

DESAFÍO 2: ENSEÑAR APROVECHANDO LA IA

El segundo desafío se relaciona con las posibles adaptaciones de la IA en la enseñanza. Existen algunos temores y amenazas de la IA reemplazando a los docentes que recorren el mundo de la innovación tecnológica de forma recurrente (Selwin, 2019). Pero quizás la gran pregunta no es sobre el reemplazo sino sobre la colaboración entre máquinas y humanos. ¿Cómo puede ser aprovechada hoy la aparición de nuevos sistemas de procesamiento de lenguaje natural y *chatbots* en la enseñanza de carne y hueso?

El primer paso es tomar la decisión de hacerse preguntas, indagar, explorar y probar. Solo así se puede acompañar a los alumnos en un proceso de diálogo formativo sobre las nuevas herramientas (Ferrarelli, 2023; Mehta, 2023). Las nuevas herramientas de IA que utilizan lenguaje natural, como ChatGPT, Bing o Perplexity, se comprenden únicamente probando sus posibilidades, sus límites, sus errores y su lógica interna. Es tiempo de navegar y elaborar *prompts* para aprender cómo funciona la IA generativa.

Una primera fuente de oportunidad para la docencia es utilizar estas nuevas herramientas para potenciar la planificación didáctica. Los motores de IA pueden brindar nuevas ideas, ejemplos y propuestas para planificar una clase, elaborar un proyecto o una propuesta de trabajo. Son muy útiles para generar lluvias de ideas y muy específicos cuando se les solicita que adecuen un tema curricular a una edad o contexto.

Una segunda oportunidad para la enseñanza es el uso de la IA para evaluación y retroalimentación de los trabajos elaborados por los estudiantes. Nuevamente aquí se puede utilizar alguno de los sistemas de IA especializados en la evaluación de textos que asista al docente en la corrección. Esta tarea de asistente de corrección puede ayudar a ahorrar mucho tiempo de trabajo y aportar sugerencias valiosas para los estudiantes. Desde luego requiere completa supervisión docente, ya que existe un amplio margen de error en muchas tareas de corrección y la responsabilidad ética y profesional debe estar en manos de los docentes (Feathers, 2019).

Los sistemas automáticos de corrección escrita (AWE, por su denominación en inglés: *Automated Writing Evaluation*), utilizan el procesamiento del lenguaje natural para brindar retroalimentación a los estudiantes. Algunos sistemas funcionan dentro de plataformas de enseñanza para ayudar directamente a los alumnos a desarrollar competencias de escritura con retroalimentación inmediata (por ejemplo, *Write To Learn*) o en ejercicios de matemática que reciben corrección automática.

Un tercer camino para aprovechar la IA en la enseñanza es más incipiente, pero tiene un gran potencial futuro: se trata de los sistemas inteligentes de tutoría que pueden convertirse en asistentes de los docentes. Desde hace varios años se conocen distintos sistemas de tutoría inteligente (ITS, por su denominación en inglés, *Intelligent Tutoring Systems*), que brindan caminos de aprendizaje a los alumnos mediante algoritmos que reúnen una gran cantidad de información sobre actividades probadas en entornos digitales. Estos modelos tienen grandes limitaciones. Sin embargo, la aparición más reciente de los sistemas dialógicos de tutoría inteligente (DBTS, *Dialogue-Based Tutoring Systems*) puede ser una oportunidad futura para repensar el trabajo docente.

El lanzamiento de la versión beta del sistema “Khanmigo” de la Academia Khan¹ es la mejor prueba del potencial que tienen estos nuevos sistemas basados en los desarrollos de Open AI (la misma empresa que lanzó el mentado ChatGPT). La Academia Khan es una de las mayores plataformas de contenidos educativos de Estados Unidos. Se trata de una empresa filantrópica gratuita para los estudiantes y docentes que ofrece distintos recursos digitales educativos. El lanzamiento del nuevo chat basado en IA es asombroso: permite que los alumnos refuercen su aprendizaje con un tutor inteligente.

Estos nuevos lanzamientos abren las puertas para repensar la enseñanza. Los docentes pueden aprovechar la asistencia de un tutor inteligente para enviar actividades a los alumnos sin abandonarlos a la asistencia que tengan de parte de sus familias en el hogar y sin depender de un tutor humano que no siempre está disponible o es muy costoso para ayudarlos a aprender.

Esta posibilidad tiene mucho camino por recorrer, comenzando por afrontar las enormes desigualdades que tienen los alumnos y escuelas en América Latina. Por eso es tan importante el rol de la política pública para generar condiciones más equitativas y sistémicas de uso de la IA en educación.

DESAFÍO 3: LA IA PARA POTENCIAR APRENDIZAJES Y REDUCIR DESIGUALDADES DESDE LAS POLÍTICAS PÚBLICAS

El último informe GEM de la UNESCO se centró en el análisis del potencial de la tecnología para garantizar el cumplimiento del ODS4 para el año 2030. El informe plantea desde su título los dilemas que presenta el enorme potencial de la aceleración tecnológica: “¿Una herramienta en qué términos?” (UNESCO, 2023).

La pregunta no es casual. El campo de la tecnología educativa tiene un amplio desarrollo privado comercial que moviliza un inmenso mercado internacional de negocios. Las plataformas de enseñanza adaptativa, que se basan

1. Véase: <https://www.khanacademy.org/khan-labs>.

en la inteligencia artificial, son una rama del aprendizaje digital en expansión. Algunos ejemplos destacados son DreamBox, Cerego, Smart Sparrow o Knowre. Estos sistemas utilizan los macrodatos del consumo educativo de millones de estudiantes para adaptar el aprendizaje y generar contenidos digitales personalizados. Otras plataformas globales, como Duolingo o Khan Academy, están incorporando los nuevos desarrollos de la IA generativa a sus sistemas digitales de aprendizaje. Estas plataformas integran “sistemas cognitivos” que permiten aprender a gran escala de datos e interactuar con los humanos de forma natural (King *et al.*, 2016).

Frente a la velocidad de la innovación tecnológica y el negocio privado que representa, ¿cuál es el rol del Estado? ¿Cómo puede aprovecharse el avance de la IA para mejorar la calidad de los aprendizajes y reducir las desigualdades? ¿Cómo se puede, al mismo tiempo, repensar el rumbo de los sistemas educativos, construir una visión humana de la tecnología y controlar los riesgos comerciales y éticos que hay en juego?

Estas preguntas sintetizan el tercer desafío de la IA en la educación, que refiere al rol de las políticas públicas. En este desafío es imperativo comenzar por un breve mapa de las desigualdades estructurales de la región. Los datos más recientes indican que en América Latina y el Caribe, el 61% de las escuelas primarias y el 73% de las escuelas que ofrecen secundaria alta tienen acceso a computadoras para fines pedagógicos; mientras que el 43% de las primarias y el 70% de las secundarias acceden a internet con esos fines (CEPAL, 2022). La gran excepción en este panorama es el caso de Uruguay que logró una conectividad universal en sus escuelas a partir del Plan Ceibal (UNESCO, 2016).

Además de las desigualdades en el sistema educativo, los datos de CEPAL para 2021 indican que casi la mitad de la población (49%) no accede a internet en sus hogares. Esta cifra se eleva al 69% para el quintil de menores ingresos (CEPAL, 2022). La situación de las desigualdades estructurales requiere una mayor intervención estatal para garantizar el acceso universal a internet como un derecho humano (CEPAL, 2020).

No se trata solamente de conectividad, ese es apenas el primer paso, que todavía estamos muy lejos de conseguir. En un proceso de cambios tan acelerados, es importante tener una visión integral del rol de la tecnología en la educación, tal como plantea la coalición “Transformación Digital Colaborativa” (Digital Transformation Collaborative [DTC]).² En el reciente informe “Directrices para la formulación de políticas y planes maestros de TIC en educación”, la UNESCO presenta una serie de principios que establecen una toma de postura frente a la temática: 1) evitar el solucionismo tecnológico; 2) proteger el bienestar de docentes y estudiantes; 3) reducir y neutralizar la huella digital de emisión de carbono; 4) considerar principios

humanistas en la inclusión digital; 5) incluir distintas voces y culturas; y 6) garantizar privacidad de datos y ciberseguridad (UNESCO, 2023).

Ya en el terreno específico de la IA, el Consenso de Beijing (UNESCO, 2019) definió la importancia de regular el uso de la IA como bien común de manera inclusiva y equitativa para potenciar los aprendizajes y a los docentes. Esto implica desarrollar una estrategia integral en cada país que pueda abordar los múltiples desafíos de traducir los avances de la IA en el terreno educativo.

La capacidad de planificación e innovación estatal son requisitos centrales para poder participar de estas dinámicas. Esto resulta un desafío central para los contextos políticos de la región, signados por la inestabilidad, la polarización y la escasez de recursos. ¿Cómo desarrollar una agencia estatal digital que combine el estado del arte de la IA con los desafíos educativos? ¿Cómo crear las condiciones para atraer a especialistas del campo tecnológico y educativo para trabajar en políticas públicas innovadoras con visión de equidad y largo plazo?

La primera respuesta a esta pregunta la tiene el caso del Plan Ceibal en Uruguay, que se ha convertido en un ejemplo a nivel mundial de desarrollo público de una agencia de tecnología educativa vanguardista. Allí existen distintas iniciativas conectadas con la IA. En particular, la Plataforma Adaptativa de Matemática (PAM) es un sistema de corrección automática que permite a los alumnos avanzar más rápido y a los docentes les brinda más tiempo para utilizar en cuestiones sustantivas. Esta plataforma fue desarrollada en alianza con los docentes, que elaboran los ítems de la evaluación. La creación de una red de interacción con el sistema educativo es un camino fundamental para no generar nuevas tensiones y brechas entre los docentes y la tecnología.

La adaptación de la IA a la gestión educativa ofrece también grandes posibilidades en el terreno del uso de la información para la toma de decisiones. Varios países han avanzado recientemente en la creación de sistemas de gestión de alertas tempranas para el seguimiento digitalizado de las trayectorias educativas. Incluso en algunos casos se comienza a explorar el uso de la IA para identificar las causas del abandono escolar y otras problemáticas estructurales que generan una gran cantidad de datos para ser analizados (BID, 2021).

Pero todavía es mayor el potencial en relación con la enseñanza y el aprendizaje. Las nuevas posibilidades introducidas en el desafío anterior pueden ser pensadas a escala sistémica desde las políticas públicas. En los años recientes han avanzado en distintos países las plataformas públicas de apoyo a la enseñanza, contenidos educativos digitalizados y recorridos de aprendizaje (Cobo y Rivas, 2023). Estas plataformas pueden tener un nuevo

2. Véase: <https://www.unesco.org/en/global-education-coalition/digital-transformation-collaborative>.

capítulo con la introducción de la IA para desarrollar tutorías dialógicas inteligentes, evaluación de ensayos con corrección automática, aprendizaje de lenguas extranjeras con IA, ambientes colaborativos y redes de aprendizaje mediados por IA (UNESCO, 2021).

DESAFÍO 4: EVITAR EL PLAGIO DE LOS ESTUDIANTES

Queda para el final un tema que ha generado inevitable repercusión y polémica al calor del avance de la IA generativa basada en procesamiento del lenguaje natural: la posibilidad de plagio por parte de los estudiantes ante las tareas que implican consignas de escritura autónoma. Estudios recientes han demostrado que los nuevos sistemas de IA son capaces de aprobar evaluaciones de distintas asignaturas y niveles educativos (Santamaría, 2023, citado en Ferrarelli, 2023). Apenas en el curso de unos meses el crecimiento de las capacidades de imitación del lenguaje humano es extraordinario y en los próximos años esto se perfeccionará hasta hacer casi indistinguible si la producción escrita (pero también en otros lenguajes como la programación, las artes, los lenguajes visuales, etc.) fue elaborada por un alumno o por una máquina.

Los docentes encuentran un nuevo desafío que en muchos casos se suma a numerosos temas que deben atender con escasos recursos y tiempo. ¿Qué hacer entonces? ¿Hay que prohibir el uso de ChatGPT y otros sistemas similares? ¿Es posible? ¿Hay que volver a las evaluaciones presenciales como dispositivo de control?

Existen distintas estrategias que pueden atenuar el riesgo de plagio. Una de ellas es, efectivamente, tomar pruebas presenciales. Sin embargo, cabe aclarar que estas pruebas pueden representar una pérdida significativa con respecto a las evaluaciones que dan tiempo autónomo de trabajo a los alumnos. Por ejemplo, los estudiantes pueden desarrollar una composición escrita en varios pasos, investigando, recopilando información y generando un proceso de escritura más natural no forzado por el corto plazo supervisado de una prueba escrita.

La mejor forma de sortear el dilema es a través de evaluaciones formativas, que van generando información sucesiva sobre el aprendizaje de los alumnos y hacen muy difícil el plagio a partir de la partición en un proceso constante de iteración entre los estudiantes y sus docentes (Anijovich y Cappelletti, 2017). Este proceso permite un conocimiento más personal de los avances en el aprendizaje y se combina con el uso de la evaluación para la retroalimentación formativa. El problema que se presenta en la evaluación formativa es que en muchos casos los docentes no tienen tiempo (o tienen muchos grupos de alumnos) para realizar esta tarea.

De todas formas, para afrontar este cuarto desafío creo que es importante realizar dos distinciones que pueden ayudar a clarificar el mapa para la acción. La primera es la distinción

entre el uso experto y el uso novato de los sistemas de IA generativa que procesan el lenguaje. Una forma concreta de ver esa diferencia retoma la recomendación del Desafío 2, referida al uso de la IA para la planificación de actividades didácticas. Un docente es un experto en la enseñanza de su área curricular. Por lo tanto, puede consultar a ChatGPT para pedirle ideas sobre cómo preparar una clase. Desde su saber experto puede distinguir qué le sirve y qué no, qué es correcto del contenido y qué no. Puede, en definitiva, tomar decisiones informadas.

En cambio, un alumno que no conoce del tema está ciego ante las respuestas. No sabe distinguir lo que el motor de IA le ofrece. Además, por su propia condición de alumno no solo es un novato sino a la vez un aprendiz. Por lo tanto, el camino que recorre es de aprendizaje, no de reproducción (mecánica o profesional). Si no realiza la tarea por sí mismo estará perdiendo procesos vitales de aprendizaje.

Un ejemplo bien concreto es el proceso de escritura. Si el alumno no logra consolidar la escritura por sí mismo, no podrá aprovechar lo que brinda esta habilidad cognitiva: la capacidad de distanciamiento, abstracción y reconstrucción de la realidad por medio del lenguaje escrito. Este proceso complejo tiene múltiples consecuencias sobre la capacidad de razonamiento, elaboración de ideas, expresión y comunicación. El reemplazo de esta actividad por vía de un sistema de IA daña la capacidad del alumno de desarrollar esas habilidades tan vitales por sí mismo. Por eso es tan importante distinguir el uso de un experto y de un novato/aprendiz.

La segunda distinción fundamental es la referida al valor que tiene el aprendizaje para los alumnos y separa las motivaciones intrínsecas y extrínsecas. Esta distinción clásica de las teorías psicológicas de la motivación del aprendizaje (OCDE, OIE-UNESCO, UNICEF, 2016) se vuelve central en el manejo de la IA para la realización de tareas escolares (y también en el nivel educativo universitario). La tentación de la copia y el plagio usando la IA crece a medida que las tareas solicitadas por la escuela no generan sentido o motivación intrínseca en los estudiantes.

Entonces el desafío pasa a ser no tan novedoso: se trata de potenciar la enseñanza para la comprensión y no para la reproducción mecánica de conocimientos en exámenes. El trabajo de la enseñanza consiste en provocar sentimientos de valor, disfrute y sentido en el aprendizaje (Tishman, Perkins y Jay, 1994). Una enseñanza basada en el sentido completo del recorrido de aprendizaje, que promueva puentes entre el esfuerzo por aprender y el sentido, los usos y las aplicaciones de lo aprendido. Una enseñanza basada en proyectos, en problemas reales, en la producción de conocimiento auténtico que atrape más al estudiante, que lo vincule con su vida, sus preguntas, su comunidad y le permita crear un proyecto futuro (Egan 2011; Rubin y Sanford 2018). Una enseñanza más colaborativa, interdisciplinaria, centrada en contenidos y capacidades que se multiplican y ramifican (Swartz *et al.*, 2013).

UNA MIRADA AL PRESENTE

La IA despegó en un tiempo paradójico. Los sistemas educativos de América Latina atraviesan incontables dificultades. La vida en las aulas está condicionada por problemas de infraestructura; falta de recursos educativos, incluyendo las computadoras y la conectividad; problemas pedagógicos que requieren un gran trabajo desde la formación inicial y continua; bajos salarios docentes y baja valoración social de la profesión, entre tantas otras cuestiones. La vida fuera de las aulas es todavía más dura, en contextos donde la pobreza alcanza a gran parte de la población y las desigualdades siguen signando el mayor desafío que tiene la región.

Hablar de innovación, cambio y uso de la IA para la educación parece una quimera. Ante tantas urgencias parece un tema de las élites o de los futurólogos que no pisan un aula. Sin embargo, esto depende de los enfoques desde los cuales situar la mirada. La IA puede ser una fuente de inclusión y justicia educativa si logra llegar a todos (y especialmente a los más desfavorecidos) para ayudarlos en el aprendizaje. La IA puede ser un facilitador de la enseñanza y potenciar a los docentes, concentrando su tiempo en la experiencia verdaderamente humana.

El rol del Estado es central para lograr que estos desafíos no naveguen en islas de sectores sociales aventajados o en barcos conducidos por los intereses comerciales del mercado tecnopedagógico. Dejar la discusión en manos del sector privado puede ser una gran oportunidad perdida para repensar la educación y un riesgo ético por todo lo que está en juego en torno a la privacidad de los datos y a los usos de sistemas tan sofisticados en la vida de alumnos y docentes. El tema merece una nueva conversación entre especialistas de educación y tecnología, sector público y privado, docentes y universidades. Este breve artículo intenta mapear algunos de los desafíos más inmediatos con preguntas y respuestas tentativas. Será un tiempo agitado en el cual mirar al costado tendrá un costo cada vez más alto.

BIBLIOGRAFÍA

Anijovich, R. y Cappelletti, G. (2017). La evaluación como oportunidad. Buenos Aires: Paidós.

Banco Interamericano de Desarrollo (2021). ¿Cómo diseñar sistemas de alerta temprana? Desde sistemas basados en conocimiento experto e indicadores hasta inteligencia artificial. Recuperado de: <https://publications.iadb.org/es/camino-hacia-la-inclusion-educativa-4-pasos-para-la-construccion-de-sistemas-de-proteccion-de-0>.

Bender, E., Geburu, T., McMillan-Major, A. y Mitchell, M. (2021). On the Dangers of Stochastic Parrots: Can Language Models Be Too Big? In Proceedings of the 2021 ACM Conference on Fairness, Accountability, and Transparency (FAccT 21) (610–623). Nueva York: Association for Computing Machinery. Recuperado de: <https://doi.org/10.1145/3442188.3445922>.

CEPAL (2020). Universalizar el acceso a las tecnologías digitales para enfrentar los efectos del COVID-19. Recuperado de: <https://hdl.handle.net/11362/45938>.

CEPAL (2022). Panorama Social de América Latina y el Caribe, 2022. Recuperado de: <https://hdl.handle.net/11362/48518>.

Cobo, C. y Rivas, A. (2023). From Education Systems to Platforms: The New Digital Education Policy Landscape. Londres: Routledge.

Egan, K. (2011). Learning in Depth: a simple innovation that can transform schooling. Chicago: University of Chicago Press.

Farkas, J. y Schou, J. (2019). Post-Truth, Fake News and Democracy: Mapping the Politics of Falsehood. Londres: Routledge.

Feathers, T. (2019). Flawed Algorithms Are Grading Millions of Students' Essays. Vice. Recuperado de: https://www.vice.com/en_us/article/pa7dj9/flawed-algorithms-are-grading-millions-of-students-essays.

Ferrarelli, M. (2023). ¿Cómo abordar la inteligencia artificial en el aula? Documento N° 17. Las preguntas educativas: ¿qué sabemos de educación? Buenos Aires: CIAESA.

Kaplan, J. (2015). Humans Need Not Apply: A Guide to Wealth and Work in the Age of Artificial Intelligence. New Haven: Yale University Press.

King, M., Cave, R., Foden, M. & Stent, M. (2016). Personalized Education: from curriculum to career with cognitive systems. Portsmouth: IBM Corporation.

Mateo Díaz, M. y Rhys Lim, J. (2022). El poder del currículo para transformar la educación. Washington DC: Banco Interamericano de Desarrollo.

Mehta, R. (2023). Banning ChatGPT will do more harm than good. MIT Technology Review. Recuperado de: <https://www.technologyreview.com/2023/04/14/1071194/chatgpt-ai-high-school-education-first-person/amp/>.

Rifkin, J. (1996). El fin del trabajo. Nuevas tecnologías contra puestos de trabajo: el nacimiento de una nueva era. Buenos Aires: Paidós.

Rubin, S. C. y Sanford, C. (2018). Pathways to personalization: a framework for school change. Boston: Harvard Education Press.

Santamaría, A. (2023). Nueva versión de ChatGPT aprueba examen para ser abogado. El universal. Recuperado de: <https://www.eluniversal.com.mx/tendencias/nueva-version-de-chatgpt-aprueba-examen-para-ser-abogado/>.

Swartz, R., Costa, A., Beyer, B., Reagan, R. y Kallick, B. (2015). El aprendizaje basado en el pensamiento. Cómo desarrollar en los alumnos las competencias del siglo XXI. Madrid: SM.

Selwyn, N. (2019). Should Robots Replace Teachers? AI and the Future of Education. Cambridge: Polity Press.

OCDE, OIE-UNESCO y UNICEF (2016). La naturaleza del aprendizaje.

Tishman, S., Perkins, D. N., y Jay, E. (1994). The thinking classroom: learning and teaching in a culture of thinking. Boston: Harvard Graduate School of Education.

UNESCO (2016). Revisión comparativa de iniciativas nacionales de aprendizaje móvil en América Latina. El caso del plan Ceibal de Uruguay. IIPE-UNESCO: Buenos Aires.

UNESCO (2019). Consenso de Beijing sobre la inteligencia artificial y la educación. Recuperado de: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000368303.locale=en>.

UNESCO (2021). AI and education: Guidance for policymakers. París: UNESCO.

UNESCO (2023). Global education monitoring report, 2023: technology in education: a tool on whose terms? Recuperado de: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000385723>.

World Economic Forum (2023). Future of Jobs Insight Report.

2.4. CONSTRUYENDO UNA INTELIGENCIA ARTIFICIAL ÉTICA DESDE EL DISEÑO: LA PERSPECTIVA DE LA UNESCO

ELEONORA LAMM, NATALIA GONZÁLEZ ALARCÓN
Y ALIDE FLORES URICH SASS *

“En la UNESCO queremos establecer una hoja de ruta sobre cómo entender la IA, cómo enfocar estos desarrollos, cómo prevenir los impactos negativos, cómo definirlos y cómo avanzar regulaciones e instituciones”
Gabriela Ramos - Directora General Adjunta de la UNESCO para las Ciencias Sociales y Humanas

INTRODUCCIÓN

Actualmente, la inteligencia artificial (IA) impacta en todos los aspectos de nuestras vidas, incluidas nuestras relaciones sociales, económicas, políticas (Bosoer *et al.*, 2022) y culturales, y en la forma en que interactuamos con el medioambiente. Incluso, nuevos y poderosos avances, como las herramientas de la IA generativa (Cooper, 2023), prometen aumentar la productividad y transformar las industrias; por ejemplo, al automatizar muchas tareas rutinarias o al acelerar el estudio de fármacos o mejorando el diagnóstico de pacientes en el sector de la salud.

Aunque no existe una definición universalmente aceptada de IA, puede describirse como “sistemas que muestran un comportamiento inteligente analizando su entorno y emprendiendo acciones -con cierto grado de autonomía- para alcanzar objetivos específicos” (European Commission, 2018) o como “un sistema basado en máquinas que puede, para un conjunto dado de objetivos definidos por el ser humano, hacer predicciones, recomendaciones o tomar decisiones que influyen en entornos reales o virtuales” (OCDE, s/f). La IA posee la capacidad de realizar tareas típicamente asociadas a la inteligencia humana, como la percepción visual, el reconocimiento de voz, la toma de decisiones y la traducción de idiomas, y estas posibilidades se van ampliando.

Las tendencias emergentes en IA indican la rápida evolución del campo y el impacto potencial de diversas tecnologías basadas en IA. Por ejemplo, la IA generativa es un subcampo que ha revolucionado el mundo, en particular desde el lanzamiento global y público de ChatGPT en noviembre de 2022, por su capacidad de generar contenidos nuevos y originales a partir de datos existentes -como texto, imágenes o audio- y su amplia gama de aplicaciones. El potencial que tienen herramientas de IA generativa es amplio y creciente. Por ejemplo, pensando en los tomadores de decisiones, con estas herramientas podrían explorar y generar escenarios alternativos para comprender el problema, simular resultados nuevos y potenciales o generar contenidos para comunicar mejor los resultados de las políticas.

Definiciones clave:

IA:

- Un sistema de IA es un sistema basado en máquinas que es capaz de influir en el entorno produciendo una salida (predicciones, recomendaciones o decisiones) para un conjunto dado de objetivos (OCDE, s/f).

* Eleonora Lamm: responsable del sector de ciencias sociales y humanas y para LAC a.i.
Natalia González: consultora en ética e inteligencia artificial, UNESCO. Alide Flores Urich Sass: pasante Ética en Inteligencia Artificial, UNESCO.
Este trabajo se basa en uno previo pendiente de publicación en IEEE, cuya autoría pertenece a Gabriela Ramos, Mariagrazia Squicciarini y Eleonora Lamm.

• Un sistema de IA es un software desarrollado con técnicas y enfoques y que puede generar salidas para un conjunto dado de objetivos definidos por el ser humano, como contenidos, predicciones, recomendaciones o decisiones que influyen en los entornos con los que interactúan (European Parliament, s/f).

IA generativa:

- De acuerdo con el *AI Act* de la Unión Europea, la IA generativa es un modelo de base utilizado en un sistema de IA destinado específicamente a generar contenidos con distintos niveles de autonomía, como texto complejo, imágenes, audio o vídeo.
- De acuerdo a la Comisión Federal de Comercio de Estados Unidos, la IA generativa es una categoría de IA que capacita a las máquinas para generar nuevos contenidos en lugar de limitarse a analizar o manipular los datos existentes. Mediante el uso de modelos entrenados en grandes cantidades de datos, la IA generativa puede generar contenidos -como texto, fotos, audio o vídeo- que a veces son indistinguibles de los contenidos creados directamente por humanos. Los grandes modelos de lenguaje (LLM), que alimentan los *chatbots* y otras herramientas de IA basadas en texto, representan un tipo común de IA generativa.

62

Estos avances plantean profundas preocupaciones éticas, ya que los sistemas básicos de IA pueden incorporar o amplificar sesgos (Wach *et al.*, 2023), provocar redundancias mediante la automatización de tareas rutinarias y no rutinarias (Acemoglu, 2022), contribuir a la degradación climática y afectar los derechos humanos y las libertades fundamentales. Estos riesgos (Enoch, 2022) ya han surgido y han comenzado a incrementar las desigualdades existentes, lo que en ocasiones ha resultado en daños a grupos ya marginados (Whittlestone & Clarke, 2022).

Esto exige una acción coordinada respaldada por marcos y regulaciones globales que permitan a los individuos, y sociedades aprovechar las posibilidades que ofrece la IA y, al mismo tiempo, abarcar sus inconvenientes. La Recomendación de la UNESCO sobre la ética de la inteligencia artificial (en adelante, la Recomendación) (UNESCO, 2022), adoptada en el 2021 por los -en ese momento- 193 Estados miembros de la UNESCO,¹ es el primer instrumento global que logra generar un consenso al respecto. Su objetivo es servir como brújula para que el diseño, el desarrollo, la implementación y la adquisición de los sistemas de IA respeten los derechos humanos, la dignidad humana, el medioambiente, y preserven las libertades fundamentales.

Para la UNESCO, es vital garantizar que el crecimiento y el desarrollo de la IA puedan generar una distribución

equitativa entre y dentro de las naciones, de modo que beneficie a todas las personas y no se concentre en manos de un pequeño número de empresas y países. En parte, esto exige que los gobiernos tomen medidas adecuadas para garantizar mercados competitivos y la protección de consumidores y evitar que las grandes empresas de la IA abusen de sus posiciones dominantes en el mercado o formen monopolios. Al mismo tiempo, los gobiernos deben garantizar que las personas no se queden atrás ante los omnipresentes sistemas de IA que transforman todos los aspectos de nuestra vida cotidiana, así como los mercados laborales. Además, será esencial establecer barreras éticas sólidas para salvaguardar la inversión en la IA y garantizar que el crecimiento económico que impulsa sea sostenible.

El reciente debate global demuestra que regular una tecnología tan poderosa y potencialmente divisiva como la IA ya no debe considerarse tabú (Tracy, 2023). La cuestión no es si debería de ser regulada, sino cuál es la mejor manera de hacerlo para permitir que la tecnología florezca y ayude a resolver problemas sociales, al mismo tiempo que contenga los posibles efectos adversos y que garantice que todas las personas puedan beneficiarse de ella.

Este documento analiza cómo la Recomendación puede servir como guía para abordar las preocupaciones que plantea la IA y destaca algunos de los elementos claves propuestos en ella, así como su impacto potencial en distintos sectores. Igualmente busca mostrar, cómo, siguiendo sus disposiciones, todo el ecosistema de la IA podría contribuir a que las tecnologías de la IA sean transparentes, explicables y justas. Esto, a su vez, ayudará a incrementar la confianza pública en la IA y contribuirá a nivelar el campo de juego, beneficiando a las personas y, al mismo tiempo, permitiéndoles a las pequeñas y medianas empresas a participar y competir de una mejor manera en el desarrollo de la IA. Seguir prácticas éticas es positivo para los negocios, ya que atraen clientes e inversionistas que valoran soluciones de IA responsables y confiables (de Laat, 2021).

Después, este documento sintetiza brevemente la forma en la que la UNESCO está avanzando en la implementación de la Recomendación a través de las herramientas desarrolladas y destaca la importancia de trabajar en conjunto con el sector privado en este proceso. Finalmente, este artículo incluye un breve análisis sobre las potenciales implicaciones de regular la IA para promover y garantizar el acceso igualitario y disfrutar de los beneficios sociales que la IA puede generar.

1. La Recomendación sobre la ética de la IA de la UNESCO

La UNESCO, como agencia especializada de las Naciones Unidas que tiene el mandato de promover la paz a través de la Educación, la Cultura y la Ciencia, tras la solicitud

1. Estados Unidos se reincorporó a la UNESCO en julio del 2023.

explicita de sus Estados miembros, en 2019 asumió el desafío de desarrollar el primer estándar global sobre la ética de la IA, en forma de Recomendación (UNESCO, 2022). El fin de este instrumento normativo es traducir el qué de la ética de la IA en el cómo de la acción política relevante.

Mientras los valores y principios son bases útiles para un marco ético de la IA, en los últimos años muchos han expresado la necesidad de ir más allá de los principios y desarrollar estrategias prácticas e implementables (Mittelstadt, 2019). La Recomendación aborda este llamado traduciendo sus valores y principios en 11 áreas clave para acciones políticas. Estas abarcan la gobernanza de datos, la protección del medioambiente y los ecosistemas, la inclusión de género, la educación y la investigación, la salud y el bienestar social, entre otros. Por razones de espacio, solo abordaremos algunas de ellas a continuación.

1.1. Gobernanza de datos

La Recomendación resalta la necesidad de diseñar e implementar estrategias y mecanismos que garanticen una gobernanza de datos eficaz. La gobernanza de datos, como ejercicio de autoridad y control sobre la gestión de datos, tiene como finalidad maximizar el valor de los datos como activos en una organización (Abraham *et al.*, 2019). En este sentido, abarca los marcos organizacionales responsables de supervisar las diversas etapas de la gestión de datos, incluidos el almacenamiento, procesamiento, análisis, utilización, intercambio y las transacciones de datos realizadas directamente o en nombre del gobierno (Bonina & Eaton, 2020). Los enfoques de la gobernanza de datos pueden variar según las leyes y estructuras sociales que caracterizan a un país o ciudad específica. Además, estos enfoques pueden verse influenciados por la evolución de los roles de los distintos actores que están activos dentro del ecosistema de los datos (World Bank, 2021).

El ritmo acelerado de la transformación digital ha contribuido a resaltar el papel fundamental que desempeñan los datos y su uso. Un ejemplo de ello es el COVID-19. Los desafíos causados por la pandemia aceleraron la adopción de tecnologías emergentes, incluidas muchas que recopilan y utilizan datos personales. Sin embargo, en la urgencia por implementar aplicaciones que salvan vidas, en ocasiones se dejaron sin abordar cuestiones éticas relacionadas con la gobernanza de datos, lo que generó dinámicas desfavorables en las personas usuarias y dueñas de los datos creando claras asimetrías de poder (Li *et al.*, 2022). Esto se tradujo en una falta de transparencia en la gestión de datos personales, causando preocupaciones con respecto a la privacidad, la seguridad y la gobernanza de los datos (Parker *et al.*, 2020).

Si bien algunas personas han tomado medidas proactivas para salvaguardar sus datos, muchas siguen preocupadas por el uso de su información. Según una encuesta reciente realizada en Australia, el 58% de las personas encuestadas admitió que no entiende cómo las empresas utilizan los datos que recopilan, y el 49% expresó una sensación de vulnerabilidad con respecto a la protección de sus datos,

debido a la falta de conocimiento o tiempo, así como a la complejidad de los procesos involucrados (Quach, 2022). La Recomendación de la UNESCO reconoce estos desequilibrios de poder y la falta de comprensión por parte de los agentes involucrados, destacando la necesidad de equilibrar la privacidad de las personas y, al mismo tiempo, facilitar la recopilación de datos y la regulación de su uso.

Un aspecto clave destacado por la Recomendación es la necesidad de contar con datos robustos, representativos y de alta calidad utilizados para entrenar, desarrollar e implementar sistemas de IA. Mejorar la calidad de los datos es fundamental en todos los ámbitos, ya que los datos sirven como base para que los sistemas puedan tomar decisiones eficientes y eficaces. Hoy en día los datos se recopilan, tanto directa como indirectamente, a través de varios dispositivos. Además, la proliferación de sensores, junto con el poder de la computación en la nube y la tecnología informática avanzada, ha contribuido a los entornos ricos en datos. Los sensores integrados en diversos dispositivos y sistemas contribuyen a esto, ayudando a recopilar grandes cantidades de datos del mundo físico, incluida la temperatura, la ubicación, el movimiento y muchos otros parámetros. Pueden aumentar nuestra capacidad para mapear e informar sobre el mundo que nos rodea (Javaid *et al.*, 2021), y permitir que las ciudades se vuelvan inteligentes, al conceder medir y procesar información sobre lugares y espacios. No obstante, al mismo tiempo, pueden hacer que los movimientos de las personas sean totalmente rastreables y que la información relacionada sea explotable, para buenos o malos propósitos.

El crecimiento continuo de datos recopilados ha ejercido una presión significativa sobre las infraestructuras de almacenamiento y computación. La computación en la nube, que representa una de las transformaciones más significativas en las tecnologías modernas de la información y la comunicación (TIC), está ayudando a manejar tareas informáticas complejas a gran escala (Hashem *et al.*, 2014) y está haciendo posible almacenar, acceder y procesar datos en tiempo real, independientemente de su tamaño o complejidad.

Paralelamente, una mayor potencia de procesamiento y la mejora de los algoritmos han avanzado la capacidad de extraer información valiosa de los datos recopilados. Las técnicas de análisis de datos y modelos de IA, como el aprendizaje profundo y las redes neuronales, permiten descubrir patrones, tendencias y relaciones dentro de los datos, lo que genera conocimientos valiosos que respaldan la toma de decisiones. Sin embargo, si las decisiones se basan en datos insuficientes, parciales o de baja calidad, la precisión y la confiabilidad de las decisiones propuestas por los sistemas de IA pueden verse comprometidas (Martin *et al.*, 2023).

Asimismo, garantizar la representación de diferentes grupos demográficos en relación con características como raza, género, edad, estatus socioeconómico o de discapacidad al entrenar agrupaciones de datos de IA, es crucial para garantizar la predicción y el apoyo de las decisiones propuestas por los modelos de IA. Por ejemplo,

la poca representación de las personas adultas mayores en los datos de la IA y la falta de métodos consistentes para recopilar y registrar información relacionada con la edad pueden llevar a soluciones basadas en IA que pasen por alto las necesidades de esta parte de la población. Se corre el riesgo de discriminar y ofrecer soluciones inadecuadas (Park *et al.*, 2021). Lo mismo aplica a la representación de género, raza, y discapacidad, entre otros.

Por ello, la Recomendación promueve, de ser factible, la inversión en conjuntos de datos de excelencia que sean diversos, establecidos sobre una base jurídica, y que tengan el consentimiento de las personas interesadas e involucradas. Estos podrían servir como puntos de referencia para la calidad y precisión de otras bases de datos. Además, aboga por la disponibilidad de conjuntos de datos abiertos y confiables, en los que las partes interesadas contribuyan a la transparencia, reproducibilidad y responsabilidad de la IA. Por ejemplo, exige una “confianza en los datos” como mecanismo que pueda facilitar los flujos de datos y el intercambio de datos confiables. Los fideicomisos de datos representan una nueva forma de administración de datos que fomenta la transparencia y la rendición de cuentas (Aapti Institute & Open Data Institute, 2020).

1.1.1. *Tecnologías convergentes*

Los datos y la gobernanza de datos son especialmente importantes para las tecnologías convergentes, es decir, tecnologías originalmente no vinculadas que se han integrado a medida que se desarrollan y avanzan.² La Recomendación reconoce que, de todos los tipos de datos, los datos biométricos o datos recolectados mediante el seguimiento de actividad cerebral, por ejemplo, son particularmente sensibles y corren con mayor riesgo de manipulación. Por eso la Recomendación incluye disposiciones para dicha convergencia, en particular la neurotecnología y las interfaces cerebro-computadora, subrayando la importancia de salvaguardar la dignidad y la autonomía humana (UNESCO, 2023), así como abordar la posible manipulación y explotación de los sesgos cognitivos humanos.

NEUROTECNOLOGÍAS

La neurotecnología se refiere a dispositivos y procedimientos utilizados para acceder, monitorear, investigar, evaluar, manipular y emular la estructura y función de los sistemas neuronales. Estos incluyen: i) herramientas técnicas y computacionales que miden y analizan señales químicas y eléctricas en el sistema nervioso, ya sea el cerebro o los nervios de las extremidades; y ii) herramientas técnicas que interactúan con el sistema nervioso para cambiar su actividad; por ejemplo, para restaurar la información sensorial, como los implantes cocleares para restaurar

la audición o la estimulación cerebral profunda para detener la vibración y otras condiciones patológicas (UNESCO & IBC, 2021).

La neuro tecnología se diferencia de otras tecnológicas, tanto desde el punto de vista médico como comercial, por su interfaz directa e influencia sobre el cerebro. Esta característica única conlleva profundas implicaciones para varios aspectos de la existencia humana (UNESCO, 2023), tales como:

- integridad mental, que se refiere al control de un individuo sobre sus estados mentales y datos cerebrales, garantizando que nadie pueda leer, alterar o difundir dicha información sin su consentimiento;
- autonomía y libre toma de decisiones: las crecientes posibilidades que ofrece la neuro tecnología como el monitoreo, la vigilancia y la manipulación de las funciones cognitivas, tienen el potencial de interferir con la capacidad de una persona para tomar acciones y decisiones autodirigidas.
- privacidad mental: la recopilación y el procesamiento de datos de neuro dispositivos pueden potencialmente identificar a las personas, relevar su actividad cerebral y dar lugar a prácticas discriminatorias, en particular en lo que respecta a estigmatizar las afecciones neurológicas o de salud mental.

De igual manera, el hecho de que el mundo de la neuro tecnología esté actualmente altamente concentrado, desencadena problemas adicionales relacionados con el acceso a la tecnología y los desequilibrios de poder, entre otros. La evidencia reciente muestra que más del 80% de las publicaciones de neurociencia de alto impacto son producidas por sólo diez países, mientras que el 70% de los países han contribuido con menos de diez artículos de este tipo en las últimas dos décadas. De forma similar, sólo seis países poseen el 87% de las patentes de neuro tecnología IP5 (UNESCO, 2023).

Este nivel de concentración crea una división entre los países que están a la vanguardia del desarrollo de la neuro tecnología y el resto de los países, también en términos de perpetuar o aumentar las disparidades en salud, investigación e innovación.³

1.2. Gobernanza y administración ética

La importancia de la gobernanza de la IA no se puede subestimar. Los mecanismos eficaces de gobernanza de la IA deberían incorporar varios principios claves. En primer lugar, deben ser inclusivos y garantizar que todas las personas que integran la sociedad puedan acceder a los beneficios de la IA. La transparencia también es crucial, ya

2. Ejemplos de tecnologías convergentes son los teléfonos inteligentes que ahora se utilizan como dispositivos GPS, reproductores de música y cámaras.
3. Más información en: <https://www.unesco.org/en/ethics-neurotech>.

que permite a las partes interesadas acceder a información adecuada fomentando la comprensión y la confianza en los sistemas de IA. Adoptar un enfoque multidisciplinario es igualmente esencial, ya que permite la colaboración e integración de diversas disciplinas académicas en la gobernanza de la IA.

Asimismo, la gobernanza de la IA debe ser multilateral, con contribuyentes de varios grupos, sectores y países. Esto ayudaría a garantizar una perspectiva integral y global, considerando las diversas necesidades y contextos de las diferentes regiones. Para lograrlo, es necesario un enfoque multisectorial que involucre a una amplia gama de actores (Gasser & Almeida, 2017). Es de suma importancia involucrar activamente a las comunidades afectadas por la IA y a expertos y expertas de múltiples disciplinas en el proceso de gobernanza. La participación de las diversas partes interesadas debería ser una piedra angular de los planes de trabajo de las instituciones internacionales a la hora de abordar la ética y la regulación de la IA, para garantizar que los sistemas de IA reflejen las distintas perspectivas.⁴

Por ende, las acciones de gobernanza deben estar integradas en las capacidades institucionales y el conocimiento de las cuestiones en juego. Deberían abarcar la anticipación de posibles problemas, mecanismos sólidos de aplicación de la ley y mecanismos de reparación en caso de impactos negativos. Por eso la Recomendación enfatiza que la gobernanza de la IA debe identificar riesgos, impactos y daños, para luego proceder con investigaciones y acciones correctivas concretas. Además, a medida que las tecnologías de la IA evolucionan rápidamente, los sistemas globales de gobernanza de la IA deben ser lo suficientemente flexibles para adaptarse a las diferencias culturales y cerrar brechas entre los distintos sistemas legales nacionales (Gasser & Almeida, 2017).

1.3. Educación e investigación

Entre los muchos sectores profundamente afectados por la IA se encuentra la educación. Nuevos desarrollos como ChatGPT y otros LLM (large language models) están creando grandes expectativas sobre los servicios que la IA podría brindar a la humanidad, lo que podría ser significativo. Sin embargo, su uso generalizado también pone en relieve los riesgos inherentes a la forma en que se implementan actualmente estas tecnologías, en respuesta a una carrera tecnológica frenética entre actores económicos, tanto empresas como países, que rara vez ponen el bien público en primer lugar (UNESCO, 2023).

Las evaluaciones preliminares confirman que la IA generativa puede ofrecer información engañosa, inexacta o falsa sin dejar claridad a la persona usuaria (ChatGPT introdujo un descargo de responsabilidad recientemente)

(ChatGPT, s/f). Su impacto en la educación también se ve magnificado por la variedad de tareas que la herramienta puede realizar. Las cuestiones de autoría y derechos de propiedad intelectual son primordiales, ya que estas plataformas no citan sus fuentes y carecen de transparencia sobre su funcionamiento. En este contexto, la Recomendación exige que se brinde al público alfabetización y educación adecuadas sobre la IA, incluidos programas de concientización sobre los datos y sobre el uso responsable y ético de las tecnologías de IA, necesarios para mitigar sus desafíos y riesgos. Al hacerlo, se debe priorizar la participación de los grupos marginados para empoderar a todas las personas y reducir las brechas digitales y las desigualdades en el acceso digital.

La evidencia existente apunta a la necesidad de que las personas tengan habilidades técnicas relacionadas con la propia IA (es decir, aprendizaje automático, Python o redes neuronales), así como habilidades socioemocionales como la creatividad, la capacidad para trabajar en equipo y la comunicación, para que prosperen en la era de la IA (Grundke *et al.*, 2018). Además, la alfabetización digital surge como un requisito básico para que toda persona tenga la capacidad de participar plenamente en la sociedad digital (Samek *et al.*, 2021).

En la Recomendación, la ética de la IA y las habilidades de comunicación y trabajo en equipo se reconocen como prioridades junto con otras aptitudes ampliamente reconocidas, como la alfabetización básica, la aritmética, la codificación y las habilidades digitales. Inclusive, la Recomendación pide a los Estados miembros que apoyen iniciativas de investigación sobre la IA ética.

1.4. Economía y trabajo

La IA es una tecnología en rápida evolución con un gran potencial para hacer que los y las trabajadoras y las empresas sean más productivas y eficientes, y para estimular innovaciones, nuevos productos y servicios (Acemoglu *et al.*, 2022). Al mismo tiempo, al automatizar una serie de tareas (Felten *et al.*, 2019; Webb, 2020), puede provocar despidos y exacerbar las desigualdades, al mismo tiempo que los algoritmos basados en conjuntos de datos no representativos pueden provocar discriminación contra algunos trabajadores. Mientras que los avances tecnológicos anteriores han automatizado tareas “rutinarias”, la IA -la IA generativa en particular- tiene el potencial de automatizar tareas “no rutinarias”; es decir, tareas que implican creatividad o que requieren altos niveles de conocimiento (Center for Democracy and Technology, 2020).

Por este motivo, la Recomendación expone la importancia de abordar el impacto de los sistemas de la IA en el mercado laboral. En este sentido, aboga por integrar la educación y

4. Por ejemplo, durante la elaboración de la Recomendación, la UNESCO recopiló más de 50.000 comentarios de una amplia gama de partes interesadas. Asimismo, se celebraron consultas regionales y subregionales en todo el mundo. Esta diversidad de perspectivas ayudó significativamente a mejorar el documento y hacerlo aceptable para todos los Estados miembros.

la formación relacionada con la IA en la educación general y la formación en todos los niveles para ayudar a abordar las brechas de habilidades que caracterizan la era digital y, especialmente, la falta de capacidades necesarias para trabajar con la IA y las habilidades necesarias para vivir en un mundo integrado por esta. La educación y la formación vinculadas con la IA ayudarían, al mismo tiempo, a impulsar el mercado laboral, estimular la competencia y fomentar la protección del consumidor, a escala nacional e internacional (Samek *et al.*, 2023).

La Recomendación invita a los Estados miembros a trabajar con el sector privado, las organizaciones de la sociedad civil y otras partes interesadas, incluidos los trabajadores y las trabajadoras y los sindicatos, para garantizar una transición justa para los empleados y las empleadas en riesgo. Esto incluye implementar programas de mejora y capacitación, encontrar mecanismos efectivos para retener a los y las empleadas durante los periodos de transición y explorar programas de “red de seguridad” para aquellas que no pueden ser retenidas o capacitadas. A su vez, pide a los Estados miembros que garanticen que existan suficientes fondos públicos disponibles para apoyar dichos programas.

1.5. Género

Algunos datos

- Un estudio publicado por la UNESCO, el BID y la OCDE en marzo del 2022 (UNESCO, OCDE & IDB, 2022) muestra cómo el uso de la IA por parte de empleadores podría perjudicar a las mujeres en el lugar del trabajo durante toda su vida laboral.
- Un 20% más de hombres que de mujeres recibieron un anuncio en Facebook sobre carreras STEM (Lambrecht & Tucker, 2019).
- Las mujeres están subrepresentadas en la industria de la IA. Un informe del Foro Económico Mundial del 2020 encontró que las mujeres representan solo el 26% de los puestos de datos e inteligencia artificial en la fuerza laboral (*World Economic Forum*, 2020). Las mujeres representaron menos del 19% de todas las personas graduadas de doctorado en inteligencia artificial y ciencias de la computación en América del Norte durante los últimos diez años (Zhang *et al.*, 2021).
- Además de la segregación horizontal en ocupaciones específicas, las mujeres también experimentan techos de cristal que resultan en una segregación vertical de género. Las mujeres en los campos STEM y el sector digital tienen menos probabilidades de ocupar puestos de alto nivel. Según UNESCO (2019), solo uno de cada cuatro puestos de liderazgo en las industrias tecnológicas (incluidos los puestos no técnicos en marketing, gestión de recursos humanos y similares) está ocupado por una mujer.

La Recomendación reconoce la importancia de abordar los desafíos asociados a las brechas de género en la era digital, y se posiciona como el primer y único instrumento con un capítulo específico sobre políticas sobre género e IA. Como parte de sus recomendaciones, exige la recopilación de datos desglosados por género, ya que sin medición es difícil observar avances. Igualmente describe enfoques y acciones concretas para garantizar que los sistemas de IA no repliquen los sesgos y discriminaciones basadas en género.

También prevé que los Estados miembros deberían:

- Disponer de fondos específicos de sus presupuestos públicos vinculados a la financiación de planes con perspectiva de género.
- Garantizar que las políticas digitales nacionales incluyan un plan de acción de género.
- Desarrollar políticas pertinentes, por ejemplo, sobre educación laboral, para apoyar a niñas y mujeres y asegurarse de que no quedan excluidas de la economía digital.
- Garantizar que los estereotipos de género y los prejuicios discriminatorios no se trasladen a los sistemas de IA a través de los conjuntos de datos existentes y, en su lugar, identificarlos y corregirlos de forma proactiva.
- Fomentar la diversidad de género en la investigación de la IA en el mundo académico y en la industria, ofreciendo incentivos a las chicas y a las mujeres para que entren en este campo, y poner en marcha mecanismos para luchar contra los estereotipos de género y el acoso en la comunidad investigadora de la IA.
- Fomentar el espíritu empresarial, la participación y el compromiso de las mujeres en los sistemas de IA, e instar a las organizaciones académicas y privadas a compartir las mejores prácticas sobre cómo mejorar la diversidad de género.

En general, la Recomendación pide a los gobiernos que garanticen que los sistemas de IA avancen en la consecución de la igualdad de género y trabajen para eliminar en lugar de exacerbar las brechas de género existentes.

Tomando medidas: MUJERES POR UNA IA ÉTICA

Para luchar contra los estereotipos de género y la discriminación, La UNESCO lanzó la Plataforma Women4EthicalAI, formada por mujeres profesionales y expertas que promueven la agenda de diversidad de género a nivel institucional. La plataforma adicionalmente ayuda a países de todo el mundo

5. Más información en: <https://www.unesco.org/en/articles/artificial-intelligence-unesco-launches-women4ethical-ai-expert-platform-advance-gender-equality?hub=32618>.

a establecer marcos específicos para promover políticas responsables de desarrollo e implementación de IA. Aplica su perspectiva de género para abordar cuestiones como el medio ambiente o cuestiones más generales de discriminación, con el objetivo de garantizar soluciones de amplio alcance e impacto.

Enfrentar estos desafíos requiere la colaboración de múltiples partes interesadas y el empoderamiento liderado por las mujeres, que es el objetivo principal de Grupo W4EAI. El trabajo de la plataforma fortalecerá la capacidad de los Estados Miembros de la UNESCO para promover sistemas de IA confiables y equilibrados en términos de género basados en la Recomendación.⁵

• La ejecución de entrenamiento de BLOOM (el que consume menos energía de los cuatro modelos lingüísticos analizados por el Instituto de Stanford para la IA centrada en el ser humano, junto con GPT-3, Gopher y OPT) emitió 1.4 veces más carbón en un año que el estadounidense promedio, y el equivalente de un solo pasajero que voló de Nueva York a San Francisco 25 veces. El entrenamiento de BLOOM consumió suficiente energía para abastecer de electricidad a un hogar estadounidense promedio durante 41 años (Maslej *et al.*, 2023).

1.6. Medioambiente y ecosistemas

Impulsar la IA consume mucha energía, lo que tiene un gran impacto en el medio ambiente. La Recomendación pide a los Estados miembros y a las empresas que evalúen los impactos ambientales directos e indirectos de los sistemas de IA, incluida su huella de carbono, consumo de energía y extracción de materias primas. Cuando sea necesario, los Estados Miembros también deberían introducir incentivos para garantizar que las soluciones de la IA se utilicen para apoyar la predicción, la prevención, el control y la mitigación de los problemas relacionados con el clima (Strubell *et al.*, 2020).

- En 2019, los investigadores de la Universidad de Massachusetts Amherst entrenaron varios modelos lingüísticos de gran tamaño:
- Descubrieron que entrenar un solo modelo de IA puede emitir más de 313 toneladas (626.000 libras) de CO₂, lo que equivale a las emisiones de cinco automóviles durante su vida útil (Strubell *et al.*, 2019).
- Descubrieron que crear un modelo generativo de IA llamado BERT con 110 millones de parámetros consumía la energía de un vuelo transatlántico de ida y vuelta para una persona (Strubell *et al.*, 2019).
- En 2021, un nuevo estudio de Google y la Universidad de California en Berkeley informó que el entrenamiento de una IA generativa (GPT-3) con 175.000 millones de parámetros consumió 1.287 MWh de electricidad. El resultado fueron unas emisiones de carbono de 552 toneladas de CO₂, equivalentes a conducir 112 coches de gasolina durante un año (Patterson *et al.*, 2021).
- De mayo de 2021 a mayo de 2022, el proyecto BigScience en Francia desarrolló el modelo BLOOM de acceso abierto, que es similar en tamaño a GPT-3 pero tiene una huella de carbono mucho menor, consumiendo 433 MWh de electricidad en la generación de 30 toneladas de CO₂ durante 118 días, 5 horas, 41 minutos de tiempo de entrenamiento (Maslej *et al.*, 2023).

No solamente el elevado consumo de energía es crítico; el impacto en el consumo de agua también lo es. Un estudio realizado en 2023 mostró que “entrenar GPT-3 en los centros de datos de última generación de Microsoft en EE.UU. puede consumir 700,000 litros de agua dulce limpia (suficiente para producir 370 automóviles BMW o 320 vehículos eléctricos Tesla) y el consumo de agua se habría triplicado si la capacitación se hubiera realizado en centros de datos asiáticos de Microsoft” (Li *et al.*, 2023). Otro estudio publicado en el 2023 afirma que “por cada 20 a 50 preguntas, ChatGTP necesita ‘beber’ el equivalente a una botella de agua de 16.9 oz” (Gendron, 2023). Dado que en el proceso de entrenamiento se gasta una cantidad importante de energía, que luego se convierte en calor, el agua se utiliza en el sitio para mantener la temperatura bajo control en toda la infraestructura. Se requiere de agua dulce para un control adecuado de la humedad y porque el agua salada puede provocar corrosión, obstrucción de las tuberías de agua y crecimiento bacteriano, según el estudio (Gendron, 2023).

Esto es preocupante, ya que la escasez de agua dulce se ha convertido en uno de los desafíos más alarmantes compartidos por la humanidad a raíz del rápido crecimiento demográfico, el agotamiento de los recursos hídricos y el envejecimiento de las infraestructuras hídricas. Para responder a los desafíos globales del agua, los modelos de IA pueden, y deben, abordar preocupaciones de responsabilidad social y predicar con el ejemplo abordando su propia huella hídrica (Li *et al.*, 2023).

Al ser conscientes y considerar el impacto ambiental de la IA, los desarrolladores pueden ayudar a crear algoritmos energéticamente eficientes, optimizar los recursos informáticos e implementar prácticas sostenibles en la infraestructura de la IA (Ligozat *et al.*, 2022). Esto incluye diseñar algoritmos que requieran menos potencia informática, desarrollar hardware y algoritmos más eficientes, y utilizar fuentes de energía renovables para alimentar sistemas de inteligencia artificial. Estos esfuerzos pueden reducir significativamente la huella de carbono (Dhar, 2020) asociada con las operaciones de IA (Wu *et al.*, 2022). Además, integrar los principios de sostenibilidad en el desarrollo de la IA implica que los avances tecnológicos pueden alinearse con los objetivos ambientales, minimizando el daño a los ecosistemas (Van Wynsberghe, 2021).

2. IMPLEMENTACIÓN DE LA RECOMENDACIÓN SOBRE LA ÉTICA DE LA IA

Numerosos países, particularmente en el mundo desarrollado, están tratando de seguir el ritmo de los avances tecnológicos mediante la elaboración de estrategias nacionales o regionales y la promulgación de leyes, como la Ley de Inteligencia Artificial (IA) en la Unión Europea (European Parliament, 2023) y la construcción de marcos institucionales para establecer barreras éticas. Ahora bien, muchos otros países se han quedado atrás en la explotación del poder de estas tecnologías en beneficio de sus poblaciones y en la contención de los riesgos asociados a ellas.

Desde UNESCO se entiende que, para que los beneficios de la IA se materialicen, los gobiernos deben tener estrategias que promuevan el desarrollo y uso ético de la IA y desarrollar capacidades y habilidades relevantes, tanto en el sector público como en el privado. A su vez, deberían promover los marcos regulatorios e institucionales pertinentes para convertir estas estrategias en realidad. Frente a esto, actualmente, países de todo el mundo se encuentran en proceso de implementar la Recomendación, con el apoyo de la UNESCO, a través de diversos esfuerzos de creación de capacidades, coordinación y orientación. El objetivo es traducir la Recomendación en marcos nacionales, institucionales y regulatorios que ayuden a los países (especialmente los países en desarrollo) a promover el uso ético y el desarrollo de la IA, garantizando la igualdad de oportunidades para todas las personas en la era digital.

2.1. De la teoría a la práctica

Para garantizar la implementación efectiva de la Recomendación, la UNESCO desarrolló la Metodología de Evaluación de la Preparación (RAM por sus siglas en inglés). La RAM es una herramienta práctica que tiene la finalidad de ayudar a los países a comprender el estado actual y el nivel de preparación para emprender la implementación ética y responsable de tecnologías de IA en beneficio de todas las personas. Al realizar la RAM, los países pueden identificar áreas específicas donde pueden ser necesarios cambios institucionales y regulatorios, allanando el camino para el progreso y uso de la IA.

La metodología no solo es única, sino también necesaria, dado que, sin la presencia de instituciones, capital humano, desarrollo de capacidades e infraestructura, no puede haber avances significativos. A través de las cinco dimensiones de la RAM, la UNESCO evaluará todo el espectro de preparación de un país. Estas cinco dimensiones son:

1. *Legal/regulatoria*: aborda la capacidad institucional y humana de los Estados miembros para implementar la Recomendación y gestionar las principales transformaciones sociales que provocaría una mayor adopción de la IA en todos los sectores de la economía. Esto incluye evaluar si los Estados miembros han adoptado marcos regulatorios apropiados para garantizar el desarrollo y despliegue éticos de la IA, así

como mecanismos de seguimiento y evaluación para su implementación y cumplimiento.

2. *Social/cultural*: esta dimensión considera los factores relevantes para el progreso ético y la implementación de sistemas de IA, sin dejar por fuera la inclusión y la diversidad social y cultural, la conciencia pública y los valores relevantes para ampliar las soluciones éticas de la IA. Asimismo, aborda las actitudes hacia las tecnologías de IA, incluida su aceptación pública. Esta dimensión también ayuda a revelar valores y preferencias sociales en los Estados miembros, que conducen a ciertas actitudes hacia las tecnologías e impactan directamente las decisiones sociales relacionadas.

3. *Económica*: esta dimensión tiene como objetivo abordar el tamaño y la fortaleza de la oferta del ecosistema de IA en el país. Esto es importante para la capacidad de desarrollar soluciones de IA que reflejen las necesidades y condiciones particulares de un país determinado y su población.

4. *Científica/educativa*: esta dimensión tiene como misión evaluar el nivel de investigación y desarrollo relacionado con la IA en un país, incluido el número de publicaciones y patentes relacionadas con la IA, y el número de investigadores e ingenieros e ingenieras de IA involucrados en I+D. A su vez, analiza la investigación sobre la ética de la IA y la disponibilidad de oportunidades educativas para los y las estudiantes y el público. Además, la dimensión examina el número de estudiantes (graduados y graduadas), profesionales y miembros del público en disciplinas relacionadas con la IA o las TIC, el número de graduados y graduadas en STEM y el nivel de IA y ciber habilidades de la población.

5. *Técnica/infraestructural*: la dimensión técnica e infraestructural refleja la noción de que, sin la infraestructura pertinente, el desarrollo de la IA y la implementación de soluciones basadas en ella no pueden aplicarse en todo un país. Por lo tanto, esta dimensión evalúa el nivel TIC y la infraestructura técnica relacionada existente. La UNESCO colabora activamente con numerosos países de distintas regiones para implementar la Metodología de Evaluación de Preparación. Actualmente, en América Latina y el Caribe diversos países adelantan este proceso como parte de sus procesos de diseño y actualización de las estrategias nacionales de IA, entre ellos Antigua y Barbuda, Barbados, Brasil, Chile, Costa Rica, Cuba, México, República Dominicana, Uruguay, y Trinidad y Tobago. En los próximos meses, la UNESCO seguirá ampliando su trabajo con más países, fortaleciendo su presencia e impacto global.

3. INVOLUCRANDO AL SECTOR PRIVADO Y A DESARROLLADORES

Aun cuando la Recomendación se dirige principalmente a los Estados miembros, también proporciona orientación ética a todo el ecosistema y actores de la IA. Uno de los objetivos de la Recomendación es guiar las acciones de personas, comunidades, instituciones y empresas del sector privado para garantizar que la ética esté integrada en todas las etapas del ciclo de vida del sistema de la IA.

La implementación de marcos éticos conduce a resultados beneficioso para todas y todos. La sociedad se favorece de la tecnología de la IA que se alinea con los estándares de derechos humanos, mientras que el sector privado que apoya estos principios también se beneficia. Al comprometerse con prácticas éticas de la IA, las empresas pueden diferenciarse de sus competidores y atraer clientes que valoran las soluciones de la IA responsables y confiables (de Laat, 2021).

Como consecuencia, varias empresas del sector están adoptando una IA responsable (Shear et al., 2023). Las empresas están motivadas no solo por la confianza de las personas usuarias, sino también por diversos factores, como se destaca en un estudio (The Economist Intelligence Unit, 2020) que revela que la incorporación de prácticas responsables de la IA durante todo el ciclo de vida del desarrollo del producto puede generar una ventaja competitiva al mejorar la calidad del producto. Por ende, las prácticas responsables de la IA pueden tener un efecto positivo en la adquisición, la retención y el compromiso del talento, particularmente a medida que los empleados examinan cada vez más los valores y principios éticos de sus empleadores. Además, adoptar una IA responsable tiene la capacidad de impactar positivamente el desempeño financiero de una empresa al fomentar la participación del cliente, diversificar los flujos de ingresos, brindar ventajas de adquisición en los procesos de licitación y mejorar el poder de fijación de precios en el mercado. El estudio también enfatiza que, dado que las empresas dependen cada vez más de los datos de las personas usuarias, se vuelve evidente la importancia de mejorar la gestión, la seguridad y la privacidad de esos datos. La ausencia de prácticas responsables de la IA dentro del sector tecnológico ha generado preocupaciones sobre la confianza y los riesgos de marca.

Consejo Empresarial para la Ética de la IA (UNESCO, s/f)

Uno de los objetivos de la Recomendación es que pueda servir de guía para ayudar a las empresas a identificar posibles riesgos en sus servicios y brindar recomendaciones sobre cómo evitarlos. De esta forma busca contribuir a avanzar hacia una regulación que garantice un entorno competitivo y ético adecuado, que beneficie a todas las partes interesadas. Como resultado, UNESCO unió esfuerzos con empresas del sector tecnológico que están comprometidas con el uso ético y responsable de la tecnología. Junto con Telefónica y Microsoft, la UNESCO creó el Consejo Empresarial para la Ética de la IA, una red de empresas amigas de la Recomendación y un espacio para intercambiar experiencias y buenas prácticas, fortalecer las capacidades técnicas en ética e IA, y diseñar e implementar la Recomendación a través de herramientas como la Evaluación de Impacto Ético. Actualmente, la UNESCO está ampliando el Consejo con más socios a nivel global.

4. ¿GOBERNANZA Y REGULACIÓN?

Muchas voces piden ahora una revisión de la forma en que evolucionan y se implementan estas tecnologías, lo que señala la necesidad de una gobernanza y capacidades de supervisión más sólidas. Este es un esfuerzo que la UNESCO ha estado realizando durante décadas en relación con las tecnologías emergentes, como el genoma humano, la inteligencia artificial y la neuro tecnología, en base a su mandato ético global. Desde 2021, cuando se adoptó la Recomendación sobre la ética de la IA, la UNESCO ha estado creando herramientas y sistemas de apoyo para su implementación y para la revisión de las normas y reglamentos pertinentes para garantizar la buena gobernanza de la IA sin afectar la innovación. Ha llegado el momento de establecer y ajustar reglas para que los avances tecnológicos apoyen los objetivos humanos y contribuyan al bien público.

Dado el valor y la magnitud de la IA en todos los aspectos de nuestras vidas, la época de autorregulación ligera debería considerarse superada. Para la UNESCO, la regulación es esencial para fomentar entornos sólidos y propicios para una IA responsable. La noción de una dicotomía entre legislación e innovación es errónea. Los marcos regulatorios eficaces proporcionan una base de certidumbre y, una vez que se nivelan las condiciones a través de dichas regulaciones, la innovación florece, beneficiando a empresas de todos los tamaños, incluidas las pequeñas y medianas.

Actualmente, la ausencia de marcos regulatorios integrales para la IA deja a los países incapaces de asignar responsabilidades por acciones específicas realizadas por los sistemas de la IA. Es imperativo garantizar el Estado de derecho en el mundo digital mediante el establecimiento de marcos legales claros y responsables.

Varios países están trabajando en el progreso de políticas y marcos legales de la IA, incluidas las regulaciones. En el 2022, se debatieron leyes que mencionan el término “inteligencia artificial” en los órganos legislativos de 127 países y se aprobaron 37 de ellas (para un total de 123 leyes), según el Informe del Índice de IA 2023 de la Universidad de Stanford (Maslej *et al.*, 2023). Estados Unidos lideró la carrera para impulsar la regulación y aprobar nuevas leyes (Maslej *et al.*, 2023).

En esta etapa, la IA debería ser regulada como cualquier otro sector económico. La cuestión no es si regular o no, sino cómo. El objetivo no debería ser la regulación *per se*, sino el establecimiento de un entorno propicio para la tecnología que también contribuya al bien público. Las regulaciones son parte de esto, al igual que los incentivos y las intervenciones en buenas tecnologías. Más allá del desarrollo de legislaciones y regulaciones, la inversión en las capacidades de los gobiernos para abordar estas tecnologías es clave para garantizar que la IA sea ética.

Contar con las regulaciones correctas es vital, pero son las facultades de los gobiernos y de los funcionarios gubernamentales, y el diseño institucional correcto, lo que determinará su éxito.

En resumen, la UNESCO está convencida de que los marcos regulatorios importan. Deberían lograr un buen equilibrio entre una fuerte protección y al mismo tiempo permitir que florezca la innovación. Necesitamos evitar el abuso y el uso indebido de las tecnologías de inteligencia artificial, por ejemplo, para difundir discursos de odio y desinformación e interferir con los procesos democráticos. Necesitamos promover la diversidad y la inclusión en todo el ciclo de vida del sistema de IA, en particular apoyando la participación de las mujeres y los países en desarrollo. Necesitamos luchar en contra de la monopolización de las tecnologías de IA para garantizar un acceso equitativo y beneficios compartidos. Necesitamos garantizar la transparencia cuando se toman decisiones con IA para aumentar el escrutinio público e incrementar la confianza en la tecnología de la IA.

A primera vista, esto puede parecer un reto insuperable, pero la historia está repleta de ejemplos de la humanidad unida para abordar una cuestión de crítica importancia. Asegurar que la inteligencia artificial sea correcta será otro brillante ejemplo de lo que podemos lograr con una visión compartida y acciones coordinadas. Aquí es donde la Recomendación de la UNESCO sobre la Ética de la IA entra en juego como un elemento esencial: un plan para un consenso global sobre el “qué”, así como el “cómo” de la regulación ética de esta tecnología revolucionaria.

Estos objetivos son ambiciosos y, para lograrlos, se necesita que toda la comunidad se involucre: que todas las personas y partes interesadas comprendan que ya no es posible mantener separadas la informática y las ciencias sociales y que la ética debe acompañar cualquier desarrollo de la ciencia dura. Los avances en la IA han aclarado que debemos estar unidos para garantizar que los progresos de la tecnología benefician a toda la humanidad.

BIBLIOGRAFÍA

- Aapti Institute and Open Data Institute (2020). Enabling data sharing for social benefit through data trusts. Recuperado de: <https://gpai.ai/projects/data-governance/data-trusts/enabling-data-sharing-for-social-benefit-through-data-trusts.pdf>.
- Abraham, R., Schneider, J. & Brocke, J. (2019). Data governance: A conceptual framework, structured review, and research agenda. *International Journal of Information Management*, 49, 424-438. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2019.07.008>.
- Acemoglu, D., Autor, D. Hazell, J. & Restrepo, P. (2022). Artificial Intelligence and Jobs: Evidence from Online Vacancies. *Journal of Labor Economics*, 40. DOI: <https://doi.org/10.1086/718327>.
- Ameri, M., Schur, L. & Adya, M. et al. (2017). The Disability Employment Puzzle: A Field Experiment on Employer Hiring Behavior. *SAGE Journals ILR Review*, 71(2). DOI: <https://doi.org/10.1177/0019793917717474>.
- Andorno, R. (2022). Human Dignity, Life Sciences Technologies and the Renewed Imperative to Preserve Human Freedom. En: M. lenca, O. Pollicino, L. Liguori, E. Stefanini & R. Andorno, (Coords.), *The Cambridge Handbook of Information Technology, Life Sciences and Human Rights* (273-285). Cambridge: Cambridge University Press.
- Autor, D. (2022). The Labor Market Impact of Technological Change: From Unbridled Enthusiasm to Qualified Optimism to Vast Uncertainty. NBER Working Paper 30074. Cambridge: National Bureau of Economic Research. Recuperado de: <https://www.nber.org/papers/w30074>.
- Barlow, M. (2016). AI and medicine: Data- driven strategies for improving healthcare and saving lives. O'Reilly Media.
- Barnes, E. A., Hurrell, J. W., Ebert Uphoff, I., Anderson, C. & Anderson, D. (2019), Viewing forced climate patterns through an AI lens. *Geophysical Research Letters*, 46(22), 13389-13398.
- Bessen, J., Goos, M., Salomons, A. & van den Berge, W. (2023). What Happens to Workers at Firms that Automate? The Review of Economics and Statistics 2023. DOI: https://doi.org/10.1162/rest_a_01284.
- Bonina, C. & Eaton, B. (2020). Cultivating open government data platform ecosystems through governance: Lessons from Buenos Aires, Mexico City and Montevideo. *Government Information Quarterly*, 37(3), 101479.
- Bosoer, L., Cantero, M., Galariotis, I. & Innerarity, D (2022). Neither fish nor fowl: the challenges of a democratic AI. STG Policy Briefs. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/1814/75047>.
- Center for Democracy and Technology (2020). Algorithm-driven Hiring Tools. Recuperado de: <https://cdt.org/wp-content/uploads/2020/12/Full-Text-Algorithm-driven-Hiring-Tools-Innovative-Recruitment-or-Expedited-Disability-Discrimination.pdf>.
- ChatGPT (s/f). Website. Recuperado de: <https://chat.openai.com/>.
- Cooper, G. (2023). Examining science education in chatgpt: An exploratory study of generative artificial intelligence. *Journal of Science Education and Technology*, 32(3), 444-452.
- Cowls, J., Tsamados, A., Taddeo, M. & Floridi, L. (2021). The AI gambit: leveraging artificial intelligence to combat climate change – opportunities, challenges, and recommendations. *Ai & Society*, 1-25.
- De Laat, P. (2021). Companies Committed to Responsible AI: From Principles towards Implementation and Regulation? *Philos. Technol.*, 34, 1135–1193. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13347-021-00474-3>.
- Dhar, P. (2020). The carbon impact of artificial intelligence. *Nat Mach Intell* 2, 423–425. DOI: <https://doi.org/10.1038/s42256-020-0219-9>.
- Eloundou, T., Manning, S., Mishkin, P. & Rock, D. (2023). GPTs are GPTs: An Early Look at the Labor Market Impact Potential of Large Language Models.
- Enoch, E. (2022). Will Chat GPT Replace Your Job As a Programmer? CodeX. Recuperado de: <https://medium.com/codex/will-chat-gpt-replace-your-job-as-a-programmer-3492ad2cf449>.
- European Commission (2018). The European Commission's high-level expert group on artificial. A Definition of AI: main capabilities

and scientific disciplines. Recuperado de: https://ec.europa.eu/futurium/en/system/files/ged/ai_hleg_definition_of_ai_18_december_1.pdf.

European Parliament (s/f). Artificial Intelligence Act. Recuperado de: [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2021/698792/EPRS_BRI\(2021\)698792_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2021/698792/EPRS_BRI(2021)698792_EN.pdf).

European Parliament (2023). MEPs ready to negotiate first-ever rules for safe and transparent AI. Recuperado de: <https://www.europarl.europa.eu/news/en/press-room/20230609IPR96212/meps-ready-to-negotiate-first-ever-rules-for-safe-and-transparent-ai>.

Felten, E., Raj, M. & Seamans, R. (2019). The Occupational Impact of Artificial Intelligence: Labor, Skills, and Polarization. Working Paper, NYU Stern School of Business. Recuperado de: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3368605.

Gasser, U. & Almeida, V. A. F. (2017). A Layered Model for AI Governance. *IEEE Internet Computing*, 21(6), 58-62. DOI: 10.1109/MIC.2017.4180835.

Gendron, W. (2023). ChatGPT needs to 'drink' a water bottle's worth of fresh water for every 20 to 50 questions you ask, researchers say. *Business Insider*. Recuperado de: <https://www.businessinsider.com/chatgpt-generative-ai-water-use-environmental-impact-study-2023-4>.

Grundke, R., Marcolin, L., Nguyen, T. & Squicciarini, M. (2018). Which skills for the digital era? Returns to skills analysis. DOI: 10.1787/9a9479b5-en.

Guo, J. & Li, B. (2018). The application of medical artificial intelligence technology in rural areas of developing countries. *Health equity*, 2(1), 174-181.

Hashem, I. & Yaqoob, I., Anuar, N., Mokhtar, S., Gani, A. & Khan, S. (2014). The rise of "Big Data" on cloud computing: Review and open research issues. *Information Systems*, 47, 98-115. DOI: 10.1016/j.is.2014.07.006.

Henderson, P., Hu, J., Romoff, J., Brunskill, E., Jurafsky, D. & Pineau, J. (2020). Towards the systematic reporting of the energy and carbon footprints of machine learning. *Journal of Machine Learning Research*, 21(248), 1-43.

Hurlburt, G. (2023). What If Ethics Got in the Way of Generative AI? *IT Professional*, 25(2), 4-6.

International Bioethics Committee (2022). Ethical issues of neurotechnology: report, adopted in December 2021. Recuperado de: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000383559>.

Javaid, M., Haleem, A., Rab, S., Singh, R. & Suman, R. (2021). Sensors for daily life: A review. *Sensors International*. 2, 100121. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sintl.2021.100121>.

Karmarkar, U. R. & Yoon, C. (2016). Consumer neuroscience: advances in understanding consumer psychology. *Current Opinion in Psychology*, 10, 160-165. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.copsyc.2016.01.010>.

Lambrecht, A. & Tucker, C. E. (2019). Algorithmic bias? An empirical study into apparent gender-based discrimination in the display of STEM career ads. *Management Science*, 65(7), 2966-2981.

Lane, M. & Saint-Martin, A. (2021). The impact of Artificial Intelligence on the labour market: What do we know so far? *OECD*

Social, Employment and Migration Working Papers, 256. Paris: OECD Publishing. DOI: <https://doi.org/10.1787/7c895724-en>.

Li, P., Yang, J., Islam, M. A. & Ren, S. (2023). Making AI Less "Thirsty": Uncovering and Addressing the Secret Water Footprint of AI Models. *ArXiv preprint*. Recuperado de: <https://arxiv.org/abs/2304.03271>.

Li, V. Q. T. et al. (2022). COVID-19, policy change, and post-pandemic data governance: a case analysis of contact tracing applications in East Asia. *Policy and Society*, 41(1), 129-142. DOI: <https://doi.org/10.1093/polsoc/puab019>.

Ligozat, A. L., Lefevre, J., Bugeau, A. & Combaz, J. (2022). Unraveling the hidden environmental impacts of AI solutions for environment life cycle assessment of AI solutions. *Sustainability*, 14(9), 51-72.

Maarten, G. (2023). The Impact of AI on Work. Recuperado de: <https://sites.bu.edu/tpri/2023/05/01/the-impact-of-ai-on-work/>.

Martí, J. L. (2021). New Technologies at the Service of Deliberative Democracy. En G. Amato, B. Barbisan & C. Pinelli (Eds.), *Rule of Law vs Majoritarian Democracy* (199-220). Nueva York: Bloomsbury.

Martín, L., Sánchez, L., Lanza, J. & Sotres, P. (2023). Development and evaluation of Artificial Intelligence techniques for IoT data quality assessment and curation. *Internet of Things*, 22. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.iot.2023.100779>.

Maslej, N. et al. (2023). The AI Index 2023 Annual Report. Stanford: Stanford University. Recuperado de: https://aiindex.stanford.edu/wp-content/uploads/2023/04/HAI_AI-Index-Report_2023.pdf.

McGuffie, K. & Newhouse, A. (2020). The Radicalization Risks of GPT-3 and Advanced Neural Language Models. *arXiv*. Recuperado de: <http://arxiv.org/abs/2009.06807>.

Mittelstadt, B. (2019). Principles alone cannot guarantee ethical AI. *Nat Mach Intell*, 1, 501-507. DOI: <https://doi.org/10.1038/s42256-019-0114-4>.

OCDE (s/f). AI-Principles Overview-OECD.AI. OECD.AI Policy Observatory. Recuperado de: <https://oecd.ai/en/ai-principles>.

Park, J., Bernstein, M., Brewer, R., Kamar, E. & Morris, M. (2021). Understanding the Representation and Representativeness of Age in AI Data Sets. *Proceedings of the 2021 AAAI/ACM Conference on AI, Ethics, and Society (AIES 21)* (834-842). Nueva York: Association for Computing Machinery. DOI: <https://doi.org/10.1145/3461702.3462590>.

Parker, M. J., Fraser, C., Abeler-Dörner, L. & Bonsall, D. (2020). Ethics of instantaneous contact tracing using mobile phone apps in the control of the COVID-19 pandemic. *Journal of Medical Ethics*, 46(7), 427-431.

Patterson, D., Gonzalez, J., Le, Q., Liang, C., Munguia, L.-M., Rothchild, D., So, D., Texier, M. & Dean, J. (2021). Carbon emissions and large neural network training. *arXiv.org*. Recuperado de: <https://arxiv.org/abs/2104.10350>.

Quach, S., Thaichon, P. & Martin, K. D. et al. (2022). Digital technologies: tensions in privacy and data. *J. of the Acad. Mark. Sci.*, 50, 1299-1323. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11747-022-00845-y>.

- Samek, L. & Squicciarini, M. (2023). AI Human Capital, Jobs and Skills. En F. P. Appio, D. La Torre, F. Lazzeri, H. Masri & F. Schiavone (Eds.), *Impact of Artificial Intelligence in Business and Society: Opportunities and Challenges*. Routledge. DOI: <https://doi.org/10.4324/9781003304616>.
- Samek, L., Squicciarini, M. & Cammeraat, E. (2021). The human capital behind AI: Jobs and skills demand from online job postings. OECD Science, Technology and Industry Policy Papers, 120. Paris: OECD Publishing. DOI <https://doi.org/10.1787/2e278150-en>.
- Shear, M. D., Kang, C. & Sanger, D. E. (2023, July 21). Pressured by Biden, A.I. companies agree to guardrails on new tools. The New York Times. Recuperado de: <https://www.nytimes.com/2023/07/21/us/politics/ai-regulation-biden.html>.
- Strubell, E., Ganesh, A. & McCallum, A. (2019). Energy and Policy Considerations for Deep Learning in NLP. University of Massachusetts Amherst. Recuperado de: <https://arxiv.org/pdf/1906.02243.pdf>.
- Strubell, E., Ganesh, A. & McCallum, A. (2020). Energy and policy considerations for modern deep learning research.
- The Economist Intelligence Unit (2020). Staying ahead of the curve. The business case for responsible AI. Recuperado de: <https://www.eiu.com/n/staying-ahead-of-the-curve-the-business-case-for-responsible-ai/>.
- Tomasev, N., Maynard, J. L. & Gabriel, I. (2022). Manifestations of Xenophobia in AI systems. arXiv preprint. DOI: arXiv:2212.07877.
- Tracy, R. (2023). Biden administration developing National AI strategy. The Wall Street Journal. Recuperado de: <https://www.wsj.com/articles/biden-administration-developing-national-ai-strategy-ee22b44e>.
- UNESCO (s/f). I'd blush if I could: closing gender divides in digital skills through education. Recuperado de: <https://en.unesco.org/ld-blush-if-i-could>.
- UNESCO (s/f). Ibero-America Business Council for Ethics of Ai. Recuperado de: <https://www.unesco.org/en/artificial-intelligence/ibero-america-network>.
- UNESCO (2020). Artificial Intelligence Gender Equality. Key findings of UNESCO's Global Dialogue.
- UNESCO (2022). Recommendation on the Ethics of Artificial Intelligence. SHS/BIO/PI/2021/1. 2022. Recuperado de: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000381137>.
- UNESCO (2023). Foundation models such as ChatGPT through the prism of the UNESCO Recommendation on the Ethics of Artificial Intelligence. Recuperado de: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000385629>.
- UNESCO (2023). Unveiling the neurotechnology landscape scientific advancements innovations and major trends.
- UNESCO & EQUALS Skills Coalition (2019). GEN/2019/EQUALS/1 REV. 2019. Recuperado de: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000367416.page=1>.
- UNESCO & IBC (2021). Report of the International Bioethics Committee of UNESCO (IBC) on the ethical issues of neurotechnology. París: UNESCO. Recuperado de: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000378724>.
- UNESCO, OCDE & IDB (2022). The Effects of AI on the Working Lives of Women. Recuperado de: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000380861>.
- UNESCO, University of Milan-Bicocca, State University of New York & Downstate Health Sciences University (2023). The risks and challenges of neurotechnologies for human rights. Recuperado de: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000384185>.
- Van Wynsberghe, A. (2021). Sustainable AI: AI for sustainability and the sustainability of AI. AI and Ethics, 1(3), 213-218.
- Wach, K. *et al.* (2023). The dark side of generative artificial intelligence: A critical analysis of controversies and risks of ChatGPT. Entrepreneurial Business and Economics Review, 11(2), 7-24.
- Webb, M. (2020). The Impact of Artificial Intelligence on the Labor Market. Working Paper. Stanford: Stanford University. Recuperado de: https://www.michaelwebb.co/webb_ai.pdf.
- Whittlestone, J. & Clarke, S. (2022). AI challenges for society and ethics. arXiv preprint. DOI: arXiv:2206.11068.
- World Bank (2021). World Development Report 2021: Data for Better Lives. World Bank Publications.
- World Economic Forum (2020). Global Gender Gap Report 2020. Recuperado de: https://www3.weforum.org/docs/WEF_GGGR_2020.pdf.
- Wu, C. J. *et al.* (2022). Sustainable ai: Environmental implications, challenges and opportunities. Proceedings of Machine Learning and Systems, 4, 795-813.
- Zhang, D., Mishra, S., Brynjolfsson, E., Etchemendy, J., Ganguli, D., Grosz, B., Lyons, T., Manyika, J., Niebles, J. C., Sellitto, M., Shoham, Y., Clark, J. & Perrault, R. (2021). The AI Index 2021 Annual Report. Stanford: Stanford University.

2.5. INTELIGENCIA ARTIFICIAL: PISTAS PARA ENTENDER SU REVOLUCIÓN EN EL ENTRAMADO TECNO-PRODUCTIVO

GUILLERMO ANLLÓ *

73

Toda revolución tecnológica trae asociada, en sus inicios, una etapa de ilusión y fantasía. La incertidumbre sobre su alcance e impacto despierta tantos discursos fatalistas como ideas salvadoras. Así, en la etapa de difusión e implantación de un nuevo paradigma tecnológico, surgen especulaciones sobre el futuro del empleo y la calidad de vida, junto con oportunidades para realizar apuestas e inversiones vinculadas a la nueva tecnología (Pérez, 2010). A su vez, también se ha escrito que, para que una nueva tecnología constituya una revolución o cambio de paradigma tecnoproductivo, la misma debe cruzar y afectar a todos los sectores productivos y las costumbres y los ámbitos de interacción social.

La inteligencia artificial (IA) no escapa a este fenómeno, sino que redobla la apuesta y supera a cualquier otra tecnología previa. A continuación, repasaremos cómo efectivamente se verifica el impacto y potencial desarrollo de la IA en diversos sectores productivos. En cualquier caso, para verificar el impacto de la IA en el sector productivo, es necesario que las empresas la adopten masivamente a lo largo del mundo, lo que implicaría verificar innovaciones de proceso y producto, además de, sobre todo, innovaciones de organización asociadas al uso y sistematización de la información al interior de las empresas.¹ A pesar de existir ejemplos del avance de la IA en la mayoría de las ramas de la producción, con promesas de ganancias en la productividad, también se verifica una lenta adopción masiva de la misma.

Seguidamente, repasaremos las perspectivas sobre el empleo del uso de la IA en la producción, para pasar a repasar los riesgos e incertidumbres que despierta esta revolución tecnoproductiva que la hacen, aparentemente, distinta a todas las anteriores. No podemos dejar de decir que varios de los y las analistas tecnológicos y referentes en la materia señalan que esta revolución no es como las previas. Destacan que presenta ciertas características que la hacen especial, abriendo un escenario desconocido en todas las áreas de la vida, encendiendo las alarmas acerca de que la humanidad abrió la puerta para que su voluntad de elección sea hackeada. En el ámbito de la producción, particularmente, algunas personas sostienen, incluso, que constituye un nuevo factor de producción.

1. PRIMERAS EVIDENCIAS DEL IMPACTO DE LA IA EN LA INNOVACIÓN PRODUCTIVA

Un relevamiento periódico realizado a 1000 personas con cargos ejecutivos innovadores realizado por el Boston Consulting Group² da lugar al ranking de las empresas más innovadoras del año. El ejercicio señala varios datos interesantes en relación a la innovación privada y el impacto de la IA. Primero, que en diez años los dos sectores dominantes siguen siendo los mismos y mantienen su participación relativa: empresas tecnológicas y de transporte y energía. Segundo, que es notable el crecimiento dentro del ranking del sector salud y el de

* Especialista Regional del Programa

Políticas de Ciencia, Tecnología e Innovación de la Oficina Regional de Ciencias para América Latina y el Caribe de la UNESCO

1. Más información en: <https://www.infobae.com/economist/2023/07/17/su-empresa-probablemente-no-esta-preparada-para-la-inteligencia-artificial/>.

2. El relevamiento se realiza en base a cuatro dimensiones: i) mentalidad global: número de votos recibidos de todos los ejecutivos de innovación globales; ii) opinión de los homólogos del sector: el número de votos recibidos de los ejecutivos del sector de la propia empresa; iii) disrupción industrial: índice de diversidad (Herfindahl-Hirschman) de los votos en los distintos sectores; y iv) creación de valor: rentabilidad total para el accionista, incluidas las recompras de acciones, durante el periodo de tres años comprendido entre enero de 2020 y diciembre de 2022. Más información en: <https://www.visualcapitalist.com/most-innovative-companies-2023/>.

telecomunicaciones -sectores donde la IA ha tenido fuerte penetración-, y la caída de los sectores de consumo de bienes y servicios, financiero y químico. Tercero, la predominancia de las empresas estadounidenses -principal potencia en el desarrollo de la IA-: la mitad de las primeras 50 empresas son de ese país, con 15 entre las primeras 20 y las seis primeras del ranking pertenecientes a los Estados Unidos.

¿Cuál es la relación entre este ranking y la inteligencia artificial? Las primeras diez empresas se componen de las cuatro grandes de la informática -al tope-, tres vinculadas fuertemente a las telecomunicaciones, dos del sector automotor y una del sector salud. En todas, la IA juega un rol determinante, ya sea por el uso o por su desarrollo. Es decir, las empresas que lideran el ranking de innovación global se vinculan con la IA, de una u otra manera. Las cuatro informáticas son responsables por los principales desarrollos de IA; la empresa que se cuela entre ellas en el top cinco es una automotriz que explora el desarrollo tanto de autos eléctricos como sin conductor, ambas cuestiones relacionadas con el avance de la IA, la misma reflexión que cabe para la otra automotriz presente en el top diez. En las telecomunicaciones, la generación de datos y el desarrollo de la telefonía móvil y las aplicaciones también se encuentran vinculados a la IA. La restante pertenece al sector salud: si bien podría ser visto como el más lejano, se vincula a desarrollos que cada vez más se basan en el uso de IA, como ser las vacunas en base a ARN mensajero, cuyo desarrollo y avance depende del uso de la IA.³

Es decir, la IA constituye una plataforma tecnológica (Proskuryakova *et al.*, 2017) que permite originar innovaciones en todos los sectores productivos; así, se constituye en un nuevo paradigma tecnoproductivo que cruza a todas las áreas de la producción. De qué forma lo hace es lo que vamos a procurar explorar más adelante.

2. LA IA COMO UN NUEVO FACTOR DE PRODUCCIÓN

El número 44 de la revista *Integración & Comercio* se dedicó a analizar las perspectivas de la IA para la región. Allí se planteaba: “La inteligencia artificial (IA) es más que una nueva ola de tecnología. Es un híbrido único de capital y trabajo, que crea una fuerza productiva completamente novedosa, con capacidad de autoaprendizaje” (Esteveordal *et al.*, 2018). Es decir, más que una tecnología que potencia al trabajo o al capital, como factores de producción, sería un nuevo factor que añadir a la ecuación productiva. Con eso en mente, en 2018 advertía lo que cada día se fue afirmando: si bien

las perspectivas a futuro señalaban que la región podría aprovechar la IA para incrementar su producto, lo haría de forma menor que el mundo desarrollado, ampliando la brecha existente.

Se sabe que el impacto de toda innovación depende de su capacidad de difusión y adopción por parte del conjunto de la sociedad (Geroski, 2000). Es decir, a mayor difusión, mayor productividad derivada de la adopción tecnológica. A lo largo de la historia pudimos observar como la electricidad se extendió más rápidamente que los tractores; la informática personal en la oficina tardó solo un par de décadas en superar el umbral del 50% de adopción, e internet se extendió aún más rápido. Durante el siglo XX, la adopción por parte del sector productivo de las nuevas tecnologías contribuyó a impulsar el crecimiento de la productividad. Sin embargo, no existen evidencias conclusivas sobre si lo que se acelera es la adopción de productos o la de la tecnología (Stremersch, Muller & Peres, 2010). En este siglo existen evidencias de una menor adopción por parte del sector productivo de los avances técnicos, a pesar de su rápida difusión social.⁴

Por lo tanto, se puede afirmar que, como con cualquier otra tecnología, el impacto económico de la inteligencia artificial depende del grado de adopción que se haga de ella. Para el caso de la IA, se tiene poca información aún para poder determinar tanto la adopción como el impacto, que varían de sector en sector productivo. Los costos de adopción, la falta de capacidades de absorción y la diferencia de tamaño entre sectores hacen pensar que la IA será adoptada de forma diversa, generando brechas más amplias y un tejido productivo más desigual. Sin dudas, es una tecnología que está penetrando rápidamente en la sociedad, pero no es tan claro cuán preparadas están las empresas para este cambio.⁵

Si acordamos con la idea de la IA como plataforma para un nuevo paradigma tecnoeconómico, es válido interrogarse entonces acerca de dónde estarán las fuentes de un nuevo crecimiento. Para Ovanessoff y Plastino (2018, p. 10), “los economistas clasifican al capital y al trabajo como los factores de producción tradicionales que motorizan la expansión. El crecimiento se produce cuando se incrementan el stock de capital o el de trabajo, o cuando se los utiliza más productivamente. Los economistas siempre han pensado en las nuevas tecnologías como impulsores del crecimiento a través de su capacidad de aumentar la Productividad Total de los Factores (PTF). No obstante, la IA tiene potencial para convertirse no solo en otro impulsor de la PTF, sino en un nuevo factor de producción en sí mismo. La clave está en darse cuenta de que la IA es mucho más que simplemente una nueva ola de tecnología.

3. En un artículo de mayo de 2023 publicado por *Nature*, se remarca como una notable herramienta de inteligencia artificial diseña vacunas de ARNm más potentes y estables. Más información en: <https://www.nature.com/articles/d41586-023-01487-y>.

4. Según un artículo de prensa, “en 2020 solo el 1,6% de las empresas estadounidenses emplearán el aprendizaje automático. En el sector manufacturero estadounidense, solo el 6,7% de las empresas utilizan la impresión 3D. Solo el 25% de los flujos de trabajo empresariales están en la nube, una cifra que no se ha movido en media década”. Más información en: <https://www.infobae.com/economist/2023/07/17/su-empresa-probablemente-no-esta-preparada-para-la-inteligencia-artificial/>.

5. Más información en: <https://www.infobae.com/economist/2023/07/17/su-empresa-probablemente-no-esta-preparada-para-la-inteligencia-artificial/>.

Es un híbrido único de capital y trabajo”. Si lo que estos autores plantean fuera así, entonces estaríamos frente a un nuevo tipo de revolución tecno-productiva, una que no solo cambiará la forma de producción y sus impactos socioinstitucionales, sino una que modificará la relación de factores en la ecuación productiva, lo que presentará derivaciones sociales a partir de replantear la retribución a esos factores. Esta posibilidad debería ser mejor estudiada, pero aún carecemos de suficiente evidencia para determinar si el impacto sobre los factores de producción -capital y trabajo- es semejante al de anteriores disrupciones tecnológicas, modificando su peso en la función productiva, o si es un factor independiente que se agrega a la ecuación, desplazando a los otros dos.

3. IMPACTO DE IA EN DIFERENTES SECTORES PRODUCTIVOS

En base a lo que se sabe hoy, ¿cómo será el impacto de la IA en la producción? Aún estamos en una etapa muy temprana como para poder aseverar el escenario futuro y sacar conclusiones. Cómo mencionamos, la adopción por parte de las empresas de la IA es lenta. Lo que sí podemos hacer es mostrar algunos de los avances e impactos que están sucediendo en diversas áreas de la producción y que nos permiten imaginar posibles derivaciones del avance en la adopción de esta tecnología.

3.1. Industrias de base biológica

Las industrias de base biológica van desde aquellas orientadas a las ciencias de la salud y el cuidado personal, hasta las vinculadas a la producción de alimentos y la nutrición, la elaboración de biomateriales y el cuidado del medio ambiente. En general, sus innovaciones más recientes estuvieron vinculadas al desarrollo de las biociencias como herramienta clave para optimizar el sistema alimentario mundial, atender la escasez de recursos y abordar el cambio climático. A su vez, las biociencias se vieron potenciadas por la IA, por ejemplo, a partir de aplicar *machine learning* en bioingeniería para la identificación automática de patologías en imágenes de resonancia magnética y la predicción de la estructura y función de proteínas a partir de sus secuencias de aminoácidos.

Diversas situaciones dan cuenta del avance de las ciencias biológicas de la mano de los algoritmos, que se utilizan para analizar grandes conjuntos de datos biomédicos -imágenes médicas, registros de señales biológicas y datos genómicos, entre otros-, y desarrollar modelos predictivos para diagnosticar enfermedades, predecir resultados de

tratamientos y mejorar la toma de decisiones clínicas, entre muchas otras cosas.⁶ Por ejemplo, la aplicación de IA en biociencias para modelar comportamientos biológicos y avanzar en experimentación computacional de la mano de la bioinformática. Un laboratorio de Osaka, por caso, aplicó IA para acelerar y mejorar “el éxito de reconfigurar sustancialmente el modo de acción específico de una enzima, sin alterar fundamentalmente la función de la enzima”.⁷ Estos avances podrán ser aplicados tanto en la industria farmacéutica como en la generación de biocombustibles.⁸

Otra muestra de la relevancia del uso de IA para las biociencias fue el anuncio, en enero del 2021, de la creación del primer laboratorio de IA para biociencias de Europa, cuya misión es acercar la IA a la biofabricación a gran escala, desde el desarrollo de cepas microbianas hasta la optimización y programación de procesos, procurando reducir el tiempo dedicado a los ciclos de innovación, desde la creación de prototipos hasta el escalado y la comercialización, para acelerar los procesos mediante IA.⁹ Y estos ejemplos se van ampliando. Es decir, la biología, de la mano de la IA, se aplica cada vez más a los procesos productivos al ser manipulada como cualquier otro bien de capital asociado a la función de producción de una industria. Así se observan inversiones e impactos diversos en las industrias tradicionalmente asociadas a lo biológico, como la agroindustria, la farmacéutica y la salud, que estaremos repasando a continuación.

3.2. Agroindustria

Dos grandes tendencias en las que se desarrolla el devenir de la humanidad impactan directamente sobre la producción agrícola: el crecimiento demográfico y el cambio climático. Por un lado, las proyecciones realizadas plantean que la población mundial llegará a los 8.500 millones de habitantes en 2030 y a los 9.700 millones en 2050, para alcanzar una población estable en 10.400 millones en 2100.¹⁰ Por el otro, las consecuencias del cambio climático están modificando las condiciones ambientales en las cuales se llevan adelante las actividades agrícolas, lo que obligará a mover fronteras, cambiar regímenes de lluvia y reubicar poblaciones.

Atender las necesidades alimenticias de esa población en aumento, con un entorno cambiante, exige mejorar las tecnologías agrícolas, y ser más precisos en su actividad y esto además debe hacerse de un modo seguro. La inteligencia artificial se presenta como una herramienta clave para ayudar a la agricultura a adaptarse a los efectos del cambio climático y mitigar sus impactos. Al aprovechar la IA, quienes desarrollan la agricultura pueden, por

6. Más información en: <https://noticias.usal.edu.ar/es/inteligencia-artificial-aplicada-la-bioingenieria-y-bioinformatica>.

7. Más información en: <https://actualidad.rt.com/actualidad/447018-inteligencia-artificial-facilita-trabajo-ingenieria-enzimas>.

8. Según un artículo, estos “requieren ajustar cuidadosamente la versatilidad de las enzimas a diferentes entornos bioquímicos, incluso en ausencia de estructuras cristalinas de enzimas correspondientes”. Más información en: <https://actualidad.rt.com/actualidad/447018-inteligencia-artificial-facilita-trabajo-ingenieria-enzimas>.

9. Más información en: <https://www.bioeconomia.info/2021/01/28/crean-el-primer-laboratorio-de-inteligencia-artificial-para-biociencias-de-europa/>.

10. Más información en: <https://www.un.org/es/global-issues/population#:~:text=Est%C3%A1%20previsto%20que%20la%20poblaci%C3%B3n,y%2010.400%20millones%20en%202100>.

ejemplo, tomar decisiones informadas basadas en datos y anticiparse a los fenómenos o cambios climáticos.

Como plantean varios estudios, la agricultura aplica la automatización y la precisión en sus prácticas para optimizar la producción (tecnologías de orientación y detección, cartografía de cultivos, analítica y otras tecnologías basadas en datos), a lo largo de todo el ciclo agrícola. Con la IA ha sido posible la predicción y la reacción rápida ante situaciones agrícolas impredecibles.¹¹

También se observa una tendencia creciente hacia la automatización de procesos en la agricultura, con los robots agrícolas con más protagonismo en la producción de alimentos. La IA permite identificar y alcanzar una velocidad que supera la capacidad humana al mismo tiempo que, gracias a la automatización, las acciones agrícolas pueden ser consistentes y precisas a gran escala.¹² Por ejemplo, se están desarrollando soluciones con mayores grados de eficiencia y optimización a partir de sistemas de inteligencia artificial para la detección de ciertos productos y lecturas de precisión, acompañados de equipos de navegación autónoma combinados con robótica colaborativa.¹³ De esta forma, estas nuevas modalidades de producción agrícola son más productivas y eficientes, y a la vez mucho menos demandantes de trabajo humano.

3.3. Servicios de salud

Con Estados Unidos y China a la cabeza, se estima que la inversión global en IA se ha incrementado en un 108% respecto al año anterior. De esta cantidad, el 18% corresponde al cuidado de la salud.¹⁴ Según un artículo publicado por la Corporación Andina de Fomento (CAF), se estima que las inversiones en IA a nivel global en salud en 2025 se acercarán a los 36 mil millones de dólares, lo que sería un 50% más que lo invertido en 2018. Allí el autor trae a colación las ventajas del uso de la IA en la salud: automatización de tareas, mayor eficiencia en la atención médica -a través de una mejor planificación, diagnóstico y capacidad de pronóstico- y posibilidad de realizar atención remota, mediante la telemedicina. Para el artículo, los desafíos para avanzar se concentran en invertir en infraestructura, contar con una regulación adecuada, y la educación del personal de salud y los y las pacientes para operar con las nuevas modalidades de provisión del servicio.¹⁵

Existe un creciente y amplio listado de impactos que la IA está generando en el sector salud, que van desde detectar patrones a partir de datos biométricos, hasta la segmentación de pacientes, procurando aplicar tratamientos pertinentes con mayor velocidad,¹⁶ pasando por la optimización de procedimientos y recursos a partir de reducir el número de visitas presenciales y un seguimiento a distancia, o facilitando diagnósticos de imágenes más precisos, entre otros.

Recientemente un grupo de investigadores de Google publicó en Nature los resultados del modelo de inteligencia artificial generativa que desarrollaron y que se alimenta de grandes bases de datos y organiza esa información para dar respuestas a las consultas humanas sobre salud. Según el artículo, en solo tres meses las respuestas generadas por su modelo pasaron de apenas aprobado a “nivel experto” en los tests que miden su capacidad de respuesta a estas cuestiones. Según un panel de personas expertas, las respuestas coincidían en un 92,9% con el consenso científico, ligeramente mejor que lo que suele dar la muestra de las respuestas dadas por médicos o médicas humanas.¹⁷

Este no sería el único caso. Frecuentemente vemos en la prensa artículos que nos cuentan sobre el avance y uso de la IA para la determinación del origen de tumores, así como también para el desarrollo de nuevos medicamentos para su tratamiento, o de la posibilidad que ha dado el tratamiento de diagnósticos tempranos a través del análisis de imágenes, o cómo se podría hacer más rápido el diagnóstico de la insuficiencia cardíaca.^{18 19} Estos casos muestran la revolución que la provisión de servicios de salud y la “industria de la salud” están transitando a partir de la IA.

Sin dudas, todo ese horizonte de posibilidades que abre el uso de la IA para la industria de servicios médicos también plantea una reorganización completa de lo que hasta la fecha conocemos como los servicios de salud. Pensemos sin ir más lejos en lo que se conoce como “relación profesional-paciente”, los procesos de consentimiento informado, el principio de autonomía, los debates éticos en salud, entre muchos otros aspectos fundamentales. Todo ello también se está revolucionando como consecuencia de la IA. Algunos posibles escenarios futuros hablan de pasar de la medicina tradicional actual a

11. “En 2019, la IA ya generó un ingreso de 1091,9 millones de dólares en el mercado de la agricultura y se prevé que alcance los 3807,3 millones de dólares hasta el 2024”. Más información: <https://opia.fia.cl/601/w3-article-116120.html>.

12. “Las empresas como John Deere, que utilizan la IA y el aprendizaje automático en sus equipos, están ayudando a los agricultores a tener más éxito en sus cosechas y reducir el impacto en la tierra y el medio ambiente”. Más información en: <https://opia.fia.cl/601/w3-article-116120.html>.

13. Más información en: <https://www.ainia.es/ainia-news/inteligencia-artificial-herramienta-desafios-agricultura/>.

14. Más información en: <https://utec.edu.pe/blog-de-carreras/bioingenieria/el-negocio-de-la-inteligencia-artificial-ia-en-la-industria-de-los-farmacos>.

15. Más información en: <https://www.caf.com/es/conocimiento/visiones/2021/09/como-puede-la-inteligencia-artificial-mejorar-la-salud-de-los-latinoamericanos/>.

16. Más información en: <https://stayrelevant.globant.com/es/technology/data-ai/ia-pharma-papel-inteligencia-artificial-medicamentos-futuro/>.

17. Más información en: <https://elpais.com/salud-y-bienestar/2023-07-13/la-inteligencia-artificial-acierta-como-medicos-de-elite-en-algunas-cuestiones-de-salud.html>.

18. Más información en: <https://www.infobae.com/americaciencia-americaciencia/2023/08/14/estudian-un-modelo-de-inteligencia-artificial-que-ayuda-a-determinar-el-origen-de-los-tumores/>.

19. Más información en: <https://www.infobae.com/americaciencia-americaciencia/2023/09/07/con-inteligencia-artificial-el-diagnostico-de-la-insuficiencia-cardiaca-se-podria-hacer-mas-rapido/>.

sistemas preventivos, a partir de un monitoreo permanente asociado a nuestra generación de datos continua. Lo que va desde la medición que ya generan nuestros dispositivos electrónicos -básicamente, los teléfonos inteligentes- hasta el desarrollo de nuevos aparatos -externos o internos- a partir de incorporaciones subcutáneas.²⁰

Sin embargo, las dudas y riesgos son muchos. En particular, el uso que se haga de la información privada, y muchas veces sensible, y los retrocesos que pueden generarse en materia de autonomía, así como los sesgos que se pueden aplicar para campañas de prevención o control social.²¹

3.4. Industria farmacéutica

Compañías farmacéuticas alrededor del mundo están invirtiendo miles de millones de dólares en tecnologías de IA. Por ejemplo, durante 2021, Roivant Sciences, una compañía farmacéutica con base en Suiza, compró por 450 millones Silicon Therapeutics, una compañía que usa IA, métodos cuánticos y simulaciones. También se puede mencionar que, Generate Biomedicines, una compañía que combina IA y terapias de proteínas, obtuvo inversiones de 370 millones.²² Pero no solo compañías del mundo farmacéutico están apostando al uso de la IA en el sector. Deepmind, parte de Alphabet Inc., la compañía matriz de Google, lanzó AlphaFold, un sistema informático basado en IA para detectar nuevas moléculas terapéuticas al ser capaz de predecir estructuras de proteínas, con resoluciones comparables a las obtenidas experimentalmente. Pero, ¿por qué este interés en IA por parte del sector farmacéutico? El desarrollo de un nuevo medicamento requiere grandes inversiones de recursos humanos, financieros y tiempo, todos componentes que atentan contra cualquier apuesta innovadora, la incertidumbre que esta conlleva y las necesidades urgentes que se presentan, como se pudo ver con la pandemia de COVID-19.²³

La obtención de un nuevo medicamento listo para salir al mercado puede demandar hasta 12 años y costar entre casi 2 y 3 mil millones de dólares.²⁴ La IA contribuye a agilizar el descubrimiento y desarrollo de fármacos al disminuir costes de investigación y porcentaje de fracasos en ensayos clínicos, permitiendo realizar la investigación en modelos computacionales, acelerando etapas de laboratorio al reducir a algunos meses etapas que pueden demandar varios años.²⁵

En las primeras fases del descubrimiento del medicamento, la IA también facilita el análisis de ensayos celulares o la predicción de propiedades fisicoquímicas de compuestos. En este contexto, la inteligencia artificial tiene la capacidad de generar una hipótesis de manera más rápida y acelerar el ensayo clínico de un fármaco. La IA no solo optimiza las primeras fases del proceso, sino que también aporta beneficios en la optimización de la administración de medicamentos, o en el control de calidad.²⁶ A la vez, en el proceso propio de fabricación de los medicamentos, el uso de IA permite mejorar la calidad de los fármacos durante su fabricación, aplicando *deep learning* en el análisis a producto; mejorar la seguridad de los trabajadores, ya que con visión artificial se puede también detectar cualquier riesgo de seguridad ya sea para personas o para el negocio; y optimizar las operaciones industriales y generar una reducción de merma. También podría contribuir a disminuir los riesgos en quienes participan de los ensayos. En la comercialización, gracias al manejo de grandes bases de datos, se pueden establecer patrones de compra y suministro de medicamentos para detectar fraudes y abuso en el mercado farmacéutico, optimizar la cadena de suministro y gestionar la comunicación con su red de clientes con asistentes virtuales y a través de nuevos canales.²⁷

Todos estos avances no están exentos de riesgos y dudas. La seguridad de los datos, la ética en la toma de decisiones al aplicar IA, la complejidad de los sistemas para poder aprovechar la nueva tecnología y la demanda de personal capacitado, son algunos de los desafíos que surgen para poder avanzar con el uso de IA en el sector, y que pueden atentar contra la adopción de la misma.²⁸ Se podría decir, que a la par del sector de salud, la industria farmacéutica también está transitando una revolución. Esto implica renovar los debates, análisis y aspectos que se desarrollan alrededor de toda la producción de un medicamento, así como sus fases de experimentación y prueba. Cabe resaltar que la IA, con sus mejoras, no puede obviar o ignorar los aspectos éticos que igualmente deben cumplirse. Ese equilibrio es también un desafío.

3.5. Industria metalmeccánica

La IA se va incorporando a la producción industrial, contribuyendo a optimizar procesos, prevenir fallas y establecer procesos trazables más eficientes. Así se puede

20. Durante la pandemia, se desarrollaron algoritmos de inteligencia artificial que, a través de la historia de búsqueda en la web y redes sociales, permitía rastrear y predecir el aumento de casos de covid-19 en un territorio con hasta seis semanas de antelación. Más información en: <https://www.agenciasinc.es/Noticias/Tus-busquedas-en-internet-pueden-ayudar-a-predecir-brotes-de-covid>.

21. Más información en: <https://www.wired.com/story/argentina-algoritmo-embarazada-prediccion/>.

22. Más información en: <https://utec.edu.pe/blog-de-carreras/bioingenieria/el-negocio-de-la-inteligencia-artificial-ia-en-la-industria-de-los-farmacos>.

23. Más información en: <https://www.pmfarma.com/articulos/3714-12-usos-de-la-inteligencia-artificial-en-el-sector-farmacayutico.html>.

24. Más información en: <https://stayrelevant.globant.com/es/technology/data-ai/ia-pharma-papel-inteligencia-artificial-medicamentos-futuro/>.

25. "Las proteínas tienen diferentes funciones en nuestro cuerpo: aceleran reacciones metabólicas (enzimas), regulan el paso de moléculas entre la membrana celular (canales y bombas), forman parte de tejidos (colágeno), protegen nuestro cuerpo de patógenos (anticuerpos), etc.". Más información en: <https://utec.edu.pe/blog-de-carreras/bioingenieria/el-negocio-de-la-inteligencia-artificial-ia-en-la-industria-de-los-farmacos>.

26. Más información en: <https://thelogisticsworld.com/innovacion/impacto-de-la-inteligencia-artificial-en-la-industria-farmaceutica/>.

27. Más información en: <https://www.pmfarma.com/articulos/3714-12-usos-de-la-inteligencia-artificial-en-el-sector-farmacayutico.html>.

28. Más información en: <https://thelogisticsworld.com/innovacion/impacto-de-la-inteligencia-artificial-en-la-industria-farmaceutica/>.

observar la incorporación de IA en las etapas de control de calidad, optimización de la cadena de suministro, mantenimiento predictivo y productivo, eficiencia energética, eficiencia productiva (OEE), trazabilidad y seguridad en la planta de producción.²⁹

En mercados como los que conforman las empresas metalmecánicas globalmente, la competencia radica en la eficiencia, asociada a calidad y precisión -vinculada no solo al proceso productivo, sino también a los tiempos y logística de provisión-, que da garantías de cumplimiento. Al mismo tiempo, los procesos de este sector se encuentran cada vez más automatizados, generando enormes volúmenes de datos factibles de ser procesados para una mayor eficiencia. Ambas cuestiones derivan naturalmente en la incorporación de IA en los procesos para una mejora en la eficiencia de producción y provisión.³⁰

La aplicación de *machine learning* y análisis predictivo en la cadena de producción permiten, a partir de los datos generados por sensores asociados al proceso, detectar patrones que predicen fallas antes de que sucedan, guiando así la transformación del modelo hacia procesos más seguros y rentables, alargando la vida útil de los equipos. También permite optar por procesos menos contaminantes, reduciendo desechos y minimizando los desperdicios. Es decir, la aplicación de la IA en la producción metalmecánica supone una disrupción en la manera de hacer las cosas. Estas mejoras en el proceso de producción se verificarán desde la robotización de la mayor parte hasta en las etapas más específicas de soldadura, donde la IA permitirá una parametrización más precisa, el análisis y la selección de materiales de aporte y diseños de juntas y mejorar el control de calidad.³¹

3.6. Industria automotriz

En el caso de la industria automotriz, la IA la ha transformado de varias maneras, desde la fabricación hasta la experiencia de las personas usuarias. Así, como en los demás sectores productivos, se pueden observar tanto innovaciones de proceso, a partir del impacto de la incorporación de IA en la producción con la automatización y robotización de los procesos, como de producto, en el tipo de vehículo que se termina lanzando al mercado, incidiendo así en la relación con el humano. En este último sentido, se observan avances hacia el vehículo autónomo -sin una persona que lo conduzca-, pasando por todas las etapas que conforman al “auto inteligente”, donde la combinación de sensores y algoritmos mejoran la eficiencia, seguridad y calidad de los vehículos.³² Dado que la industria automotriz hace tiempo que en su proceso productivo incorporó la automatización, quizás lo más llamativo comienza a darse en el producto final.

Los automóviles inteligentes han incorporado el uso de sensores y cámaras que alimentan algoritmos de aprendizaje autónomo para la toma de decisiones en la conducción, en línea con la conducción autónoma; elementos de confort administrados por IA a través de incorporar una gama de entretenimientos “a bordo”, aprendiendo las preferencias de las personas, ya sea que conduzcan o sean pasajeras, para una conducción y viaje más cómodo y personalizado; y un mantenimiento predictivo y anticipatorio, a partir del cual, también por sensores e IA, pueda detectar y prevenir fallas anticipadamente, alentando arreglos preventivos de forma similar a lo que está sucediendo en salud humana. Es decir, la IA está incidiendo en la experiencia usuario-vehículo de tal forma que hoy observamos asistentes de voz para controlar los periféricos (música, navegación y otros comandos); alertas de seguridad, a través de los sensores que acompañan la conducción, como ser el frenado automático o el alineamiento con el carril-; navegación inteligente, basada tanto en rutas más eficientes, como en otras preferencias y hábitos de conducción; y comunicación de vehículo a vehículo, salteando la interacción humana en el proceso y proporcionando información en tiempo real sobre las condiciones del tráfico y otros peligros en la carretera.³³

Ahora bien, la mayoría de los CEO del sector ha entendido que el uso de IA en la industria automotriz, como toda oportunidad de progreso tecnológico, es tanto una exigencia como un riesgo.³⁴ En el ámbito de la producción y las innovaciones de proceso, la forma quizás más extendida de aplicación de la IA en los procesos de producción automotriz se verifica mediante el uso de robots (o *cobots*) programados para ensamblar partes del automóvil mediante sensores que detectan el momento exacto en que hay que unir una parte con otra, instalar tornillos en el motor, pintar partes de la carrocería o hacer ajustes en el interior del auto, entre otras operaciones.³⁵ El uso de IA en el ensamblado garantiza mayor precisión, menor margen de error y mayor seguridad, ya que las máquinas no se cansan y están programadas para efectuar tareas monótonas y mecánicas, garantizando mayor calidad, debido a su capacidad superior de ejecutar tareas que exigen mayor sofisticación y exactitud. Todo ello redundará en un aumento de la productividad.³⁶

3.7. Sector servicios

La IA y las grandes bases de datos existentes en la nube facilitan la interacción, colaboración, unificación, recopilación y gestión de enormes volúmenes de datos de múltiples proveedores de servicios, independientemente de la tecnología de terceras personas que utilicen ese servicio. El procesamiento de esos datos permite generar información

29. Más información en: <https://tecnologiaparalaindustria.com/inteligencia-artificial-en-el-sector-industrial-y-manufactura/>.

30. Más información en: <https://institutoasteco.com/asteco/inteligencia-artificial-en-la-metalmeccanica/>.

31. Más información en: <https://institutoasteco.com/asteco/inteligencia-artificial-en-la-metalmeccanica/>.

32. Más información en: <https://mexico.as.com/futbol/como-esta-impactando-la-inteligencia-artificial-en-la-industria-automotriz-n/>.

33. Más información en: <https://thelogisticsworld.com/tecnologia/tendencias-en-inteligencia-artificial-para-el-sector-automotriz/>.

34. Más información en: <https://www.telcel.com/empresas/tendencias/notas/inteligencia-artificial-en-industria-automotriz>.

35. Más información en: <https://www.telcel.com/empresas/tendencias/notas/inteligencia-artificial-en-industria-automotriz>.

36. Más información en: <https://www.telcel.com/empresas/tendencias/notas/inteligencia-artificial-en-industria-automotriz>.

que identifique patrones y conductas de las personas usuarias, mejorando la calidad, precisión y temporalidad de los servicios que se pueden ofrecer, llegando incluso a anticipar la decisión individual. En consecuencia, se puede observar el uso de IA como herramienta para generar el máximo beneficio en diferentes aplicaciones -generación de contenidos, traducción automática o generación de síntesis automática de la información, entre muchas otras- asociadas a la provisión de servicios.

Así es que se verifica, por ejemplo, la aplicación de desarrollos de IA en la atención al cliente de diferentes empresas -básicamente a través de *chatbots*-, cada vez más en el desarrollo de *software* -al generar código automáticamente, acelerando los procesos y reduciendo así las horas necesarias de desarrolladores-, en los servicios de salud -en el diagnóstico, la administración de turnos, la planificación de tratamientos y la investigación médica-, en el sector financiero -para analizar datos financieros y generar informes, previsiones y perspectivas para la toma de decisiones-, en educación - para desarrollar experiencias de aprendizaje personalizadas para estudiantes-, en marketing -permitiendo la creación de contenidos como posts en redes sociales y campañas publicitarias-, en la consultoría jurídica y de gestión -al proporcionar apoyo en la toma de decisiones al analizar rápidamente grandes cantidades de documentos y datos, identificando la información relevante y proporcionando perspectivas útiles-, y en recursos humanos -para el análisis automatizado de solicitudes de empleo e identificar la mejor correspondencia con los perfiles a seleccionar, ayudando en los procesos de contratación-.³⁷ La lista podría continuar extensamente.

Sectores de lo más diversos pueden aprovechar esta posibilidad. Así, por ejemplo, una empresa sueca generó una plataforma con IA para mantener la calefacción en los hogares de forma fiable. Para ello, está digitalizando y automatizando la producción de calefacción urbana para administrar mejor la creciente demanda de la red y optimizar la producción de energía. A partir de la recopilación de datos de energía de toda su red durante varios años, cruzados con otras fuentes de datos -patrones del clima, tiempos de distribución, variables sociales-, pudieron estudiar los patrones de consumo de sus usuarios y optimizar los procesos de producción y distribución de energía.³⁸

Asimismo, en el sector bancario la aplicación de IA posibilita un mejor conocimiento personalizado de sus clientes, lo que puede transformarse en una mejor atención, así como también en una mejora en la seguridad - congelar una tarjeta ante la aparición de un patrón de compras

diferente al habitual-, una optimización de la gestión de créditos -realizando ofertas a medida- y una prevención de la morosidad -de forma tal que fortalezca la institución para prevenir posibles riesgos financieros-, entre otras aplicaciones.³⁹ En contrapartida, la aplicación de IA también puede derivar en cuestiones socialmente complejas, si sus datos no son inclusivos, y no se desarrolló teniendo en cuenta principios éticos, más allá de si existe una debida política de protección de datos. Por ejemplo, el caso de una tarjeta de crédito que daba menos crédito a las mujeres porque las suponía menos solventes.⁴⁰

El uso de IA en el sector servicios permitirá un desarrollo cada vez más rápido de la tecnología y sus paradigmas de aplicación, orientándose a la eficiencia de los procesos y la eficacia y la calidad de los contenidos producidos. Sin embargo, varios interrogantes y desafíos se presentan actualmente ante el avance de esta tecnología, sobre todo de la mano de la incertidumbre sobre el devenir del empleo en el futuro -particularmente el de varias profesiones, las que están manifestando de diferente modo su preocupación-.

Recientemente se ha generado una huelga en la industria del entretenimiento en Estados Unidos, liderada por el Sindicato de Guionistas y el Sindicato de Actores de Estados Unidos. El conflicto entre actores, guionistas y otros profesionales y las grandes productoras de contenido audiovisual fue provocado, en parte, por la inteligencia artificial y su uso en la industria. Este temor se funda en el avance de la IA generativa que aprende de textos e imágenes para producir automáticamente nuevas obras escritas y visuales, lo que podría reemplazarlos en el trabajo.⁴¹ Situaciones como estas se replican en otros ámbitos, con mayor o menor repercusión.

4. EL EMPLEO Y LOS DESAFÍOS DE LA IA

Un informe de 2017 afirmaba que alrededor del 50% del tiempo dedicado a actividades de trabajo humano en la economía global era pasible de ser automatizable, lo que abría un horizonte de cambio laboral que insinuaba la sustitución de trabajo humano por máquinas, haciendo prever que aquellas actividades rutinarias y con poca capacitación o formación previa fueran factibles de ser sustituidas, augurando una creciente brecha entre profesiones (Manyika *et al.*, 2017). Las tareas más creativas y de mayor calificación en principio aparecían resguardadas del avance tecnológico.

Actualmente, la inteligencia artificial generativa, de reciente irrupción masiva, ha despertado una nueva ola de estudios

37. Más información en: <https://leyton.com/es/insights/articles/inteligencia-artificial-uso-aplicaciones-e-impacto-en-el-sector-servicios/>.

38. Más información en: <https://pulse.microsoft.com/es-es/transform-es-es/manufacturing-es-es/fa2-la-sociedad-del-futuro-una-empresa-de-servicios-revoluciona-el-sector-energetico-con-la-inteligencia-artificial/>.

39. Más información en: <https://www.santander.com/es/stories/inteligencia-artificial>.

40. Apple Card, la primera tarjeta de crédito emitida por la conocida marca en colaboración con Goldman Sachs, sufrió la queja de David Heinemeier Hansson, quien criticó abiertamente a Apple después de que él y su esposa fueron aprobados para usar la tarjeta, ya que, a pesar de que ambos tenían un puntaje crediticio idéntico, el límite de gasto de ella era en realidad 20 veces menor. Más información en: <https://www.latimes.com/espanol/eeuu/articulo/2019-11-11/apple-card-sex-prejuicio-algoritmos-new-york-reguladores-goldman-sachs>.

41. Más información en: <https://www.infobae.com/cultura/2023/08/28/como-la-ia-esta-cambiando-el-negocio-del-cine-y-la-television/>.

en base a modelos teóricos que analizan el impacto de la tecnología sobre el empleo del futuro. Por ejemplo, un estudio realizado sobre el impacto de ChatGPT4 en 1.016 ocupaciones que se desarrollan en Estados Unidos plantea que el 19% de los trabajadores puede sufrir una afectación de al menos en el 50% de sus tareas. Lo novedoso pasa porque, en dicho análisis, los trabajos más susceptibles de ser reemplazados serían aquellos que exigen alta formación, como programación o análisis de datos.⁴² Es decir, las perspectivas de cómo afectará el avance tecnológico basado en IA no es todavía muy preciso.

Mustafa Suleyman, fundador del fabricante de *chatbot* *Inflection*, advirtió recientemente de que la IA creará “un gran número de perdedores”, ya que los robots inteligentes dejarían sin trabajo a los profesionales universitarios. Abogados, redactores y programadores son algunos de los que temen que sus funciones se vean alteradas o suplantadas por *chatbots* que ya son capaces de ingerir montones de datos y expresar argumentos razonados.⁴³ Como declara en una nota de prensa un especialista en educación y trabajo del Banco Mundial, “vemos que, en general, las profesiones más afectadas son las mejor pagas y las que requieren mayor nivel de educación. Esto se debe principalmente a la naturaleza de estas tecnologías. No es ya la automatización de un robot en, por ejemplo, la industria automotriz, sino que crean lenguaje, arte, tareas que en general no son manuales e implican altos niveles de formación y creatividad”.⁴⁴

Las perspectivas en el remplazo de puestos de trabajo por IA tendrán impactos dispares sobre la población, pudiendo incrementar inequidades existentes o bien generar nuevas. Así, con la automatización impulsada por la IA, surgen retos aún mayores. Aunque la automatización promete eliminar las ocupaciones manuales peligrosas y sustituir las tareas repetitivas, las investigaciones del Fondo Monetario Internacional y del *Women's Policy Research Institute* han revelado que las mujeres corren un riesgo significativamente mayor que los hombres de ser desplazadas de sus puestos de trabajo debido a la automatización. Según un estudio realizado en Estados Unidos, las mujeres están sobrerrepresentadas en puestos administrativos, cuyo potencial de automatización mediante IA se ha estimado en un 60% en el país. De hecho, la mayoría de los trabajadores que ocupa puestos con alto riesgo de automatización -oficinistas, administrativos, contables y cajeros- son mujeres.

Ante este escenario incierto y un tanto pesimista, un reciente informe de OIT en Argentina plantea que la perspectiva podría variar si se analizan tareas en vez de trabajadores o trabajadoras. En este sentido, se cita la visión teórica relativamente optimista de Acemoglu

y Restrepo, que sugieren que “existe un conjunto de fuerzas potencialmente compensatorias. En primer lugar, indican los autores, la sustitución induce un incremento de la productividad que expande toda la economía, dando lugar a una mayor demanda de mano de obra en tareas no automatizadas (en el propio sector robotizado, o en otros). Segundo, explican, la automatización permite una mayor acumulación de capital (inversión), estimulando la demanda de mano de obra en la producción de los bienes que incorporan conocimiento. En tercer término, se observa que la tecnología opera no solo sobre el factor trabajo sino también sobre el factor capital, haciéndolo más productivo, lo que también presiona al alza la demanda de trabajo. Pero aun asumiendo que estos efectos favorables sobre el empleo son poderosos, la predicción más factible es que la automatización en curso reduciría la participación de los trabajadores en el ingreso nacional”.⁴⁵

Por tanto, la perspectiva laboral y del trabajo en el futuro no resulta muy clara y hace pensar en que habrá una menor demanda, al menos para aquellos trabajos del sector manufacturero, a la par que se estarán creando nuevos puestos de trabajo asociados a la generación de nuevas oportunidades generadas por el nuevo entorno tecnoproductivo de la mano de la IA, como sucedió en las previas revoluciones tecnoproductivas.

5. RIESGOS E INCERTIDUMBRE

La irrupción de la IA como nuevo paradigma tecnoproductivo, si bien enciende ciertas alarmas y promete ganadores y perdedores, no se diferencia significativamente de lo que supuso la máquina a vapor, el motor a combustión o el surgimiento de la informática como revoluciones tecnoproductivas. En todos esos casos, se dio la destrucción creadora explicada por Schumpeter, y se precisó de readecuar los marcos institucionales y regulatorios a las nuevas circunstancias. ¿Cuáles serían, entonces, los riesgos diferenciales de esta tecnología a los que deberíamos prestar mayor atención?

Yuval Noah Harari, historiador y escritor, en su libro *Homosapiens*, plantea que la supremacía de nuestra especie radica básicamente en su capacidad de cooperación en grandes números. La cooperación colectiva de millones de personas por un mismo objetivo sin siquiera conocernos, es lo que nos hace poderosos. Es lo que nos permite producir los bienes y servicios que demandamos, viajar al espacio y avanzar en términos de conocimiento a partir de la cooperación y su transmisión. Continuando con su razonamiento, la cooperación se fundamenta en el lenguaje, la posibilidad de narrarnos historias. El lenguaje nos permite compartir ideas, construir ideales comunes.

42. Más información en: [arXiv:2303.10130](https://arxiv.org/abs/2303.10130) y <https://digitaleconomy.stanford.edu/publications/gpts-are-gpts-an-early-look-at-the-labor-market-impact-potential-of-large-language-models/>.

43. Más información en: <https://www.ft.com/content/4ded4c1d-5e99-42bf-9aa8-ea6e634aa060>.

44. Más información en: <https://www.infobae.com/realidad-aumentada/2023/08/21/y-ahora-que-estudiamos-las-profesiones-que-creamos-a-salvo-son-las-que-mayor-riesgo-corren-ante-la-ia/>.

45. Más información en: https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---americas/---ro-lima/---ilo-buenos_aires/documents/publication/wcms_749337.pdf.

Las historias habilitan que, aún sin vernos, sin conocernos, podamos cooperar, contribuir a una misma causa, sentirnos partes de una comunidad. Así, podemos integrar religiones, ser miembros de una nación o fanáticos de un equipo deportivo junto a otro conjunto de personas que nunca llegaremos a conocer. Compartiremos una misma pasión, aunque no nos conozcamos. Esa capacidad fue la que, para el autor, permitió que el *homo sapiens* domine el mundo. La IA es un desarrollo tecnológico capaz de hackear el lenguaje humano y, por lo tanto, capaz de poner en riesgo la característica particular que hizo del *homo sapiens* la especie dominante del planeta. Es decir, la IA, en su posibilidad de desarrollar historias autónomamente, de formas tan verosímiles como para que el conjunto de la humanidad las tome por válidas, aunque a veces no lo sean, implicaría la posibilidad de direccionar la potencia de la cooperación en sentidos que no necesariamente respondan a la voluntad humana. Un ente autónomo al dominio de la humanidad podría estar orientando y dirigiendo a su voluntad el rebaño del conjunto.

Harari no está solo en su preocupación. Quienes desarrollan dichas tecnologías son quienes más temen las posibles derivaciones de su avance. Los tecnólogos y tecnólogas han encendido las alarmas y han obligado a actuar a los organismos reguladores de todo el mundo.⁴⁶ Temen que la IA pueda, entre otras cosas, acabar con una gran cantidad de puestos de trabajo y remodelar la sociedad si sigue desarrollándose en su trayectoria actual.⁴⁷ La posibilidad de que un sistema informático sea capaz de generar nuevos conocimientos científicos y realizar cualquier tarea que puedan realizar las personas humanas -una inteligencia general artificial (IGA)- es sobre lo que más inversión se está realizando. El éxito de conseguir una IGA no se visualiza muy lejano, con proyecciones que van de una década al medio siglo.⁴⁸ Hay muchas posibilidades de que se produzca una catástrofe en el mediano plazo, cuando exista ese sistema informático. Uno de los temores más extendidos es que la IGA, capaz de aprender por sí misma, suplante rápidamente a la inteligencia humana, desarrollándose en ciclos cada vez más rápidos hasta convertirse en una “superinteligencia”. Eso podría anunciar la redundancia, o la extinción, de la especie humana.⁴⁹

Sin viajar muy adelante en el tiempo, como vimos a lo largo de todo este texto, la IA ya plantea muchos más riesgos inmediatos. Todas cuestiones que demandan una regulación del uso de la IA en favor de la humanidad y el desarrollo sostenible, para lo que es necesario alcanzar acuerdos globales y unánimes. Y tenemos que apurarnos, ya que hay que regularla antes de que sea más inteligente que nosotros y nosotras.

En el marco de mercados competitivos, la producción industrial recurre a la innovación y la incorporación de tecnología para lanzar un producto nuevo para el mercado o para mejorar su productividad. Es decir, reducir el costo por unidad, haciéndolo en menor tiempo o, con la misma cantidad de insumos, fabricando más productos que sus competidores. En esa línea, hemos podido observar que la IA, al procesar grandes cantidades de datos y automatizar procesos, permite una mayor velocidad de respuesta, lo que redundaría en una mayor eficiencia, menor cantidad de desperdicios y menos tiempos muertos. En contrapartida, la incorporación de IA al proceso productivo, como toda nueva tecnología, demanda fuertes inversiones, la capacitación del personal y el rediseño de procesos y organizaciones ya establecidas.

Hasta acá, nada nuevo bajo el sol. La irrupción de la IA como plataforma tecnológica preanuncia el mismo efecto que anteriores cambios de paradigmas tecnoproductivos: crisis generalizadas con una mejora en el bienestar general. Sin embargo, existen indicios que la distinguen de otras revoluciones previas. Todos los cambios anteriores permitieron acelerar tiempos y acortar distancias. Esta nueva tecnología, además de ello, pareciera ser un salto al futuro, en el sentido de que busca anticipar respuestas a la reacción humana. Es decir, ya no implicaría acortar el espacio y el tiempo para acercarnos al aquí y ahora, sino que implicaría un paso más para traer el mañana al aquí y ahora. En esa posibilidad radican varias de las incertidumbres de los expertos en el tema, así como también la necesidad por avanzar rápidamente en su regulación.

46. En mayo, el Centro para la Seguridad de la IA publicó una breve nota en la que afirmaba: “Mitigar los riesgos de extinción de la IA debería ser una prioridad mundial junto a otros riesgos a escala social, como las pandemias y la guerra nuclear”. Entre los miles de firmantes se encontraban Altman, de OpenAI, ejecutivos de Google y Microsoft, altos cargos de otras empresas de IA y Geoffrey Hinton, a menudo descrito como el “padrino de la IA” por su trabajo en el aprendizaje profundo. No se trataba de escépticos o luditas, sino de algunos de los pioneros de la tecnología que empujaban su frontera hacia adelante.

47. Más información en: <https://www.ft.com/content/4ded4c1d-5e99-42bf-9aa8-ea6e634aa060>.

48. Más información en: <https://www-ft-com.ezp.lib.cam.ac.uk/content/03895dc4-a3b7-481e-95cc-336a524f2ac2>.

49. Episodio del podcast DOAC, donde se entrevistó a Mo Gadwat, exgerente de Google sobre los peligros de la IA. Más información en: <https://open.spotify.com/episode/4xVz9V5DksIPrdArBPDcb?si=71MgFew6RVCDdBjyXOubFg&nd=1>

BIBLIOGRAFÍA

Estevadeordal, A., Beliz, G., Estevez, E. *et al.* (2018). Algoritmolandia. Integración & Comercio, 22(44). Recuperado de: <https://publications.iadb.org/en/integration-and-trade-journal-volume-22-no-44-july-2018-planet-algorithm-artificial-intelligence>.

Geroski, P. A. (2000). Models of technology diffusion. Research policy, 29(4-5), 603-625.

Manyika, J., Lund, S., Chiu, M., Bughin, J., Woetzel, J., Batra, P., Ko, R. & Sanghvi, S. (2017). Jobs lost, jobs gained: Workforce transitions in a time of automation. San Francisco: McKinsey Global Institute. Recuperado de: <https://www.mckinsey.com/~media/BAB489A30B724BECB5DEDC41E9BB9FAC.ashx>.

Ovanessof, A. y Plastino, E. (2018). Una explosión de productividad. Algoritmolandia, Integración & Comercio, 22(44), 10. Recuperado de: <https://publications.iadb.org/en/integration-and-trade-journal-volume-22-no-44-july-2018-planet-algorithm-artificial-intelligence>.

Perez, C. (2010). Technological revolutions and techno-economic paradigms. Cambridge Journal of Economics, 34(1), 185-202.

Proskuryakova, L., Meissner, D. & Rudnik, P. (2017). The use of technology platforms as a policy tool to address research challenges and technology transfer. J Technol Transf, 42, 206-227. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10961-014-9373-8>.

Stremersch, S., Muller, E. & Peres, R. (2010). Does new product growth accelerate across technology generations? Mark Lett, 21, 103–120. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11002-009-9095-0>.

3. INDICADORES COMPARATIVOS



3. INDICADORES COMPARATIVOS



PÁG. 86:	INDICADOR 1:	POBLACIÓN
PÁG. 87:	INDICADOR 2:	POBLACIÓN ECONÓMICAMENTE ACTIVA (PEA)
PÁG. 88:	INDICADOR 3:	PRODUCTO BRUTO INTERNO (PBI)
PÁG. 89:	INDICADOR 4:	GASTO EN INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO
PÁG. 91:	INDICADOR 5:	GASTO EN INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN RELACIÓN AL PBI
PÁG. 93:	INDICADOR 6:	GASTO EN INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO POR HABITANTE
PÁG. 95:	INDICADOR 7:	GASTO EN INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO POR INVESTIGADOR
PÁG. 97:	INDICADOR 8:	GASTO EN INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO POR TIPO DE ACTIVIDAD
PÁG. 99:	INDICADOR 9:	GASTO EN INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO POR SECTOR DE FINANCIAMIENTO
PÁG. 102:	INDICADOR 10:	GASTO EN INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO POR SECTOR DE EJECUCIÓN
PÁG. 104:	INDICADOR 11:	GASTO EN INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO POR DISCIPLINA CIENTÍFICA
PÁG. 106:	INDICADOR 12:	PERSONAL DE I+D (PERSONAS FÍSICAS)
PÁG. 108:	INDICADOR 13:	INVESTIGADORES CADA MIL INTEGRANTES DE LA PEA (PERSONAS FÍSICAS)
PÁG. 110:	INDICADOR 14:	INVESTIGADORES POR SEXO (PERSONAS FÍSICAS)
PÁG. 112:	INDICADOR 15:	INVESTIGADORES POR SECTOR DE EMPLEO (PERSONAS FÍSICAS)
PÁG. 114:	INDICADOR 16:	INVESTIGADORES POR DISCIPLINA CIENTÍFICA (PERSONAS FÍSICAS)
PÁG. 116:	INDICADOR 17:	INVESTIGADORES POR NIVEL DE FORMACIÓN (PERSONAS FÍSICAS)
PÁG. 118:	INDICADOR 18:	PERSONAL DE I+D (EJC)
PÁG. 120:	INDICADOR 19:	INVESTIGADORES CADA MIL INTEGRANTES DE LA PEA (EJC)
PÁG. 121:	INDICADOR 20:	INVESTIGADORES POR SEXO (EJC)
PÁG. 122:	INDICADOR 21:	INVESTIGADORES POR SECTOR DE EMPLEO (EJC)
PÁG. 124:	INDICADOR 22:	INVESTIGADORES POR DISCIPLINA CIENTÍFICA (EJC)
PÁG. 126:	INDICADOR 23:	INVESTIGADORES POR NIVEL DE FORMACIÓN (EJC)
PÁG. 128:	INDICADOR 24:	GASTO EN ACTIVIDADES CIENTÍFICO TECNOLÓGICAS
PÁG. 129:	INDICADOR 25:	GASTO EN ACT EN RELACIÓN AL PBI
PÁG. 130:	INDICADOR 26:	SOLICITUD DE PATENTES
PÁG. 132:	INDICADOR 27:	PATENTES OTORGADAS
PÁG. 134:	INDICADOR 28:	SOLICITUD DE PATENTES PCT
PÁG. 135:	INDICADOR 29:	PUBLICACIONES EN SCOPUS
PÁG. 136:	INDICADOR 30:	PUBLICACIONES EN SCOPUS EN RELACIÓN AL GASTO EN I+D

INDICADOR 1:

POBLACIÓN

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
millones de personas										
Argentina	41,73	42,20	42,67	43,13	43,59	44,04	44,49	44,94	45,38	45,81
Barbados	0,28	0,28	0,28	0,28	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29
Bolivia	10,36	10,52	10,69	10,85	11,02	11,18	11,35	11,51	11,68	11,84
Brasil	198,31	200,00	201,72	203,48	205,16	206,80	208,49	210,15	211,65	213,19
Canadá	34,84	35,21	35,56	35,82	36,26	36,72	37,24	37,81	38,01	38,43
Chile	17,45	17,64	17,84	18,04	18,28	18,52	18,77	19,04	19,46	19,68
Colombia	46,58	47,12	47,66	48,20	48,75	49,29	48,25	49,39	50,37	51,04
Costa Rica	4,67	4,73	4,75	4,83	4,89	4,95	5,00	5,04	5,11	5,16
Cuba	11,20	11,20	11,20	11,20	11,20	11,20	11,21	11,19	11,18	11,11
Ecuador	15,52	15,77	16,03	16,28	16,53	16,70	17,02	17,34	17,59	17,80
El Salvador	6,20	6,30	6,40	6,50	6,52	6,58	6,64	6,70	6,76	6,83
España	47,27	47,13	46,77	46,62	46,56	46,57	46,72	47,03	47,45	47,39
Estados Unidos	313,99	316,23	318,62	321,03	323,32	325,12	326,84	328,33	331,51	332,03
Guatemala	14,78	15,04	15,30	15,57	15,83	16,08	16,35	16,60	16,85	17,10
Guyana	0,76	0,76	0,76	0,77	0,77	0,76	0,79	0,80	0,80	0,80
Haiti	10,17	10,32	10,57	10,71	10,85	10,86	11,01	11,16	11,31	11,45
Honduras	8,30	8,54	8,43	8,58	8,72	8,87	9,01	9,96	10,12	10,28
Jamaica	2,71	2,71	2,72	2,73	2,73	2,81	2,81	2,81	2,82	2,83
México	116,94	118,45	119,94	121,35	122,72	124,04	125,33	126,58	127,80	128,97
Nicaragua	5,88	5,94	6,01	6,08	6,15	6,22	6,38	6,42	6,46	6,60
Panamá	3,80	3,86	3,90	3,97	4,03	4,10	4,17	4,24	4,31	4,38
Paraguay	6,46	6,56	6,66	6,76	6,85	6,95	7,05	7,15	7,25	7,35
Perú	29,11	29,34	29,62	29,96	30,42	30,97	31,56	32,13	32,63	33,04
Portugal	10,50	10,44	10,40	10,37	10,34	10,34	10,33	10,38	10,39	10,42
Puerto Rico	3,63	3,59	3,53	3,47	3,41	3,33	3,20	3,20	3,28	0,00
República Dominicana	9,93	10,05	10,17	10,28	10,40	10,65	10,77	10,88	11,00	11,12
Trinidad y Tobago	1,34	1,34	1,35	1,35	1,35	1,36	1,36	1,36	1,37	1,37
Uruguay	3,43	3,44	3,45	3,47	3,48	3,49	3,49	3,49	3,49	3,49
Venezuela	29,95	30,41	30,69	31,15	31,25	31,43	31,83	32,22	32,78	32,97
América Latina y el Caribe	599,51	606,13	612,34	619,01	625,17	631,45	636,60	644,58	651,72	657,72
Iberoamérica	642,01	648,29	653,83	660,16	666,09	672,29	677,41	685,58	692,98	698,80

Notas:

América Latina y el Caribe: los datos son estimados.
Iberoamérica: los datos son estimados.

INDICADOR 2:

POBLACIÓN ECONÓMICAMENTE ACTIVA

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
millones de personas										
Argentina	17,05	17,20	17,39	17,45	17,72	17,95	18,43	18,87	17,68	19,24
Barbados	0,16	0,16	0,16	0,16	0,15	0,15	0,15	0,15	0,14	0,14
Bolivia	5,02	5,37	5,55	5,27	5,03	5,17	5,64	5,90	6,04	6,50
Brasil	102,46	103,40	106,82	105,52	102,72	104,40	105,62	107,67	100,50	108,40
Canadá	18,83	19,94	19,96	19,13	19,32	19,66	19,90	20,19	20,15	20,54
Chile	8,15	8,28	8,44	8,56	8,68	8,91	9,15	9,33	8,50	8,79
Colombia	23,34	23,71	24,23	24,46	24,61	24,79	25,31	24,79	24,76	24,13
Costa Rica	2,18	2,22	2,27	2,24	2,28	2,26	2,17	0,00	2,44	2,44
Cuba	5,10	5,10	5,10	4,80	4,70	4,55	4,56	4,64	4,71	
Ecuador	6,70	6,95	7,21	7,64	8,04	8,19	8,23	8,39	7,77	8,65
El Salvador	2,70	2,80	2,80	2,80	2,93	2,96	3,00	3,10	2,92	2,93
España	23,44	23,19	22,95	22,92	22,82	22,74	22,81	23,03	22,73	23,20
Estados Unidos	155,63	155,18	156,30	158,53	160,61	161,73	163,50	166,33	163,30	166,19
Guatemala	6,20	5,99	6,32	6,54	6,80	7,10	7,10	7,11		7,40
Guyana	0,30	0,30	0,31	0,31	0,31	0,29	0,30	0,28	0,28	0,29
Haiti	4,31	4,42	4,59	4,66	4,76	4,76	4,85	4,93	4,97	5,06
Honduras	3,36	3,63	3,66	3,94	3,95	4,10	4,17	4,40	4,21	4,43
Jamaica	1,28	1,31	1,31	1,32	1,35	1,44	1,44	1,49	1,45	1,52
México	51,23	51,79	51,92	52,91	53,68	54,20	55,55	56,99	53,58	57,53
Nicaragua	2,60	2,69	2,76	2,82	2,88	2,94	2,99	3,04	3,00	3,19
Panamá	1,74	1,78	1,85	1,90	1,95	1,99	2,04	2,09	2,02	1,93
Paraguay	3,14	3,16	3,17	3,23	3,32	3,41	3,52	3,63	3,68	3,75
Perú	16,14	16,33	16,40	16,50	16,90	17,22	17,46	17,83	16,10	18,15
Portugal	5,06	5,00	4,99	5,00	5,00	5,05	5,08	5,12	5,03	5,15
Puerto Rico	1,20	1,12	1,13	1,12	1,12	1,13	1,10	1,12	1,14	1,14
República Dominicana	4,63	4,70	4,81	4,92	5,00	4,75	4,93	5,09	4,80	5,10
Trinidad y Tobago	0,65	0,65	0,66	0,65	0,64	0,64	0,63	0,63	0,60	0,60
Uruguay	1,68	1,70	1,70	1,67	1,80	1,79	1,79	1,79	1,79	1,79
Venezuela	13,86	13,90	14,16	14,38	14,49	20,99	21,31	21,62	22,06	22,19
América Latina y el Caribe	285,20	288,65	294,72	295,77	295,83	306,07	311,45	317,17	302,54	320,06
Iberoamérica	307,00	310,00	315,63	316,59	316,43	326,59	331,96	337,84	322,85	340,80

Notas:

PEA: Corresponde a Población Económicamente Activa.

América Latina y el Caribe: los datos son estimados.

Iberoamérica: los datos son estimados.

INDICADOR 3:

PRODUCTO BRUTO INTERNO (PBI)

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
miles de millones de dólares corrientes internacionales (PPC)										
Argentina	819,69	849,61	839,89	867,18	885,22	1039,33	1051,75	1040,77	932,63	1088,16
Barbados	4,39	4,36	4,32	4,44	4,57	4,53	4,57	4,55	4,04	4,26
Bolivia	61452,59	69841,11	75552,94	77543,23	82736,51	94286,70	100660,85	104890,94	96688,91	107330,66
Brasil	2998,54	3133,85	3187,16	3014,78	2938,07	3017,66	3094,73	3183,98	3117,35	3399,06
Canadá	1468,10	1554,12	1621,34	1594,90	1678,16	1765,77	1865,86	19068,38	1844,32	2026,83
Chile	374,24	394,29	404,67	407,88	426,78	451,98	481,60	481,30	480,01	
Colombia	553,25	591,40	625,02	630,40	665,40	692,91	747,10	789,76	759,48	881,19
Costa Rica	64,12	68,77	74,31	80,50	90,75	96,19	102,67	113,50	112,15	105,61
Cuba	73,14	77,15	80,66	87,13	91,37	96,85	100,05	103,43	107,35	545,2
Ecuador	159,57	175,19	186,86	179,32	181,97	195,02	202,26	205,92	192,35	209,52
El Salvador	40,81	43,09	45,53	48,06	51,09	54,01	56,67	59,14	54,61	64,04
España	1483,60	1512,07	1558,21	1621,17	1733,33	1841,89	1904,49	1965,22	1788,25	1928,17
Estados Unidos	16197,00	16784,90	17527,30	18224,80	18715,00	19477,34	20533,06	21380,98	21060,47	23315,08
Guatemala	106,49	112,03	118,75	127,57	130,14	133,70	141,10	147,61	149,29	168,41
Guyana	7,92	8,37	8,36	8,59	8,71	9,31	9,95	10,67	15,50	21,02
Haiti	28,32	29,87	30,56	31,05	32,80	34,76	36,19	36,21	35,47	36,39
Honduras	34,84	36,45	39,39	42,52	47,72	52,44	55,67	58,28	53,74	63,20
Jamaica	23,38	24,12	24,57	25,40	26,72	28,04	29,25	30,04	27,36	29,98
México	2012,77	2064,48	2173,23	2230,19	2383,27	2460,75	2556,47	2608,94	2465,43	2483,93
Nicaragua	26,36	27,98	30,32	32,92	35,90	38,33	37,93	37,19	37,03	42,62
Panamá	69,68	78,52	87,98	100,48	112,45	125,19	133,01	137,13	113,33	146,06
Paraguay	64,26	70,97	75,59	76,83	81,62	86,46	91,36	92,62	92,97	100,02
Perú	319,58	336,36	347,59	353,46	371,52	393,25	418,65	435,67	393,11	466,30
Portugal	277,99	292,14	298,94	307,25	326,37	340,36	359,22	380,03	349,21	378,27
Puerto Rico	118,10	119,20	119,07	118,14	116,59	114,27	112,19	116,08	112,66	117,96
República Dominicana	118,17	125,63	136,99	151,58	167,49	175,94	192,72	206,08	194,55	228,51
Trinidad y Tobago	40,32	40,46	40,25	37,79	35,31	37,75	38,38	39,00	36,56	31,55
Uruguay	66,40	70,35	74,57	74,74	76,89	79,08	81,35	83,10	78,95	84,93
Venezuela	537,96	543,21	540,88	570,80	488,81					
América Latina y el Caribe	8724	9096	9372	9379	9534	9517	9880	10131	9666	10536
Iberoamérica	10381	10793	11121	11200	11485	11584	12026	12356	11686	12713

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
--	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

Notas:

Los valores se encuentran expresados en Paridad de Poder de Compra (PPC) de acuerdo a los factores de conversión del Banco Mundial sobre la información en moneda local provista por cada país.

Cuba: Los valores se encuentran expresados en dólares corrientes, utilizando el tipo de cambio oficial 1 Peso Cubano = 1 Dólar

América Latina y el Caribe: los datos son estimados.

Iberoamérica: los datos son estimados.

INDICADOR 4:

GASTO EN INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
millones de dólares internacionales (PPC)										
Argentina										
I+D	5.204,30	5.254,73	4.988,64	5.399,26	4.940,89	5.781,96	5.135,71	4.976,24	5.050,61	5.632,71
Brasil										
I+D	33.788,75	37.470,52	40.467,52	41.330,60	37.807,18	33.733,41	36.739,90	39.259,08	36.380,59	
Canadá										
I+D	26.028,44	26.517,16	27.803,97	27.011,22	29.016,57	29.788,83	32.413,62	33.478,94	34.947,83	34.402,36
Chile										
I+D	1.355,52	1.532,61	1.517,64	1.552,90	1.576,27	1.608,73	1.764,95	1.641,00	1.615,21	
Colombia										
I+D	1.309,78	1.601,92	1.948,32	2.302,19	1.713,54	1.637,00	2.017,40	1.633,96	1.488,00	1.758,41
Costa Rica										
I+D	367,34	386,06	428,60	361,78	414,34	428,92	395,89			321,29
Cuba										
I+D	297,80	366,20	335,50	373,40	312,70	417,10	537,18	572,04	556,49	1760,08
Ecuador										
I+D	530,36	665,56	827,16							
El Salvador										
I+D	13,86	27,53	42,70	68,96	74,04	97,64	93,64	103,09	90,03	102,64
España										
I+D	19.268,50	19.282,45	19.355,01	19.816,17	20.634,56	22.294,62	23.655,73	24.592,62	25.132,50	27.559,11
Estados Unidos										
I+D	434.442,00	455.128,00	477.003,00	507.401,00	533.465,00	565.929,00	618.531,00	678.603,00	720.880,00	
Guatemala										
I+D	48,38	43,87	35,02	39,09	30,08	39,56	41,68	39,64	73,05	98,81
Honduras										
I+D				6,58		20,95	35,66	34,66		
México										
I+D	8.472,97	8.774,62	9.460,10	9.577,03	9.241,73	8.079,06	7.833,78	7.407,70	7.395,67	7.006,24
Panamá										
I+D	53,07	49,54	109,84	107,97	148,76	169,17	183,81	197,32	283,96	258,35
Paraguay										
I+D	41,86	50,73	59,73	74,33	95,30	128,72	134,16	127,37	145,94	145,67
Perú										
I+D	176,73	274,94	375,56	413,62	446,11	475,23	530,98	683,82	675,48	648,83
Portugal										
I+D	3.832,40	3.869,90	3.856,02	3.820,09	4.180,03	4.490,36	4.847,82	5.303,78	5.636,04	6.357,57
Puerto Rico										
I+D		522,79		506,63						
Trinidad y Tobago										
I+D	17,70	23,06	33,06	32,50	33,23	33,35	32,22	23,14	23,16	20,87
Uruguay										
I+D	200,33	201,33	232,80	262,28	288,72	352,54	415,98	359,29	353,31	369,61
Venezuela										
I+D	1.345,43	1.762,46	1.754,67	2.494,04	3.363,64					
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021

INDICADOR 4:
GASTO EN INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
millones de dólares internacionales (PPC)										
América Latina y el Caribe										
I+D	53.998,47	59.138,92	63.269,43	65.882,14	61.954,37	57.754,46	60.573,33	62.008,39	58.922,99	64.230,65
Iberoamérica										
I+D	77.099,37	82.291,27	86.480,45	89.518,39	86.768,96	84.539,43	89.076,88	91.904,80	89.691,53	98.145,65
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021

Notas:
 I+D: Investigación y Desarrollo Experimental
 Cuba: Los valores se encuentran expresados en dólares corrientes, utilizando el tipo de cambio oficial 1 Peso Cubano = 1 Dólar
 Guatemala: Los datos corresponden a la inversión realizada por el sector académico y el Estado. No se incluye la inversión del sector privado.
 Perú: Los valores de 2011 a 2013 corresponden a la ejecución del gasto del Programa de Ciencia y Tecnología (Ministerio de Economía y Finanzas).
 América Latina y el Caribe: los datos son estimados.
 Iberoamérica: los datos son estimados.

INDICADOR 5:

GASTO EN INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN RELACIÓN AL PBI

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Argentina										
I+D	0,63%	0,62%	0,59%	0,62%	0,56%	0,56%	0,49%	0,48%	0,54%	0,52%
Brasil										
I+D	1,13%	1,20%	1,27%	1,37%	1,29%	1,12%	1,19%	1,23%	1,17%	
Canadá										
I+D	1,77%	1,71%	1,71%	1,69%	1,73%	1,69%	1,74%	0,18%	1,89%	1,70%
Chile										
I+D	0,36%	0,39%	0,38%	0,38%	0,37%	0,36%	0,37%	0,34%	0,34%	
Colombia										
I+D	0,24%	0,27%	0,31%	0,37%	0,26%	0,24%	0,27%	0,21%	0,20%	0,20%
Costa Rica										
I+D	0,57%	0,56%	0,58%	0,45%	0,46%	0,45%	0,39%			0,30%
Cuba										
I+D	0,41%	0,47%	0,42%	0,43%	0,34%	0,43%	0,54%	0,55%	0,52%	0,32%
Ecuador										
I+D	0,33%	0,38%	0,44%							
El Salvador										
I+D	0,03%	0,06%	0,09%	0,14%	0,14%	0,18%	0,16%	0,17%	0,16%	0,16%
España										
I+D	1,30%	1,28%	1,24%	1,22%	1,19%	1,21%	1,24%	1,25%	1,41%	1,43%
Estados Unidos										
I+D	2,68%	2,71%	2,72%	2,78%	2,85%	2,91%	3,01%	3,17%	3,42%	
Guatemala										
I+D	0,05%	0,04%	0,03%	0,03%	0,02%	0,03%	0,03%	0,03%	0,05%	0,06%
Honduras										
I+D				0,02%		0,04%	0,06%	0,06%		
México										
I+D	0,42%	0,43%	0,44%	0,43%	0,39%	0,33%	0,31%	0,28%	0,30%	0,28%
Panamá										
I+D	0,08%	0,06%	0,12%	0,11%	0,13%	0,14%	0,14%	0,14%	0,25%	0,18%
Paraguay										
I+D	0,07%	0,07%	0,08%	0,10%	0,12%	0,15%	0,15%	0,14%	0,16%	0,15%
Perú										
I+D	0,06%	0,08%	0,11%	0,12%	0,12%	0,12%	0,13%	0,16%	0,17%	0,14%
Portugal										
I+D	1,38%	1,32%	1,29%	1,24%	1,28%	1,32%	1,35%	1,40%	1,61%	1,68%
Puerto Rico										
I+D		0,44%		0,43%						
Trinidad y Tobago										
I+D	0,04%	0,06%	0,08%	0,09%	0,09%	0,09%	0,08%	0,06%	0,06%	0,05%
Uruguay										
I+D	0,30%	0,29%	0,31%	0,35%	0,38%	0,45%	0,51%	0,43%	0,45%	0,44%
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021

INDICADOR 5:

GASTO EN INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN RELACIÓN AL PBI

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Venezuela										
I+D	0,25%	0,32%	0,32%	0,44%	0,69%					
América Latina y el Caribe										
I+D	0,62%	0,65%	0,68%	0,70%	0,65%	0,61%	0,61%	0,61%	0,61%	0,61%
Iberoamérica										
I+D	0,74%	0,76%	0,78%	0,80%	0,76%	0,73%	0,74%	0,74%	0,77%	0,77%

Notas:

I+D: Investigación y Desarrollo Experimental

Cuba: Los valores se encuentran expresados en dólares corrientes, utilizando el tipo de cambio oficial 1 Peso Cubano = 1 Dólar

Guatemala: Los datos corresponden a la inversión realizada por el sector académico y el Estado. No se incluye la inversión del sector privado.

Perú: Los valores de 2011 a 2013 corresponden a la ejecución del gasto del Programa de Ciencia y Tecnología (Ministerio de Economía y Finanzas).

América Latina y el Caribe: los datos son estimados.

Iberoamérica: los datos son estimados.

INDICADOR 6:

GASTO EN INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO POR HABITANTE

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
	dólares internacionales (PPC)									
Argentina										
I+D	124,70	124,51	116,91	125,18	113,35	131,29	115,42	110,73	111,30	122,96
Brasil										
I+D	170,38	187,35	200,61	203,12	184,28	163,12	176,21	186,82	171,89	
Canadá										
I+D	747,17	753,07	781,91	754,02	800,26	811,22	870,40	885,45	919,51	895,27
Chile										
I+D	77,68	86,88	85,09	86,06	86,24	86,85	94,03	86,19	83,00	
Colombia										
I+D	28,12	34,00	40,88	47,76	35,15	33,21	41,81	33,08	29,54	34,45
Costa Rica										
I+D	78,66	81,62	90,23	74,90	84,73	86,65	79,18			62,23
Cuba										
I+D	26,59	32,70	29,96	33,34	27,92	37,24	47,92	51,12	49,78	158,38
Ecuador										
I+D	34,17	42,19	51,61							
El Salvador										
I+D	2,24	4,37	6,67	10,61	11,36	14,84	14,10	15,39	13,32	15,03
España										
I+D	407,67	409,14	413,82	425,02	443,21	478,71	506,30	522,91	529,66	581,54
Estados Unidos										
I+D	1.383,62	1.439,23	1.497,09	1.580,56	1.649,98	1.739,92	1.891,05	2.064,63	2.203,03	2.427,52
Guatemala										
I+D	3,27	2,92	2,29	2,51	1,90	2,46	2,55	2,39	4,34	5,78
Honduras										
I+D				0,77		2,36	3,96	3,48		
México										
I+D	72,46	74,08	78,87	78,92	75,31	65,13	62,51	58,52	57,87	54,32
Panamá										
I+D	13,96	12,82	28,14	27,20	36,88	41,28	44,08	46,54	65,89	58,98
Paraguay										
I+D	6,48	7,73	8,97	11,00	13,91	18,52	19,03	17,81	20,13	19,82
Perú										
I+D	6,07	9,37	12,68	13,80	14,66	15,34	16,82	21,28	20,70	19,64
Portugal										
I+D	364,85	370,53	370,95	368,43	404,08	434,45	469,14	511,19	542,22	610,06
Puerto Rico										
I+D		145,50		145,87						
Trinidad y Tobago										
I+D	13,26	17,21	24,58	24,10	24,62	24,53	23,69	17,01	16,90	15,24
Uruguay										
I+D	58,46	58,52	67,41	75,65	82,96	100,92	119,19	102,95	101,24	105,90
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021

INDICADOR 6:

GASTO EN INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO POR HABITANTE

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
dólares internacionales (PPC)										
Venezuela										
I+D	44,92	57,96	57,17	80,07	107,64					
América Latina y el Caribe										
I+D	90,07	97,57	103,32	106,43	99,10	91,46	95,15	96,20	90,41	97,66
Iberoamérica										
I+D	120,09	126,94	132,27	135,60	130,27	125,75	131,50	134,05	129,43	140,45

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
--	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

Notas:

I+D: Investigación y Desarrollo Experimental

Cuba: Los valores se encuentran expresados en dólares corrientes, utilizando el tipo de cambio oficial 1 Peso Cubano = 1 Dólar

El Salvador: La información consignada corresponde al gasto realizado por el sector de Educación Superior hasta el año 2012. El dato del año 2013 incluye también el gasto en ciencia y tecnología del sector gobierno.

Guatemala: Los datos corresponden a la inversión realizada por el sector académico y el Estado. No se incluye la inversión del sector privado.

Perú: Los valores de 2011 a 2013 corresponden a la ejecución del gasto del Programa de Ciencia y Tecnología (Ministerio de Economía y Finanzas).

América Latina y el Caribe: los datos son estimados.

Iberoamérica: los datos son estimados.

INDICADOR 7:

GASTO EN INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO POR INVESTIGADOR

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
miles de dólares internacionales (PPC)										
Argentina										
Personas Físicas	65,35	64,47	59,77	65,53	57,08	68,60	57,79	54,89	55,35	59,97
EJC	103,57	103,93	96,94	101,86	90,15	108,72	94,57	90,63	89,52	97,15
Brasil										
Personas Físicas	123,50	126,93	127,73	120,35	99,95	84,92	87,09			
EJC	215,03	222,29	224,83							
Canadá										
EJC	161,08	162,51	162,01	158,85	174,97	177,39	178,04	175,83	174,01	
Chile										
Personas Físicas	129,75	156,46	123,35	119,32	111,16	111,78	114,11	106,30	102,55	
EJC	199,40	260,08	200,08	189,95	175,43	176,80	180,02	169,68	162,14	
Colombia										
Personas Físicas		199,96	235,30	229,07	131,80	125,91	120,11	97,28	70,54	80,28
EJC		600,64	711,59	696,58	398,03	380,26				
Costa Rica										
Personas Físicas	101,19	89,97	105,26	85,57	106,65	111,87	104,70			70,72
EJC	232,34	229,25	165,48	150,68	160,97	227,79	229,50			156,50
Ecuador										
Personas Físicas	73,02	70,38	72,49							
EJC	121,90	120,84	129,80							
El Salvador										
Personas Físicas	22,91	41,58	53,91	68,89	78,69	99,53	100,26	100,09		
EJC				172,39	177,14	239,89	204,91	218,88		
España										
Personas Físicas	89,39	92,36	92,12	92,50	94,36	98,65	100,75	101,89	102,92	107,90
EJC	151,99	156,48	158,34	161,85	162,95	167,36	168,82	170,81	172,88	178,78
Guatemala										
Personas Físicas	72,65	85,36	62,32	64,93	45,85	80,08	104,21	78,04	121,96	232,50
EJC	117,72	161,90	108,43	108,57	82,19	166,23	187,76	156,08	245,14	389,02
Honduras										
Personas Físicas				31,78		38,93	53,46	50,68		
EJC				32,25		64,06				
México										
Personas Físicas	204,57	207,82	211,82	196,20	170,02	148,03	143,64	127,69	118,60	104,60
EJC	291,23	293,26	302,09	279,36	237,68	206,49	199,90	177,45	164,47	144,33
Panamá										
Personas Físicas	118,72	79,64	243,55	205,66	277,02	274,62	315,65	318,38		
EJC	373,71	330,24	306,82	303,29	384,39	393,41	413,98	426,56		
Paraguay										
Personas Físicas	24,57		37,10	37,44	58,86	72,15	70,68	69,11	82,69	79,51
EJC	38,73		59,46	60,82	116,10	138,70	138,02	116,21	157,60	153,50
Perú										
Personas Físicas	117,58	78,51	123,87	122,59	106,19	105,47	107,73	102,66	85,02	72,28
Portugal										
Personas Físicas	46,88	49,43	48,97	47,16	48,73	50,08	50,43	52,60	53,84	57,30
EJC	90,18	102,34	101,06	98,78	101,09	99,92	101,73	105,72	105,99	112,79
Puerto Rico										
Personas Físicas		264,57		244,75						
Trinidad y Tobago										
Personas Físicas	19,37	18,54	26,92	25,45	24,17	22,15	19,10	15,26	17,33	
EJC						46,59	40,89	33,73	25,90	
Uruguay										
Personas Físicas	73,35	75,49	85,00	94,75	98,17	118,26	134,23	113,52	110,20	112,17
EJC	92,92	92,52	104,58	113,54	115,72	137,66	155,80	131,66	126,73	128,51
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021

INDICADOR 7:

GASTO EN INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO POR INVESTIGADOR

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
miles de dólares internacionales (PPC)										
Venezuela										
Personas Físicas	140,27	149,60	147,79	230,42	323,99					
EJC	154,90	162,68	214,19	333,07	375,28					
América Latina y el Caribe										
Personas Físicas	119,07	122,32	123,21	120,80	103,77	94,14	93,63	93,92	86,99	91,65
EJC	202,06	209,86	213,24	203,50	175,07	159,31	153,18	154,41	143,05	151,52
Iberoamérica										
Personas Físicas	102,69	106,80	107,78	106,49	96,25	90,98	91,09	91,69	87,40	91,96
EJC	176,62	185,83	189,19	184,63	166,27	156,36	152,74	154,27	146,92	154,70
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021

Notas:
 Los valores se encuentran expresados en Paridad de Poder de Compra (PPC) de acuerdo a los factores de conversión del Banco Mundial sobre la información en moneda local provista por cada país.
 I+D: Investigación y Desarrollo Experimental
 EJC: Equivalente a Jornada Completa
 Investigadores incluye a becarios de I+D
 América Latina y el Caribe: los datos son estimados.
 Iberoamérica: los datos son estimados.

GASTO EN INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO POR TIPO DE ACTIVIDAD

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Argentina										
Investigación básica	42,8%	41,7%	43,0%	33,9%	28,7%	25,7%	25,3%	21,7%	23,5%	22,3%
Investigación aplicada	46,6%	48,8%	48,5%	48,8%	41,4%	50,1%	43,1%	38,8%	38,8%	39,5%
Desarrollo experimental	10,6%	9,5%	8,5%	17,4%	29,9%	24,2%	31,6%	39,5%	37,7%	38,2%
Chile										
Investigación básica	29,8%	33,4%	35,3%	36,7%	34,1%	32,6%	36,0%			
Investigación aplicada	40,4%	35,1%	33,0%	39,3%	40,1%	43,4%	38,6%			
Desarrollo experimental	29,8%	31,5%	31,7%	24,0%	25,7%	24,0%	25,5%			
Costa Rica										
Investigación básica	10,3%	14,7%	9,5%	45,7%	49,6%	52,6%	56,5%			18,9%
Investigación aplicada	58,1%	64,1%	50,9%	43,0%	32,8%	35,7%	30,5%			52,1%
Desarrollo experimental	31,7%	21,2%	39,7%	11,3%	17,6%	11,7%	13,0%			29,0%
Cuba										
Investigación básica	13,0%	15,0%	15,0%	20,0%	20,0%	20,0%	30,0%	24,5%	24,3%	23,7%
Investigación aplicada	47,0%	45,0%	45,0%	50,0%	50,0%	50,0%	50,0%	48,0%	49,4%	49,5%
Desarrollo experimental	40,0%	40,0%	40,0%	30,0%	30,0%	30,0%	20,0%	27,5%	26,3%	26,8%
Ecuador										
Investigación básica	23,7%	18,3%	19,6%							
Investigación aplicada	58,8%	66,1%	62,0%							
Desarrollo experimental	17,6%	15,6%	18,5%							
El Salvador										
Investigación básica	39,0%	22,4%	27,4%	23,9%	35,6%	28,4%	32,0%	21,7%		
Investigación aplicada	49,2%	73,9%	64,3%	66,9%	56,3%	57,0%	46,3%	54,4%		
Desarrollo experimental	11,8%	3,8%	8,3%	9,2%	8,1%	14,6%	21,7%	23,9%		
España										
Investigación básica	23,1%	22,9%	22,6%	21,8%	21,8%	21,3%	21,1%	23,4%	23,7%	22,6%
Investigación aplicada	41,3%	41,3%	40,8%	41,0%	41,1%	41,2%	41,1%	43,3%	45,7%	46,1%
Desarrollo experimental	35,6%	35,8%	36,6%	37,2%	37,2%	37,6%	37,9%	33,3%	30,6%	31,4%
Estados Unidos										
Investigación básica	17,0%	17,4%	17,4%	16,8%	16,2%	15,8%	15,7%	15,3%	15,1%	
Investigación aplicada	20,0%	19,4%	19,3%	19,6%	21,1%	20,5%	19,7%	19,7%	19,6%	
Desarrollo experimental	63,0%	63,2%	63,3%	63,7%	62,8%	63,8%	64,6%	65,0%	65,3%	
Guatemala										
Investigación básica	6,5%	2,4%	0,5%	2,7%	3,9%	2,5%	1,2%	0,6%	3,9%	22,6%
Investigación aplicada	91,3%	86,4%	91,2%	96,6%	77,6%	83,8%	84,2%	98,0%	54,7%	48,6%
Desarrollo experimental	2,2%	11,2%	8,3%	0,7%	18,5%	13,7%	14,6%	1,4%	41,4%	28,8%
Honduras										
Investigación básica				33,3%						
Investigación aplicada				36,9%						
Desarrollo experimental				29,8%						
México										
Investigación básica	30,9%	30,8%	32,0%	31,9%	30,5%	30,4%	30,8%	30,6%	30,7%	30,8%
Investigación aplicada	30,8%	32,0%	28,4%	29,3%	29,9%	29,9%	30,1%	30,0%	30,1%	30,2%
Desarrollo experimental	38,2%	37,2%	39,6%	38,8%	39,6%	39,7%	39,1%	39,4%	39,2%	39,0%
Panamá										
Investigación básica	29,5%	32,7%	52,6%	44,9%	36,8%	43,4%	25,2%	25,8%	21,1%	32,1%
Investigación aplicada	44,5%	46,1%	35,1%	39,4%	56,4%	44,3%	56,2%	54,2%	63,1%	63,5%
Desarrollo experimental	26,1%	21,2%	12,3%	15,7%	6,8%	12,4%	18,6%	20,1%	15,8%	4,4%
Paraguay										
Investigación básica	11,9%		10,9%	13,7%	15,9%	15,7%	17,8%	17,5%	8,0%	7,1%
Investigación aplicada	71,1%		71,6%	73,1%	73,2%	73,4%	69,8%	70,9%	75,1%	79,2%
Desarrollo experimental	17,0%		17,5%	13,2%	11,0%	10,9%	12,4%	11,7%	16,9%	13,7%
Perú										
Investigación básica			25,6%	26,2%			4,3%	3,6%	2,3%	2,5%
Investigación aplicada			61,3%	66,5%			42,1%	43,6%	36,1%	38,7%
Desarrollo experimental			13,1%	7,3%			53,6%	52,9%	61,6%	58,8%
Portugal										
Investigación básica	21,0%	22,8%	23,2%	23,1%	22,9%	21,9%	21,4%	21,2%	19,3%	18,2%
Investigación aplicada	38,8%	39,3%	39,4%	39,5%	37,7%	38,5%	39,7%	39,7%	39,0%	39,0%
Desarrollo experimental	40,2%	38,0%	37,4%	37,4%	39,5%	39,6%	38,9%	39,1%	41,8%	42,8%
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021

INDICADOR 8:

GASTO EN INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO POR TIPO DE ACTIVIDAD

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Puerto Rico										
Investigación básica		20,6%		19,2%						
Investigación aplicada		21,5%		26,6%						
Desarrollo experimental		57,9%		54,2%						
Trinidad y Tobago										
Investigación básica						19,2%	12,4%	9,2%	9,8%	
Investigación aplicada						55,5%	51,3%	45,3%	45,3%	
Desarrollo experimental						25,3%	36,3%	45,5%	44,9%	
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021

Notas:

I+D: Investigación y Desarrollo Experimental.

El porcentaje de cada categoría es calculado en relación a la suma de los valores consignados. Dicho total no coincide necesariamente al informado para la inversión total en I+D.

Chile: El desglose se realiza sobre el gasto corriente en I+D, sin incluir gasto de capital, y no incluye al gasto en I+D ejecutado por observatorios.

GASTO EN INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO POR SECTOR DE FINANCIAMIENTO

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Argentina										
Gobierno			74,8%	71,5%	70,7%	64,7%	60,7%	57,7%	58,6%	
Empresas (Públicas y Privadas)			19,2%	18,8%	17,8%	21,6%	23,6%	23,6%	21,1%	
Educación Superior			2,0%	1,7%	1,7%	1,7%	1,7%	1,8%	1,3%	
Org. priv. sin fines de lucro			0,5%	0,5%	0,6%	0,8%	0,8%	0,8%	0,8%	
Extranjero			3,5%	7,5%	9,3%	11,3%	13,1%	16,2%	18,3%	
Brasil										
Gobierno	54,9%	57,7%	52,8%	53,2%	53,2%	58,1%	54,6%	48,3%	53,8%	
Empresas (Públicas y Privadas)	43,1%	40,4%	45,0%	44,6%	44,3%	38,9%	42,5%	48,9%	43,2%	
Educación Superior	2,0%	2,0%	2,2%	2,2%	2,5%	3,1%	2,9%	2,9%	3,0%	
Org. priv. sin fines de lucro										
Extranjero										
Canadá										
Gobierno	24,6%	24,4%	23,3%	21,9%	22,0%	23,3%	22,8%	22,5%	24,1%	23,4%
Empresas (Públicas y Privadas)	47,4%	46,6%	45,7%	43,9%	42,7%	43,1%	44,3%	43,9%	43,4%	44,0%
Educación Superior	18,9%	19,6%	18,8%	19,8%	19,5%	19,8%	19,2%	19,1%	18,8%	18,7%
Org. priv. sin fines de lucro	3,5%	3,6%	4,2%	4,7%	5,1%	5,1%	4,7%	4,2%	3,8%	3,8%
Extranjero	5,7%	5,8%	8,1%	9,8%	10,8%	8,8%	9,1%	10,3%	9,9%	10,1%
Chile										
Gobierno	36,0%	38,4%	44,2%	42,6%	45,5%	47,1%	47,7%	45,3%	42,2%	
Empresas (Públicas y Privadas)	35,0%	34,2%	31,9%	32,8%	35,1%	31,4%	30,7%	31,0%	34,7%	
Educación Superior	9,4%	11,7%	9,5%	11,1%	14,1%	15,4%	15,2%	16,3%	18,8%	
Org. priv. sin fines de lucro	2,1%	0,8%	0,7%	0,6%	1,5%	1,7%	1,8%	1,9%	2,2%	
Extranjero	17,5%	15,0%	13,8%	12,9%	3,9%	4,5%	4,7%	5,5%	2,1%	
Colombia										
Gobierno	35,5%	43,6%	32,7%	28,5%	33,5%	36,9%	26,8%	30,8%	29,8%	25,9%
Empresas (Públicas y Privadas)	35,0%	28,6%	45,6%	48,4%	40,7%	38,1%	45,0%	34,1%	40,6%	36,1%
Educación Superior	25,7%	24,0%	18,9%	18,1%	19,7%	19,5%	22,9%	25,3%	21,2%	29,3%
Org. priv. sin fines de lucro	1,0%	0,9%	0,8%	0,5%	0,4%	0,4%	1,1%	2,1%	2,0%	1,6%
Extranjero	2,9%	2,9%	2,1%	4,6%	5,8%	5,2%	4,2%	7,6%	6,4%	7,0%
Costa Rica										
Gobierno	81,5%	80,4%	94,3%	83,5%	93,2%	83,7%	93,8%			46,8%
Empresas (Públicas y Privadas)	5,9%	7,7%	2,5%	6,9%	4,5%	5,7%	2,3%			29,3%
Educación Superior										20,4%
Org. priv. sin fines de lucro	0,5%	0,7%	0,9%	4,3%	0,3%	0,1%	0,0%			0,6%
Extranjero	12,1%	11,3%	2,4%	5,4%	2,0%	10,5%	3,9%			2,9%
Cuba										
Gobierno	80,0%	80,0%	60,0%	55,0%	63,0%	66,0%	56,4%	57,2%	69,2%	51,8%
Empresas (Públicas y Privadas)	15,0%	15,0%	30,0%	40,0%	35,0%	33,0%	42,0%	40,7%	25,2%	39,4%
Educación Superior										
Org. priv. sin fines de lucro										
Extranjero	5,0%	5,0%	10,0%	5,0%	2,0%	1,0%	1,6%	2,2%	5,6%	8,9%
Ecuador										
Gobierno	67,3%	70,3%	73,5%							
Empresas (Públicas y Privadas)	0,1%	0,1%	0,2%							
Educación Superior	26,9%	24,8%	21,8%							
Org. priv. sin fines de lucro	0,4%	0,3%	0,2%							
Extranjero	5,3%	4,6%	4,3%							
El Salvador										
Gobierno	11,7%	42,9%	33,0%	29,0%	19,2%	39,5%	32,0%	36,0%	33,6%	
Empresas (Públicas y Privadas)	2,7%	0,7%	0,7%	41,9%	44,2%	31,4%	35,2%	31,5%	35,1%	
Educación Superior	73,9%	37,1%	48,6%	21,2%	33,0%	20,8%	26,8%	24,0%	31,3%	
Org. priv. sin fines de lucro	2,6%	2,9%	0,9%	1,1%	0,3%	1,3%	0,4%	1,2%		
Extranjero	9,1%	16,4%	16,9%	6,8%	3,3%	7,1%	5,6%	7,3%		
España										
Gobierno	43,1%	41,6%	41,4%	40,9%	40,0%	38,9%	37,6%	37,9%	38,5%	37,5%
Empresas (Públicas y Privadas)	45,6%	46,3%	46,4%	45,8%	46,7%	47,8%	49,5%	49,1%	49,2%	50,3%
Educación Superior	3,9%	4,1%	4,2%	4,3%	4,4%	4,3%	4,4%	4,2%	3,8%	4,0%
Org. priv. sin fines de lucro	0,6%	0,6%	0,7%	0,9%	0,9%	0,8%	0,7%	0,7%	0,8%	0,9%
Extranjero	6,7%	7,4%	7,4%	8,0%	8,1%	8,2%	7,9%	8,2%	7,7%	7,5%
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021

INDICADOR 9:

GASTO EN INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO POR SECTOR DE FINANCIAMIENTO

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Estados Unidos										
Gobierno	29,6%	27,5%	25,9%	24,7%	23,2%	22,5%	22,0%	20,7%	20,1%	
Empresas (Públicas y Privadas)	59,5%	61,1%	61,9%	63,3%	64,0%	63,4%	64,0%	65,5%	66,2%	
Educación Superior	3,3%	3,4%	3,4%	3,4%	3,5%	3,5%	3,4%	3,2%	3,1%	
Org. priv. sin fines de lucro	3,5%	3,6%	3,7%	3,7%	3,6%	3,7%	3,6%	3,5%	3,4%	
Extranjero	4,1%	4,5%	5,0%	4,9%	5,7%	7,0%	7,1%	7,1%	7,2%	
Guatemala										
Gobierno	23,5%	28,8%	31,1%	27,8%	15,1%	10,2%	8,3%	10,5%	63,8%	63,0%
Empresas (Públicas y Privadas)					12,9%	10,3%	12,5%	11,1%		
Educación Superior	27,5%	26,9%	34,1%	28,2%	72,0%	79,5%	78,8%	77,9%	36,2%	37,0%
Org. priv. sin fines de lucro										
Extranjero	49,0%	44,3%	34,8%	44,0%			0,4%	0,5%		
Honduras										
Gobierno				82,5%		44,9%	39,9%	54,7%		
Empresas (Públicas y Privadas)						10,4%	44,9%	21,1%		
Educación Superior				17,5%		27,4%	3,1%	6,4%		
Org. priv. sin fines de lucro						13,8%	9,0%	11,6%		
Extranjero						3,5%	3,1%	6,2%		
México										
Gobierno	73,0%	76,8%	81,3%	79,7%	77,6%	76,8%	78,1%	76,7%	77,2%	77,4%
Empresas (Públicas y Privadas)	24,7%	20,6%	15,7%	17,4%	18,8%	19,1%	17,5%	18,2%	17,6%	17,0%
Educación Superior	1,4%	1,5%	2,0%	1,7%	2,2%	2,5%	2,7%	3,1%	3,1%	3,2%
Org. priv. sin fines de lucro	0,6%	0,7%	0,5%	0,6%	0,7%	0,8%	0,8%	0,9%	0,9%	1,0%
Extranjero	0,4%	0,4%	0,5%	0,6%	0,7%	0,9%	0,9%	1,1%	1,3%	1,4%
Panamá										
Gobierno	82,3%	80,9%	1,2%	1,1%	0,7%	1,1%	1,6%	2,0%	1,0%	1,0%
Empresas (Públicas y Privadas)	9,9%	10,9%	58,6%	63,4%	42,3%	37,2%	35,6%	38,4%	24,4%	21,9%
Educación Superior	7,6%	8,0%	0,1%	0,7%	9,2%	13,9%	44,1%	41,9%	48,4%	48,1%
Org. priv. sin fines de lucro			4,2%	4,0%	0,1%	1,1%	1,1%	1,8%	5,0%	7,9%
Extranjero	0,2%	0,3%	35,9%	30,8%	47,7%	46,8%	17,7%	15,9%	21,2%	21,2%
Paraguay										
Gobierno	84,5%	78,5%	74,3%	81,3%	79,6%	80,8%	72,7%	75,4%	78,5%	80,3%
Empresas (Públicas y Privadas)	0,9%	0,5%	0,3%	0,3%	0,5%	0,2%	0,4%	0,2%	0,2%	0,2%
Educación Superior	3,8%	3,4%	3,2%	2,3%	3,0%	4,0%	3,9%	3,0%	1,9%	4,1%
Org. priv. sin fines de lucro	2,9%	3,8%	4,5%	4,6%	3,4%	2,9%	8,6%	7,4%	8,9%	2,3%
Extranjero	7,9%	13,7%	17,8%	11,5%	13,6%	12,0%	14,3%	13,9%	10,5%	13,2%
Portugal										
Gobierno	43,1%	46,6%	47,1%	44,3%	42,6%	41,0%	40,6%	40,2%	37,3%	35,6%
Empresas (Públicas y Privadas)	46,0%	42,3%	41,8%	42,7%	44,4%	46,5%	47,3%	48,3%	52,2%	53,7%
Educación Superior	3,6%	4,1%	4,2%	4,4%	3,7%	3,9%	3,8%	3,5%	2,9%	3,3%
Org. priv. sin fines de lucro	2,1%	1,0%	1,3%	1,3%	1,3%	1,2%	1,1%	1,2%	1,2%	1,2%
Extranjero	5,2%	6,1%	5,6%	7,4%	8,0%	7,3%	7,2%	6,8%	6,5%	6,3%
Puerto Rico										
Gobierno		25,0%		23,2%						
Empresas (Públicas y Privadas)		65,6%		69,8%						
Educación Superior		8,9%		6,7%						
Org. priv. sin fines de lucro		0,5%		0,3%						
Extranjero										
Trinidad y Tobago										
Gobierno						75,0%	62,5%	0,2%	82,0%	
Empresas (Públicas y Privadas)						8,2%	13,6%		4,6%	
Educación Superior								99,8%		
Org. priv. sin fines de lucro										
Extranjero						16,8%	23,9%		13,4%	
Uruguay										
Gobierno	33,0%	40,9%	28,3%	27,2%	29,1%	28,2%	27,5%	27,7%	27,7%	27,7%
Empresas (Públicas y Privadas)	15,0%	7,7%	5,8%	9,5%	4,5%	4,6%	5,5%	4,2%	4,2%	4,2%
Educación Superior	43,4%	45,4%	58,4%	56,1%	58,8%	59,5%	59,3%	61,7%	61,7%	61,7%
Org. priv. sin fines de lucro	0,9%	0,6%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,2%	0,2%	0,2%
Extranjero	7,7%	5,5%	7,3%	7,0%	7,3%	7,4%	7,4%	6,2%	6,2%	6,2%
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021

INDICADOR 9:

GASTO EN INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO POR SECTOR DE FINANCIAMIENTO

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Venezuela										
Gobierno			87,7%	89,1%	93,4%					
Empresas (Públicas y Privadas)										
Educación Superior			12,3%	10,9%	6,6%					
Org. priv. sin fines de lucro										
Extranjero										
América Latina y el Caribe										
Gobierno	60,9%	63,1%	59,8%	59,1%	60,5%	63,9%	60,7%	56,1%	56,1%	55,7%
Empresas (Públicas y Privadas)	34,5%	32,3%	35,6%	35,9%	34,1%	29,8%	32,8%	37,3%	36,8%	36,2%
Educación Superior	3,6%	3,6%	3,6%	3,7%	4,0%	4,4%	4,6%	4,5%	4,6%	4,9%
Org. priv. sin fines de lucro	0,3%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,3%	0,3%	0,3%	0,4%	0,4%
Extranjero	0,8%	0,8%	0,8%	1,1%	1,2%	1,6%	1,6%	1,8%	2,2%	2,8%
Iberoamérica										
Gobierno	55,6%	57,3%	55,1%	54,5%	54,9%	56,4%	53,7%	50,5%	49,8%	48,8%
Empresas (Públicas y Privadas)	37,7%	36,0%	38,2%	38,3%	37,4%	35,2%	37,8%	40,9%	41,3%	41,6%
Educación Superior	3,7%	3,7%	3,7%	3,8%	4,1%	4,4%	4,5%	4,4%	4,2%	4,5%
Org. priv. sin fines de lucro	0,5%	0,4%	0,4%	0,4%	0,4%	0,5%	0,4%	0,5%	0,5%	0,6%
Extranjero	2,6%	2,6%	2,6%	3,0%	3,2%	3,7%	3,6%	3,8%	4,1%	4,5%
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021

Notas:

El porcentaje de cada categoría es calculado en relación a la suma de los valores consignados. Dicho total no coincide necesariamente al informado para la inversión total en I+D.

I+D: Investigación y Desarrollo Experimental.

América Latina y el Caribe: los datos son estimados.

Iberoamérica: los datos son estimados.

INDICADOR 10:

GASTO EN INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO POR SECTOR DE EJECUCIÓN

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Argentina										
Gobierno	43,6%	45,3%	47,6%	50,8%	47,1%	46,8%	41,6%	37,8%	36,2%	38,0%
Empresas (Públicas y Privadas)	25,5%	24,4%	21,1%	22,5%	25,7%	27,1%	31,7%	36,2%	39,7%	39,1%
Educación Superior	29,8%	29,3%	30,4%	25,8%	26,5%	25,2%	25,5%	24,9%	23,0%	21,7%
Org. priv. sin fines de lucro	1,1%	1,1%	0,9%	0,9%	0,7%	0,9%	1,2%	1,1%	1,1%	1,2%
Canadá										
Gobierno	8,6%	8,9%	8,6%	7,0%	6,6%	7,0%	7,0%	6,7%	7,6%	6,9%
Empresas (Públicas y Privadas)	51,6%	51,1%	53,2%	53,3%	53,5%	52,7%	53,7%	54,0%	54,1%	55,0%
Educación Superior	39,4%	39,5%	37,7%	39,3%	39,5%	39,8%	38,9%	38,9%	37,9%	37,7%
Org. priv. sin fines de lucro	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%	0,4%	0,5%	0,4%	0,4%
Chile										
Gobierno	4,1%	8,4%	8,1%	7,8%	12,9%	13,1%	12,6%	11,3%	11,1%	
Empresas (Públicas y Privadas)	34,4%	35,0%	33,4%	34,3%	37,7%	34,2%	33,5%	33,6%	35,6%	
Educación Superior	34,3%	39,3%	39,0%	38,5%	43,1%	45,9%	47,0%	49,1%	47,6%	
Org. priv. sin fines de lucro	27,2%	17,3%	19,5%	19,4%	6,4%	6,8%	6,9%	6,0%	5,8%	
Colombia										
Gobierno	2,5%	7,2%	3,2%	2,2%	7,9%	9,6%	7,6%	10,1%	7,1%	7,2%
Empresas (Públicas y Privadas)	31,2%	25,2%	43,2%	47,8%	39,8%	35,1%	42,1%	31,6%	38,0%	35,0%
Educación Superior	60,9%	61,9%	49,2%	46,8%	49,8%	53,4%	48,2%	55,2%	51,4%	55,1%
Org. priv. sin fines de lucro	5,4%	5,8%	4,4%	3,2%	2,5%	1,9%	2,0%	3,1%	3,6%	2,7%
Costa Rica										
Gobierno	27,1%	28,9%	26,9%	23,6%	18,7%	12,6%	13,2%			9,8%
Empresas (Públicas y Privadas)	31,3%	31,5%	36,5%	26,6%	32,8%	33,9%	37,5%			31,7%
Educación Superior	39,8%	37,8%	35,8%	49,3%	48,3%	53,4%	48,2%			58,4%
Org. priv. sin fines de lucro	1,8%	1,8%	0,8%	0,5%	0,2%	0,2%	1,2%			0,2%
Ecuador										
Gobierno	24,8%	31,6%	36,8%							
Empresas (Públicas y Privadas)	57,3%	49,1%	42,3%							
Educación Superior	16,4%	17,5%	19,5%							
Org. priv. sin fines de lucro	1,6%	1,9%	1,4%							
El Salvador										
Gobierno		45,0%	39,8%	26,6%	26,0%	39,3%	31,5%	30,0%		
Empresas (Públicas y Privadas)				41,6%	39,9%	31,0%	32,5%	29,8%		
Educación Superior	100,0%	55,0%	60,2%	31,7%	34,1%	29,7%	36,0%	40,2%		
Org. priv. sin fines de lucro										
España										
Gobierno	19,1%	18,7%	18,8%	19,1%	18,5%	17,7%	16,8%	17,0%	17,5%	16,9%
Empresas (Públicas y Privadas)	53,0%	53,1%	52,9%	52,5%	53,7%	55,0%	56,5%	56,1%	55,6%	56,2%
Educación Superior	27,8%	28,0%	28,1%	28,1%	27,5%	27,1%	26,4%	26,6%	26,7%	26,6%
Org. priv. sin fines de lucro	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%
Estados Unidos										
Gobierno	12,3%	11,5%	11,3%	10,8%	9,8%	9,6%	9,7%	9,6%	9,5%	
Empresas (Públicas y Privadas)	69,6%	70,9%	71,4%	72,4%	73,2%	73,6%	74,0%	74,9%	75,3%	
Educación Superior	14,0%	13,5%	13,1%	12,7%	12,7%	12,6%	12,1%	11,5%	11,3%	
Org. priv. sin fines de lucro	4,1%	4,1%	4,2%	4,1%	4,3%	4,3%	4,1%	4,0%	4,0%	
Guatemala										
Gobierno	16,5%	25,9%	25,3%	30,7%	15,1%	10,2%	9,9%	10,2%	63,8%	63,0%
Empresas (Públicas y Privadas)	0,2%	0,1%	0,6%	0,9%	12,9%	10,3%	12,5%	11,2%		
Educación Superior	82,3%	72,0%	73,6%	68,4%	72,0%	79,5%	77,6%	78,0%	36,2%	37,0%
Org. priv. sin fines de lucro	1,0%	1,9%	0,5%					0,5%		
Honduras										
Gobierno						44,7%	55,9%	31,9%		
Empresas (Públicas y Privadas)							0,3%	10,3%		
Educación Superior						30,2%	15,4%	43,4%		
Org. priv. sin fines de lucro						25,1%	28,4%	14,4%		
México										
Gobierno	38,5%	41,8%	32,3%	30,1%	26,4%	26,2%	26,6%	26,2%	26,3%	26,4%
Empresas (Públicas y Privadas)	26,8%	25,5%	17,9%	18,6%	22,2%	22,5%	21,2%	21,8%	21,4%	20,9%
Educación Superior	33,8%	31,8%	48,8%	50,3%	50,4%	50,2%	51,2%	50,8%	51,0%	51,3%
Org. priv. sin fines de lucro	1,0%	1,0%	1,0%	0,9%	1,0%	1,1%	1,1%	1,2%	1,3%	1,4%

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
--	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

INDICADOR 10:

GASTO EN INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO POR SECTOR DE EJECUCIÓN

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Panamá										
Gobierno	63,4%	58,0%	24,4%	25,2%	23,4%	27,7%				
Empresas (Públicas y Privadas)	2,0%	1,9%	0,3%	0,4%	0,4%	0,7%				
Educación Superior	2,4%	2,5%	3,2%	3,9%	11,4%	12,3%				
Org. priv. sin fines de lucro	32,2%	37,7%	72,2%	70,5%	64,9%	59,3%				
Paraguay										
Gobierno	31,6%	35,0%	37,2%	48,1%	35,6%	35,7%	35,7%	52,8%	56,0%	49,5%
Empresas (Públicas y Privadas)										
Educación Superior	59,9%	50,1%	43,4%	52,0%	41,3%	40,4%	38,2%	25,9%	24,0%	36,1%
Org. priv. sin fines de lucro	8,5%	15,0%	19,4%		23,1%	23,9%	26,2%	21,4%	20,0%	14,4%
Perú										
Gobierno			44,5%	41,7%			70,9%	70,9%	70,6%	70,4%
Empresas (Públicas y Privadas)							29,1%	29,1%	29,4%	29,6%
Educación Superior			43,3%	46,9%						
Org. priv. sin fines de lucro			12,2%	11,5%						
Portugal										
Gobierno	5,4%	6,5%	6,3%	6,5%	5,3%	5,5%	5,3%	5,1%	5,0%	4,7%
Empresas (Públicas y Privadas)	49,7%	47,5%	46,4%	46,4%	48,4%	50,4%	51,5%	52,5%	57,0%	59,7%
Educación Superior	36,5%	44,6%	45,6%	45,5%	44,7%	42,5%	41,6%	40,5%	36,0%	33,3%
Org. priv. sin fines de lucro	8,5%	1,3%	1,7%	1,6%	1,6%	1,6%	1,6%	1,9%	2,1%	2,3%
Puerto Rico										
Gobierno		1,8%		1,7%						
Empresas (Públicas y Privadas)		66,0%		69,3%						
Educación Superior		31,8%		28,6%						
Org. priv. sin fines de lucro		0,4%		0,4%						
Trinidad y Tobago										
Gobierno	63,3%	60,6%	73,7%	78,3%	77,5%	87,5%	83,9%	0,2%	94,8%	
Empresas (Públicas y Privadas)						8,2%	11,6%			
Educación Superior	36,7%	39,4%	26,3%	21,7%	22,5%	4,3%	4,5%	99,8%	5,3%	
Org. priv. sin fines de lucro										
Uruguay										
Gobierno	28,3%	32,8%	29,5%	29,7%	28,0%	35,8%	41,7%	27,2%	26,7%	32,8%
Empresas (Públicas y Privadas)	37,0%	30,8%	27,9%	30,4%	28,7%	24,1%	21,4%	27,6%	28,5%	26,2%
Educación Superior	34,3%	35,8%	42,3%	39,6%	43,1%	40,0%	36,7%	45,0%	44,6%	40,8%
Org. priv. sin fines de lucro	0,5%	0,5%	0,3%	0,2%	0,3%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%
América Latina y el Caribe										
Gobierno	28,0%	28,7%	27,1%	27,1%	26,5%	27,0%	26,5%	26,2%	26,2%	26,4%
Empresas (Públicas y Privadas)	30,0%	29,5%	28,5%	28,9%	29,4%	29,3%	30,1%	30,3%	30,7%	30,6%
Educación Superior	40,8%	40,8%	43,2%	42,9%	43,2%	42,7%	42,5%	42,6%	42,1%	41,9%
Org. priv. sin fines de lucro	1,3%	1,1%	1,1%	1,1%	0,8%	0,9%	1,0%	0,9%	1,1%	1,0%
Iberoamérica										
Gobierno	24,6%	25,2%	24,3%	24,2%	23,4%	23,2%	22,4%	22,2%	22,0%	21,7%
Empresas (Públicas y Privadas)	36,9%	36,1%	35,0%	35,3%	36,6%	37,8%	39,0%	39,2%	40,1%	41,0%
Educación Superior	37,2%	37,9%	39,9%	39,5%	39,3%	38,3%	37,8%	37,8%	37,0%	36,4%
Org. priv. sin fines de lucro	1,4%	0,9%	0,9%	0,9%	0,7%	0,8%	0,8%	0,8%	0,9%	0,9%
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021

Notas:

El porcentaje de cada categoría es calculado en relación a la suma de los valores consignados. Dicho total no coincide necesariamente al informado para la inversión total en ACT.

I+D: Investigación y Desarrollo Experimental.

América Latina y el Caribe: los datos son estimados.

Iberoamérica: los datos son estimados.

INDICADOR 11:

GASTO EN INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO POR DISCIPLINA CIENTÍFICA

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Argentina										
Cs. Naturales y Exactas	28,1%	28,3%	27,6%	27,8%	24,8%	24,5%	26,3%	27,1%	26,3%	24,2%
Ingeniería y Tecnología	24,8%	27,0%	27,3%	29,3%	33,3%	34,5%	29,6%	26,0%	27,1%	30,4%
Ciencias Médicas	7,6%	7,6%	8,0%	6,7%	7,5%	8,6%	10,4%	8,6%	9,6%	8,6%
Ciencias Agrícolas	15,2%	13,7%	13,5%	13,4%	12,0%	11,4%	12,3%	14,4%	14,7%	14,6%
Ciencias Sociales	17,1%	15,8%	16,0%	15,1%	14,3%	12,9%	13,8%	15,1%	13,9%	14,1%
Humanidades	7,3%	7,6%	7,6%	7,6%	8,1%	8,1%	7,6%	8,8%	8,4%	8,1%
Chile										
Cs. Naturales y Exactas	19,3%	29,8%	32,0%	34,1%	28,1%	28,2%	27,4%			
Ingeniería y Tecnología	35,7%	33,9%	32,6%	31,0%	33,5%	32,8%	30,3%			
Ciencias Médicas	10,5%	10,7%	11,5%	9,7%	10,1%	11,5%	12,0%			
Ciencias Agrícolas	15,4%	14,9%	14,1%	14,4%	15,7%	15,4%	15,5%			
Ciencias Sociales	14,4%	8,4%	7,7%	9,1%	10,2%	10,2%	12,1%			
Humanidades	4,7%	2,3%	2,0%	1,8%	2,3%	2,0%	2,6%			
Costa Rica										
Cs. Naturales y Exactas	18,6%	20,1%	17,0%	18,2%	19,4%	19,8%	20,7%			29,0%
Ingeniería y Tecnología	32,8%	21,3%	22,1%	21,4%	25,9%	22,1%	17,7%			16,7%
Ciencias Médicas	6,4%	8,7%	9,8%	9,0%	8,2%	9,5%	9,3%			17,8%
Ciencias Agrícolas	20,0%	24,6%	25,0%	24,8%	19,9%	20,1%	22,2%			27,3%
Ciencias Sociales	18,9%	22,3%	23,6%	22,7%	22,9%	24,5%	26,1%			8,7%
Humanidades	3,4%	3,1%	2,5%	4,0%	3,9%	4,0%	4,0%			0,4%
Ecuador										
Cs. Naturales y Exactas	26,6%	22,2%	22,6%							
Ingeniería y Tecnología	24,8%	28,6%	29,8%							
Ciencias Médicas	5,0%	7,7%	8,1%							
Ciencias Agrícolas	19,3%	13,5%	11,7%							
Ciencias Sociales	22,4%	24,1%	23,9%							
Humanidades	1,9%	4,0%	3,9%							
El Salvador										
Cs. Naturales y Exactas	6,3%	7,0%	3,8%	4,0%	3,2%	4,2%	2,8%	3,5%		
Ingeniería y Tecnología	38,1%	19,9%	13,0%	50,4%	52,0%	41,0%	45,8%	49,3%		
Ciencias Médicas	11,3%	8,5%	31,5%	8,7%	12,2%	18,9%	5,1%	6,1%		
Ciencias Agrícolas	4,1%	38,6%	8,2%	22,1%	12,4%	10,7%	16,5%	14,8%		
Ciencias Sociales	32,8%	20,2%	40,1%	14,3%	19,8%	21,8%	27,9%	25,2%		
Humanidades	7,5%	5,8%	3,4%	0,5%	0,5%	3,4%	2,0%	1,1%		
Guatemala										
Cs. Naturales y Exactas	11,7%	11,7%	10,2%	14,0%	11,0%	6,5%	8,7%	10,4%	17,2%	6,7%
Ingeniería y Tecnología	6,4%	6,0%	8,5%	4,9%	9,3%	5,4%	8,0%	8,2%	17,8%	21,0%
Ciencias Médicas	33,8%	36,6%	28,8%	26,5%	26,0%	42,4%	37,9%	26,1%	19,3%	17,7%
Ciencias Agrícolas	26,2%	29,2%	30,9%	34,6%	35,2%	25,7%	20,9%	23,3%	11,3%	9,6%
Ciencias Sociales	18,1%	12,7%	14,3%	13,7%	12,7%	15,5%	18,5%	26,4%	32,1%	44,6%
Humanidades	3,8%	3,7%	7,4%	6,3%	5,9%	4,6%	6,1%	5,7%	2,2%	0,4%
Honduras										
Cs. Naturales y Exactas				3,1%		7,9%	3,2%	9,0%		
Ingeniería y Tecnología				7,4%		16,5%	0,8%	2,0%		
Ciencias Médicas				5,8%		2,7%	0,2%	0,6%		
Ciencias Agrícolas				20,3%		55,2%	34,7%	80,4%		
Ciencias Sociales				32,2%		16,9%	2,1%	7,7%		
Humanidades				31,2%		0,9%	59,2%	0,4%		
México										
Cs. Naturales y Exactas	85,0%	85,1%	80,0%	80,8%	80,7%	80,7%	80,4%	80,5%	80,4%	80,3%
Ingeniería y Tecnología										
Ciencias Médicas										
Ciencias Agrícolas										
Ciencias Sociales	15,0%	14,9%	20,0%	19,2%	19,4%	19,3%	19,6%	19,5%	19,6%	19,7%
Humanidades										
Panamá										
Cs. Naturales y Exactas			85,6%	85,3%	82,4%	73,0%	53,8%	55,6%	50,5%	46,3%
Ingeniería y Tecnología			4,0%	3,7%	11,0%	16,4%	10,4%	13,7%	29,5%	23,1%
Ciencias Médicas			1,5%	1,4%	0,4%	0,6%	0,7%	0,9%	4,5%	12,7%
Ciencias Agrícolas			1,2%	0,8%	0,1%	3,8%	27,3%	24,2%	13,6%	16,6%
Ciencias Sociales			5,8%	6,9%	4,3%	4,4%	6,5%	4,3%	1,9%	1,3%
Humanidades			1,9%	1,9%	1,8%	1,7%	1,3%	1,2%	0,1%	

GASTO EN INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO POR DISCIPLINA CIENTÍFICA

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Paraguay										
Cs. Naturales y Exactas	5,8%		13,5%	10,4%	18,6%	17,0%	16,5%	16,9%	8,0%	23,0%
Ingeniería y Tecnología	7,9%		15,6%	14,7%	15,2%	15,8%	20,2%	19,5%	33,8%	26,0%
Ciencias Médicas	12,5%		18,9%	22,4%	17,7%	20,1%	19,5%	16,2%	13,3%	18,8%
Ciencias Agrícolas	66,3%		35,8%	36,9%	32,8%	25,7%	24,0%	31,6%	30,6%	15,4%
Ciencias Sociales	6,0%		12,9%	12,7%	13,5%	18,4%	16,3%	14,8%	12,9%	16,3%
Humanidades	1,4%		3,3%	2,9%	2,3%	3,0%	3,6%	1,0%	1,4%	0,6%
Perú										
Cs. Naturales y Exactas			35,9%	32,0%						
Ingeniería y Tecnología			20,4%	22,7%						
Ciencias Médicas			8,2%	9,8%						
Ciencias Agrícolas			12,2%	13,3%						
Ciencias Sociales			20,4%	19,3%						
Humanidades			2,9%	3,0%						
Portugal										
Cs. Naturales y Exactas	23,0%	24,0%	25,2%	24,2%	23,7%	23,4%	23,0%	23,1%	23,6%	22,5%
Ingeniería y Tecnología	43,1%	41,6%	40,0%	40,7%	42,6%	43,8%	44,1%	45,3%	46,6%	47,3%
Ciencias Médicas	13,0%	12,3%	12,7%	12,9%	12,1%	12,5%	12,8%	12,5%	11,9%	13,2%
Ciencias Agrícolas	4,2%	3,6%	3,6%	3,3%	3,1%	3,1%	3,3%	3,3%	3,4%	3,4%
Ciencias Sociales	11,0%	11,7%	11,4%	12,4%	11,9%	11,3%	11,4%	10,6%	9,9%	9,4%
Humanidades	5,8%	7,0%	7,1%	6,5%	6,5%	5,8%	5,5%	5,2%	4,7%	4,3%
Puerto Rico										
Cs. Naturales y Exactas		15,4%		14,8%						
Ingeniería y Tecnología		23,5%		26,1%						
Ciencias Médicas		37,7%		36,6%						
Ciencias Agrícolas		22,3%		21,4%						
Ciencias Sociales		1,1%		1,1%						
Humanidades		0,0%		0,1%						
Trinidad y Tobago										
Cs. Naturales y Exactas	24,8%	27,1%	28,6%	32,2%	27,0%	31,2%	28,9%	0,1%	40,2%	
Ingeniería y Tecnología	1,8%	3,1%	7,7%	4,5%	5,1%	8,5%	11,9%	0,0%	4,3%	
Ciencias Médicas	3,6%	4,2%	6,4%	6,8%	7,6%	22,0%	20,4%	99,8%	5,1%	
Ciencias Agrícolas	56,3%	56,9%	52,5%	51,5%	55,3%	37,6%	38,0%	0,1%	50,0%	
Ciencias Sociales	10,1%	7,2%	3,9%	4,1%	4,2%	0,3%	0,4%	0,0%	0,1%	
Humanidades	3,5%	1,5%	0,9%	0,9%	0,9%	0,4%	0,4%	0,0%	0,3%	
Uruguay										
Cs. Naturales y Exactas	17,4%	16,7%	16,8%	17,5%	17,0%	7,1%	8,0%			
Ingeniería y Tecnología	30,0%	22,8%	19,9%	19,9%	21,1%	33,9%	34,4%			
Ciencias Médicas	14,8%	9,8%	16,7%	15,5%	18,5%	16,8%	15,0%			
Ciencias Agrícolas	23,6%	32,0%	29,5%	29,4%	22,0%	20,8%	17,4%			
Ciencias Sociales	8,1%	12,8%	10,4%	11,2%	12,5%	16,6%	20,0%			
Humanidades	6,1%	5,9%	6,7%	6,5%	9,0%	4,9%	5,2%			
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021

Notas:

I+D: Investigación y Desarrollo Experimental.

El porcentaje de cada categoría es calculado en relación a la suma de los valores consignados. Dicho total no coincide necesariamente al informado para la inversión total en I+D.

Chile: Los montos sin asignar corresponden al gasto en I+D ejecutado por observatorios, los cuales no tienen información desagregada por disciplina científica.

Colombia: Los montos sin asignar corresponden al gasto en el sector de empresas.

México: Las categorías reportadas incluyen: Ciencias naturales e ingeniería en Cs. Naturales y Exactas. Y Ciencias sociales y humanidades en Ciencias Sociales.

INDICADOR 12:

PERSONAL DE I+D (PERSONAS FÍSICAS)

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Argentina										
Investigadores	79.641	81.506	83.462	82.396	86.562	84.284	88.872	90.656	91.243	93.925
Técnicos y personal asimilado	12.826	13.532	13.592	14.046	14.297	15.357	18.052	19.215	17.834	16.501
Personal de apoyo	8.976	10.416	11.363	11.673	11.928	11.468	11.497	11.950	12.311	12.671
Bolivia										
Investigadores	1.300	1.451	1.613			958		1.198		1.327
Técnicos y personal asimilado	473	488	541			871		1.204		1.470
Personal de apoyo	513	567	642			375		401		409
Brasil										
Investigadores	273.602	295.212	316.822	343.413	378.268	397.243	421.838			
Técnicos y personal asimilado	262.392	277.207	292.023	316.533	348.659	366.149	388.819			
Personal de apoyo										
Chile										
Investigadores	10.447	9.795	12.303	13.015	14.181	14.392	15.467	15.438	15.751	
Técnicos y personal asimilado	7.189	6.195	7.447	6.728	7.211	7.585	6.852	6.791	6.420	
Personal de apoyo	3.319	3.430	3.975	3.026	3.574	2.913	2.680	2.758	2.596	
Colombia										
Investigadores		8.011	8.280	10.050	13.001	13.001	16.796	16.796	21.094	21.904
Costa Rica										
Investigadores	3.630	4.291	4.072	4.228	3.885	3.834	3.781		4.306	4.543
Técnicos y personal asimilado	2.853	1.746	1.342	958	815	706	602		1.327	1.245
Personal de apoyo	1.844	1.156	956	957	825	884	923		1.251	1.061
Cuba										
Investigadores	4.655	4.719	4.355	3.853	6.839	6.878				
Técnicos y personal asimilado										
Personal de apoyo	9.934	10.127	10.063	19.699	12.099	11.851				
Ecuador										
Investigadores	7.263	9.456	11.410							
Técnicos y personal asimilado	1.580	1.498	1.815							
Personal de apoyo	1.749	1.949	1.778							
El Salvador										
Investigadores	605	662	792	1.001	941	981	934	1.030		
Técnicos y personal asimilado				44	89	97	139	167		
Personal de apoyo				40	6	38	101	100		
España										
Investigadores	215.544	208.767	210.104	214.227	218.680	225.995	234.798	241.372	244.187	255.409
Técnicos y personal asimilado	83.077	81.594	78.556	81.624	81.927	86.225	90.001	92.140	91.223	100.512
Personal de apoyo	44.280	42.774	44.211	42.328	41.202	42.113	44.493	44.350	42.887	42.942
Guatemala										
Investigadores	666	514	562	602	656	494	400	508	599	425
Técnicos y personal asimilado	570	451	615	547	644	677	390	412	614	627
Personal de apoyo	318	373	640	722	565	662	452	394	273	364
Honduras										
Investigadores				207		538	667	684		
Técnicos y personal asimilado				91		714	985	1.021		
Personal de apoyo				6		404	468	473		
Jamaica										
Investigadores					759	682				
México										
Investigadores	41.419	42.222	44.662	48.812	54.357	54.578	54.539	58.013	62.356	66.984
Técnicos y personal asimilado	20.471	19.624	17.662	18.674	22.670	22.494	22.176	22.995	24.208	25.759
Personal de apoyo	15.718	15.413	9.064	10.104	12.657	12.366	11.995	11.518	11.039	11.466
Panamá										
Investigadores	447	622	451	525	537	616	581	623	1.210	1.127
Técnicos y personal asimilado	1.916	2.040	275	164	167	187	189	261	526	623
Personal de apoyo	872	1.021	408	199	202	237	155	181	597	504
Paraguay										
Investigadores	1.704		1.610	1.985	1.619	1.784	1.898	1.843	1.765	1.832
Técnicos y personal asimilado	887		488	650	708	709	605	776	922	1.079
Personal de apoyo	1.696		2.542	2.727	312	616	415	599	630	814
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021

INDICADOR 12:
PERSONAL I+D (PERSONAS FÍSICAS)

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Perú										
Investigadores	1.503	3.502	3.032	3.374	4.201	4.506	4.929	6.661	7.945	8.977
Técnicos y personal asimilado			1.077	1.195						
Personal de apoyo			671	837						
Portugal										
Investigadores	81.750	78.290	78.736	81.005	85.780	89.659	96.123	100.823	104.681	110.953
Técnicos y personal asimilado	7.428	14.760	15.530	18.991	14.133	15.405	16.394	17.528	20.911	21.556
Personal de apoyo	3.799	2.297	2.686	3.295	3.767	4.187	4.347	4.661	5.536	6.206
Puerto Rico										
Investigadores		1.976		2.070						
Técnicos y personal asimilado		2.516		3.040						
Personal de apoyo		301		390						
Trinidad y Tobago										
Investigadores	914	1.244	1.228	1.277	1.375	1.506	1.687	1.516	1.336	
Técnicos y personal asimilado	329	375	415	673	476	574	566	505	635	
Personal de apoyo	0	0	472	582	785	1.016	969	824	1.076	
Uruguay										
Investigadores	2.731	2.667	2.739	2.768	2.941	2.981	3.099	3.165	3.206	3.295
Venezuela										
Investigadores	9.592	11.781	11.873	10.824	10.382			7.591	9.655	9.377
Técnicos y personal asimilado								2.192	2.400	2.115
Personal de apoyo								927	3.236	2.951
América Latina y el Caribe										
Investigadores	453.496	483.464	513.516	545.385	597.040	613.522	646.942	660.202	677.348	700.863
Iberoamérica										
Investigadores	750.791	770.521	802.356	840.617	901.500	929.176	977.863	1.002.397	1.026.216	1.067.225
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021

Notas:

I+D: Investigación y Desarrollo Experimental.

América Latina y el Caribe: los datos son estimados.

Iberoamérica: los datos son estimados.

Guatemala: La información remitida corresponde únicamente al personal de proyectos de I+D del sector público y educación superior.

INDICADOR 13:

INVESTIGADORES CADA MIL INTEGRANTES DE LA PEA (PERSONAS FÍSICAS)

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Argentina										
Personas Físicas	4,67	4,74	4,80	4,72	4,89	4,70	4,82	4,80	5,16	4,88
Bolivia										
Personas Físicas	0,26	0,27	0,29			0,19		0,20		0,20
Brasil										
Personas Físicas	2,67	2,86	2,97	3,25	3,68	3,81	3,99			
Chile										
Personas Físicas	1,28	1,18	1,46	1,52	1,63	1,61	1,69	1,65	1,85	
Colombia										
Personas Físicas	0,00	0,34	0,34	0,41	0,53	0,52	0,66	0,68	0,85	0,91
Costa Rica										
Personas Físicas	1,66	1,93	1,79	1,89	1,70	1,70	1,74		1,76	1,86
Cuba										
Personas Físicas	0,91	0,93	0,85	0,80	1,46	1,51				
Ecuador										
Personas Físicas	1,08	1,36	1,58							
El Salvador										
Personas Físicas	0,22	0,24	0,28	0,36	0,32	0,33	0,31	0,33	0,00	0,00
España										
Personas Físicas	9,19	9,00	9,15	9,35	9,58	9,94	10,30	10,48	10,74	11,01
Guatemala										
Personas Físicas	0,11	0,09	0,09	0,09	0,10	0,07	0,06	0,07		0,06
Honduras										
Personas Físicas				0,05		0,13	0,16	0,16		
Jamaica										
Personas Físicas					0,56	0,47				
México										
Personas Físicas	0,81	0,82	0,86	0,92	1,01	1,01	0,98	1,02	1,16	1,16
Panamá										
Personas Físicas	0,26	0,35	0,24	0,28	0,28	0,31	0,28	0,30	0,60	0,58
Paraguay										
Personas Físicas	0,54	0,00	0,51	0,61	0,49	0,52	0,54	0,51	0,48	0,49
Perú										
Personas Físicas	0,09	0,21	0,18	0,20	0,25	0,26	0,28	0,37	0,49	0,49
Portugal										
Personas Físicas	16,16	15,66	15,77	16,21	17,15	17,74	18,91	19,71	20,79	21,54
Puerto Rico										
Personas Físicas		1,77		1,85						
Trinidad y Tobago										
Personas Físicas	1,41	1,91	1,87	1,97	2,15	2,35	2,68	2,41	2,23	0,00
Uruguay										
Personas Físicas	1,63	1,57	1,61	1,65	1,64	1,67	1,73	1,77	1,79	1,84
Venezuela										
Personas Físicas	0,69	0,85	0,84	0,75	0,72			0,35	0,44	0,42
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021

INDICADOR 13:

INVESTIGADORES CADA MIL INTEGRANTES DE LA PEA (PERSONAS FÍSICAS)

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
América Latina y el Caribe										
Personas Físicas	1,59	1,67	1,74	1,84	2,02	2,00	2,08	2,08	2,24	2,19
Iberoamérica										
Personas Físicas	2,45	2,49	2,54	2,66	2,85	2,85	2,95	2,97	3,18	3,13

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
--	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

Notas:

América Latina y el Caribe: los datos son estimados.

Iberoamérica: los datos son estimados.

EJC: Equivalente a Jornada Completa.

Investigadores incluye a becarios de I+D.

Guatemala: La información remitida corresponde únicamente al personal de proyectos de I+D del sector público y educación superior.

INDICADOR 14:

INVESTIGADORES POR SEXO (PERSONAS FÍSICAS)

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Argentina										
Femenino	52,5%	52,5%	53,1%	52,5%	53,1%	53,8%	53,3%	53,1%	53,3%	53,8%
Masculino	47,5%	47,5%	46,9%	47,5%	46,9%	46,2%	46,7%	46,9%	46,8%	46,2%
Bolivia										
Femenino	36,5%	37,8%	37,5%			43,6%		42,0%		44,1%
Masculino	63,5%	62,2%	62,5%			56,4%		58,0%		55,9%
Chile										
Femenino	31,0%	34,3%	31,5%	33,0%	33,1%	34,4%	34,2%	34,8%	34,9%	
Masculino	69,0%	65,7%	68,5%	67,0%	66,9%	65,6%	65,8%	65,2%	65,1%	
Colombia										
Femenino		33,9%	35,4%	35,5%	37,4%	37,4%	38,2%	38,2%		
Masculino		66,1%	64,6%	64,6%	62,6%	62,6%	61,8%	61,8%		
Costa Rica										
Femenino	44,6%	43,8%	44,3%	42,2%	42,8%	44,3%	45,2%		43,0%	44,1%
Masculino	55,4%	56,2%	55,7%	57,9%	57,2%	55,7%	54,8%		57,0%	55,9%
Cuba										
Femenino	48,4%	47,1%	48,2%	51,5%	48,1%	49,0%				
Masculino	51,6%	52,9%	51,8%	48,5%	52,0%	51,0%				
Ecuador										
Femenino	42,2%	41,4%	41,1%							
Masculino	57,8%	58,6%	58,9%							
El Salvador										
Femenino	38,2%	38,8%	37,9%	40,4%	39,2%	38,6%	39,8%	40,0%		
Masculino	61,8%	61,2%	62,1%	59,6%	60,8%	61,4%	60,2%	60,0%		
España										
Femenino	38,8%	39,3%	39,6%	40,0%	40,2%	40,5%	40,8%	41,3%	41,5%	41,6%
Masculino	61,2%	60,7%	60,4%	60,0%	59,9%	59,5%	59,2%	58,7%	58,5%	58,4%
Guatemala										
Femenino	44,7%	44,2%	46,8%	53,2%	44,4%	43,9%	47,3%	41,9%	49,4%	62,8%
Masculino	55,3%	55,8%	53,2%	46,8%	55,6%	56,1%	52,8%	58,1%	50,6%	37,2%
Honduras										
Femenino				41,1%		36,4%				
Masculino				58,9%		63,6%				
México										
Femenino	32,8%	33,0%	34,6%	34,8%	33,7%	33,5%	33,2%	32,8%	32,3%	31,8%
Masculino	67,2%	67,0%	65,4%	65,3%	66,3%	66,6%	66,8%	67,2%	67,7%	68,2%
Panamá										
Femenino	57,1%	48,2%	39,3%	43,6%	43,0%	45,8%	43,4%	43,7%	44,4%	38,9%
Masculino	43,0%	51,8%	60,8%	56,4%	57,0%	54,2%	56,6%	56,3%	55,6%	61,1%
Paraguay										
Femenino	51,7%		49,4%	48,2%	48,9%	49,3%	48,5%	48,7%	50,3%	51,2%
Masculino	48,3%		50,6%	51,8%	51,1%	50,7%	51,5%	51,3%	49,7%	48,8%
Perú										
Femenino			31,6%	31,9%	30,5%	30,7%	30,7%	31,3%	31,2%	31,6%
Masculino			68,4%	68,1%	69,5%	69,4%	69,3%	68,7%	68,9%	68,4%
Portugal										
Femenino	45,0%	45,4%	44,3%	44,1%	43,5%	43,7%	43,3%	42,8%	42,5%	42,6%
Masculino	55,0%	54,6%	55,7%	55,9%	56,5%	56,3%	56,8%	57,2%	57,5%	57,4%
Trinidad y Tobago										
Femenino	43,8%	49,7%	54,6%	53,6%	49,8%	55,9%	56,5%	56,4%	51,2%	
Masculino	56,2%	50,3%	45,4%	46,4%	50,3%	44,1%	43,5%	43,6%	48,8%	
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021

INDICADOR 14:
INVESTIGADORES POR SEXO (PERSONAS FÍSICAS)

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Uruguay										
Femenino	49,3%	49,0%	49,2%	49,3%	50,4%	50,6%	50,7%	50,7%	50,7%	50,9%
Masculino	50,7%	51,0%	50,9%	50,7%	49,6%	49,4%	49,3%	49,3%	49,3%	49,1%
Venezuela										
Femenino	59,0%	60,7%	61,1%	61,6%	61,4%			55,3%	55,3%	55,0%
Masculino	41,0%	39,3%	39,0%	38,4%	38,6%			44,7%	44,7%	45,0%
América Latina y el Caribe										
Femenino	45,5%	45,6%	45,7%	45,5%	45,4%	45,4%	45,8%	45,6%	45,5%	45,5%
Masculino	54,5%	54,4%	54,3%	54,5%	54,6%	54,6%	54,2%	54,4%	54,5%	54,5%
Iberoamérica										
Femenino	43,5%	43,9%	44,0%	44,0%	43,9%	44,0%	44,3%	44,3%	44,3%	44,3%
Masculino	56,5%	56,1%	56,0%	56,0%	56,1%	56,0%	55,7%	55,7%	55,8%	55,8%

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
--	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

Notas:

El porcentaje de cada categoría es calculado en relación a la suma de los valores consignados para cada ítem de la desagregación. Dicho total no coincide necesariamente al informado para el total de investigadores.

INDICADOR 15:

INVESTIGADORES POR SECTOR DE EMPLEO (PERSONAS FÍSICAS)

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Argentina										
Gobierno	30,4%	29,9%	30,9%	33,0%	32,6%	33,2%	30,8%	30,0%	31,3%	32,3%
Empresas (Públicas y Privadas)	4,9%	5,1%	4,5%	7,3%	6,9%	8,0%	10,0%	9,6%	10,4%	9,5%
Educación Superior	64,2%	64,5%	64,2%	59,2%	60,1%	58,2%	58,7%	59,8%	57,8%	57,5%
Org. priv. sin fines de lucro	0,6%	0,5%	0,5%	0,6%	0,5%	0,6%	0,6%	0,6%	0,6%	0,7%
Bolivia										
Gobierno	3,2%	4,0%	6,9%			1,7%		1,3%		1,0%
Empresas (Públicas y Privadas)	1,9%	1,7%	1,5%			1,9%		2,2%		2,7%
Educación Superior	87,4%	87,9%	86,8%			92,6%		92,8%		92,7%
Org. priv. sin fines de lucro	7,5%	6,3%	4,8%			3,9%		3,7%		3,6%
Brasil										
Gobierno	2,0%	1,9%	1,9%	1,9%	1,9%	1,9%	1,9%			
Empresas (Públicas y Privadas)	18,5%	18,2%	17,9%	17,9%	17,9%	17,9%	17,9%			
Educación Superior	79,1%	79,5%	79,9%	79,9%	79,9%	79,9%	79,9%			
Org. priv. sin fines de lucro	0,5%	0,4%	0,4%	0,4%	0,4%	0,4%	0,4%			
Chile										
Gobierno	5,1%	10,6%	8,6%	9,7%	11,7%	11,1%	11,5%	10,5%	11,3%	
Empresas (Públicas y Privadas)	24,7%	18,5%	24,8%	22,4%	25,3%	23,9%	23,6%	23,0%	22,6%	
Educación Superior	61,5%	65,2%	58,1%	58,8%	57,6%	59,0%	58,9%	60,7%	60,3%	
Org. priv. sin fines de lucro	8,7%	5,8%	8,6%	9,2%	5,4%	5,9%	6,0%	5,8%	5,9%	
Colombia										
Gobierno		0,8%	0,8%	0,8%	1,0%	1,0%	1,3%	1,3%		
Empresas (Públicas y Privadas)		1,3%	2,6%	2,6%	2,6%	2,6%	0,5%	0,5%		
Educación Superior		97,3%	95,7%	95,6%	95,6%	95,6%	96,5%	96,5%		
Org. priv. sin fines de lucro		0,7%	0,9%	0,9%	0,8%	0,8%	1,7%	1,7%		
Costa Rica										
Gobierno	19,5%	30,6%	26,1%	30,8%	25,4%	14,0%	15,8%		14,0%	13,7%
Empresas (Públicas y Privadas)									18,7%	19,4%
Educación Superior	78,0%	67,4%	72,3%	68,5%	73,0%	85,9%	83,5%		67,1%	66,6%
Org. priv. sin fines de lucro	2,5%	2,0%	1,6%	0,7%	1,6%	0,1%	0,7%		0,3%	0,3%
Ecuador										
Gobierno	29,2%	36,2%	35,5%							
Empresas (Públicas y Privadas)										
Educación Superior	69,9%	63,0%	63,9%							
Org. priv. sin fines de lucro	0,9%	0,8%	0,6%							
El Salvador										
Gobierno	4,8%	4,4%	4,6%	13,3%	16,1%	11,1%	17,8%	15,6%		
Empresas (Públicas y Privadas)	3,2%	3,0%	2,7%							
Educación Superior	89,1%	92,1%	92,0%	86,7%	84,0%	88,9%	82,2%	84,4%		
Org. priv. sin fines de lucro	2,9%	0,5%	0,7%							
España										
Gobierno	14,9%	14,9%	14,8%	15,1%	15,4%	15,1%	14,9%	14,9%	14,8%	14,9%
Empresas (Públicas y Privadas)	27,7%	28,4%	28,2%	28,1%	28,6%	29,0%	30,1%	30,0%	30,4%	31,1%
Educación Superior	57,2%	56,5%	56,8%	56,6%	55,8%	55,6%	54,8%	54,9%	54,7%	53,8%
Org. priv. sin fines de lucro	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,3%	0,3%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%
Guatemala										
Gobierno	28,2%	39,7%	39,3%	36,1%	33,4%	19,4%	29,5%	33,5%	29,1%	24,5%
Empresas (Públicas y Privadas)					2,9%	3,9%	6,8%	10,0%		
Educación Superior	71,8%	60,3%	60,7%	64,0%	63,7%	76,7%	63,8%	56,5%	71,0%	75,5%
Org. priv. sin fines de lucro										
Honduras										
Gobierno						9,1%				
Empresas (Públicas y Privadas)										
Educación Superior						85,3%				
Org. priv. sin fines de lucro						5,6%				
México										
Gobierno	22,3%	20,3%	15,8%	14,6%	12,8%	12,2%	11,6%	10,2%	8,9%	8,0%
Empresas (Públicas y Privadas)	19,8%	20,2%	23,5%	24,5%	31,6%	33,2%	34,8%	37,6%	40,9%	44,1%
Educación Superior	55,3%	56,7%	58,8%	59,2%	53,9%	53,2%	52,4%	51,1%	49,3%	47,1%
Org. priv. sin fines de lucro	2,6%	2,7%	1,9%	1,7%	1,6%	1,4%	1,3%	1,1%	1,0%	0,8%

INDICADOR 15:

INVESTIGADORES POR SECTOR DE EMPLEO (PERSONAS FÍSICAS)

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Panamá										
Gobierno			10.4%	9.0%	18.6%	16.6%	18.4%	17.2%	61.9%	67.4%
Empresas (Públicas y Privadas)			19.5%	14.1%	12.9%	10.9%	12.7%	13.5%	7.1%	4.2%
Educación Superior			64.5%	70.3%	61.8%	65.6%	63.7%	64.0%	27.6%	25.7%
Org. priv. sin fines de lucro			5.5%	6.7%	6.7%	7.0%	5.2%	5.3%	3.4%	2.8%
Paraguay										
Gobierno	24.3%		19.1%	18.2%	11.2%	13.1%	14.4%	9.7%	13.3%	17.8%
Empresas (Públicas y Privadas)										
Educación Superior	67.9%		56.8%	54.9%	67.5%	65.7%	64.0%	70.3%	64.7%	61.3%
Org. priv. sin fines de lucro	7.9%		24.1%	26.9%	21.3%	21.2%	21.6%	20.0%	22.1%	20.9%
Perú										
Gobierno			18.8%	21.5%	19.3%	18.5%	17.8%	19.0%	16.8%	15.5%
Empresas (Públicas y Privadas)					4.6%	4.9%	5.1%	7.0%	6.7%	6.4%
Educación Superior			72.6%	71.0%	71.4%	72.0%	72.8%	69.1%	72.0%	73.8%
Org. priv. sin fines de lucro			8.6%	7.5%	4.7%	4.6%	4.3%	4.9%	4.6%	4.3%
Portugal										
Gobierno	5.9%	5.2%	5.7%	5.7%	5.4%	5.9%	5.7%	5.8%	5.7%	5.9%
Empresas (Públicas y Privadas)	26.3%	26.3%	27.5%	29.0%	30.7%	32.8%	33.7%	36.6%	40.3%	42.2%
Educación Superior	58.7%	67.5%	66.0%	64.6%	63.2%	60.6%	59.9%	57.0%	53.0%	50.7%
Org. priv. sin fines de lucro	9.2%	1.0%	0.8%	0.7%	0.7%	0.7%	0.7%	0.7%	1.0%	1.2%
Puerto Rico										
Gobierno		5.1%		4.4%						
Empresas (Públicas y Privadas)		67.5%		73.2%						
Educación Superior		25.9%		22.4%						
Org. priv. sin fines de lucro		1.5%								
Trinidad y Tobago										
Gobierno	12.8%	9.3%	12.8%	14.5%	14.2%	13.7%	11.7%	13.2%	12.6%	
Empresas (Públicas y Privadas)						0.8%	1.2%			
Educación Superior	87.2%	90.7%	87.2%	85.5%	85.8%	85.5%	87.1%	86.8%	87.4%	
Org. priv. sin fines de lucro										
Uruguay										
Gobierno	15.7%	15.1%	15.2%	15.3%	14.2%	13.8%	14.1%	14.2%	14.0%	13.7%
Empresas (Públicas y Privadas)	1.9%	1.5%	1.5%	1.3%	4.0%	4.0%	3.9%	2.7%	2.5%	2.2%
Educación Superior	79.1%	79.8%	79.9%	80.1%	78.8%	78.9%	78.8%	79.9%	80.2%	80.7%
Org. priv. sin fines de lucro	3.3%	3.6%	3.4%	3.3%	3.0%	3.2%	3.2%	3.3%	3.4%	3.5%
Venezuela										
Gobierno	14.3%	13.2%	6.5%	6.3%	16.8%			8.8%	17.4%	17.4%
Empresas (Públicas y Privadas)	8.1%	9.6%	19.3%	24.0%	1.0%			0.6%	0.5%	0.5%
Educación Superior	76.5%	77.3%	74.3%	69.7%	82.0%			90.4%	81.9%	81.9%
Org. priv. sin fines de lucro	1.1%				0.2%			0.2%	0.2%	0.2%
América Latina y el Caribe										
Gobierno	10.8%	10.6%	9.9%	9.5%	8.9%	8.4%	7.6%	7.5%	7.7%	7.8%
Empresas (Públicas y Privadas)	15.8%	15.5%	15.9%	16.4%	16.8%	17.1%	17.4%	17.6%	17.8%	18.3%
Educación Superior	72.4%	73.0%	73.3%	73.2%	73.6%	73.8%	74.3%	74.3%	73.8%	73.3%
Org. priv. sin fines de lucro	1.0%	0.9%	0.9%	0.9%	0.7%	0.7%	0.7%	0.7%	0.7%	0.6%
Iberoamérica										
Gobierno	11.4%	11.2%	10.7%	10.5%	10.1%	9.7%	9.0%	8.9%	9.0%	9.2%
Empresas (Públicas y Privadas)	20.3%	20.1%	20.2%	20.5%	20.6%	21.1%	21.5%	21.8%	22.4%	23.3%
Educación Superior	66.6%	68.0%	68.3%	68.3%	68.7%	68.6%	69.0%	68.7%	68.0%	67.0%
Org. priv. sin fines de lucro	1.7%	0.7%	0.7%	0.7%	0.6%	0.6%	0.6%	0.6%	0.6%	0.6%
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021

113

Notas:

América Latina y el Caribe: los datos son estimados.

Iberoamérica: los datos son estimados.

El porcentaje de cada categoría es calculado en relación a la suma de los valores consignados para cada ítem de la desagregación. Dicho total no coincide necesariamente al informado para el total de investigadores.

Los valores corresponden a investigadores y becarios de I+D.

INDICADOR 16:

INVESTIGADORES POR DISCIPLINA CIENTÍFICA (PERSONAS FÍSICAS)

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Argentina										
Cs. Naturales y Exactas	26,4%	26,7%	26,2%	28,5%	28,6%	26,0%	23,5%	23,2%	22,6%	21,3%
Ingeniería y Tecnología	16,5%	17,8%	17,2%	17,2%	16,5%	16,0%	18,9%	18,2%	17,7%	17,3%
Ciencias Médicas	13,4%	13,2%	13,4%	11,1%	10,6%	12,4%	10,6%	10,3%	11,7%	11,8%
Ciencias Agrícolas	11,4%	10,1%	10,1%	9,6%	8,8%	9,6%	10,8%	11,7%	12,1%	12,3%
Ciencias Sociales	22,6%	22,6%	23,3%	23,1%	24,4%	24,8%	24,8%	24,5%	23,4%	25,3%
Humanidades	9,7%	9,6%	9,9%	10,6%	11,2%	11,2%	11,4%	12,1%	12,6%	12,0%
Bolivia										
Cs. Naturales y Exactas	19,5%	19,0%	17,3%			20,2%		17,8%		15,8%
Ingeniería y Tecnología	20,3%	24,0%	22,9%			26,1%		29,4%		29,4%
Ciencias Médicas	13,7%	13,7%	15,8%			17,3%		14,4%		16,4%
Ciencias Agrícolas	17,4%	17,8%	17,9%			12,3%		11,4%		11,7%
Ciencias Sociales	24,4%	21,2%	22,3%			16,2%		19,4%		20,0%
Humanidades	4,7%	4,3%	3,9%			7,9%		7,8%		6,9%
Colombia										
Cs. Naturales y Exactas		26,2%	27,7%	26,1%	23,1%	23,1%				
Ingeniería y Tecnología		17,0%	18,6%	19,0%	19,5%	19,5%				
Ciencias Médicas		11,4%	17,6%	16,7%	16,1%	16,1%				
Ciencias Agrícolas		5,5%	5,3%	5,2%	4,9%	4,9%				
Ciencias Sociales		30,5%	24,5%	26,3%	29,0%	29,0%				
Humanidades		9,4%	6,2%	6,7%	7,5%	7,5%				
Costa Rica										
Cs. Naturales y Exactas	21,0%	21,1%	20,8%	23,5%	24,6%	29,9%	23,1%		21,8%	23,6%
Ingeniería y Tecnología	15,3%	14,8%	18,2%	19,6%	20,8%	16,5%	15,2%		15,9%	14,5%
Ciencias Médicas	17,5%	16,4%	14,7%	12,4%	13,0%	10,3%	12,2%		11,9%	12,6%
Ciencias Agrícolas	14,7%	16,8%	15,1%	14,9%	11,2%	11,6%	12,9%		13,8%	12,8%
Ciencias Sociales	27,3%	26,4%	27,2%	26,2%	27,1%	26,8%	31,7%		31,5%	30,7%
Humanidades	4,4%	4,5%	4,1%	3,4%	3,3%	4,8%	4,9%		5,1%	5,8%
Ecuador										
Cs. Naturales y Exactas	20,2%	19,8%	17,9%							
Ingeniería y Tecnología	19,0%	20,4%	21,5%							
Ciencias Médicas	12,8%	12,2%	11,5%							
Ciencias Agrícolas	9,4%	8,8%	8,1%							
Ciencias Sociales	32,5%	32,2%	33,4%							
Humanidades	6,2%	6,7%	7,6%							
El Salvador										
Cs. Naturales y Exactas	40,3%	39,3%	36,7%	15,6%	10,3%	16,6%	15,7%	13,8%		
Ingeniería y Tecnología	20,0%	19,6%	21,5%	21,5%	15,7%	19,8%	15,7%	17,3%		
Ciencias Médicas	15,0%	15,6%	16,3%	13,1%	13,2%	10,8%	13,1%	19,5%		
Ciencias Agrícolas	5,1%	4,7%	4,2%	13,9%	14,4%	8,0%	10,6%	11,1%		
Ciencias Sociales	16,4%	17,5%	17,9%	28,7%	37,5%	36,9%	35,9%	29,2%		
Humanidades	3,1%	3,3%	3,4%	7,3%	8,9%	8,0%	9,0%	9,1%		
Guatemala										
Cs. Naturales y Exactas	20,4%	22,4%	8,2%	13,3%	13,9%	13,8%	17,8%	13,8%	12,5%	17,9%
Ingeniería y Tecnología	16,2%	15,6%	28,3%	21,1%	15,6%	9,9%	11,3%	12,0%	11,5%	16,5%
Ciencias Médicas	19,8%	16,3%	29,9%	33,4%	25,9%	25,3%	22,0%	11,4%	13,0%	18,8%
Ciencias Agrícolas	18,3%	24,1%	13,2%	13,3%	26,5%	29,4%	26,5%	28,4%	31,6%	21,7%
Ciencias Sociales	18,8%	10,1%	8,2%	12,1%	13,6%	15,4%	13,0%	22,8%	22,4%	20,9%
Humanidades	6,5%	11,5%	12,3%	6,8%	4,6%	6,3%	9,5%	11,6%	9,0%	4,2%
Honduras										
Cs. Naturales y Exactas						15,7%	15,0%	15,4%		
Ingeniería y Tecnología						20,5%	4,3%	4,8%		
Ciencias Médicas						15,9%	23,8%	27,8%		
Ciencias Agrícolas						29,8%	11,1%	11,9%		
Ciencias Sociales						14,2%	36,5%	33,7%		
Humanidades						4,0%	9,3%	6,4%		
México										
Cs. Naturales y Exactas			19,7%	21,1%	19,1%	19,1%	19,1%	19,0%	18,9%	
Ingeniería y Tecnología			27,8%	28,2%	30,5%	30,5%	30,5%	30,6%	30,6%	
Ciencias Médicas			14,8%	14,3%	13,8%	13,6%	13,5%	13,2%	13,0%	
Ciencias Agrícolas			9,6%	8,2%	8,4%	8,4%	8,4%	8,4%	8,3%	
Ciencias Sociales			19,0%	19,5%	19,8%	19,9%	19,9%	20,2%	20,3%	
Humanidades			9,1%	8,9%	8,5%	8,5%	8,6%	8,8%	8,9%	

INDICADOR 16:

INVESTIGADORES POR DISCIPLINA CIENTÍFICA (PERSONAS FÍSICAS)

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Panamá										
Cs. Naturales y Exactas			32,5%	28,8%	28,3%	30,1%	20,5%	18,5%	6,5%	
Ingeniería y Tecnología			34,8%	29,2%	29,5%	26,8%	39,9%	37,2%	45,1%	
Ciencias Médicas			8,3%	9,1%	17,1%	15,7%	20,8%	19,9%	15,0%	
Ciencias Agrícolas					0,7%	0,6%	1,6%	1,5%	0,7%	
Ciencias Sociales			9,4%	20,4%	12,1%	16,1%	15,9%	18,8%	27,7%	
Humanidades			15,1%	12,5%	12,3%	10,7%	1,3%	4,1%	5,1%	
Paraguay										
Cs. Naturales y Exactas			15,8%	15,7%	17,0%	16,8%	18,1%	15,7%	15,0%	13,3%
Ingeniería y Tecnología			17,8%	19,1%	15,3%	14,7%	14,8%	16,3%	16,8%	13,9%
Ciencias Médicas			22,1%	20,2%	18,5%	20,4%	19,7%	19,5%	21,8%	24,2%
Ciencias Agrícolas			25,8%	24,8%	24,1%	22,3%	20,3%	20,8%	17,3%	19,2%
Ciencias Sociales			17,1%	18,1%	22,1%	23,2%	23,1%	22,9%	24,4%	25,2%
Humanidades			1,4%	2,2%	3,1%	2,7%	3,9%	4,8%	4,8%	4,3%
Perú										
Cs. Naturales y Exactas			21,5%	24,4%	25,5%	25,6%	25,3%	25,4%	24,6%	24,0%
Ingeniería y Tecnología			27,8%	27,0%	24,3%	23,5%	22,4%	20,2%	18,5%	17,7%
Ciencias Médicas			14,6%	16,0%	19,0%	20,0%	21,1%	26,5%	25,6%	25,1%
Ciencias Agrícolas			10,4%	9,1%	11,3%	11,3%	11,8%	11,3%	11,4%	11,4%
Ciencias Sociales			21,1%	19,1%	16,2%	15,9%	15,8%	13,7%	16,6%	18,5%
Humanidades			4,6%	4,4%	3,7%	3,6%	3,6%	2,9%	3,3%	3,4%
Portugal										
Cs. Naturales y Exactas	21,9%	20,4%	19,8%	18,9%	19,3%	20,0%	20,9%	20,6%	21,1%	21,0%
Ingeniería y Tecnología	29,6%	30,3%	31,3%	32,1%	32,8%	34,0%	34,4%	36,1%	37,8%	38,3%
Ciencias Médicas	16,5%	15,5%	16,3%	17,2%	17,0%	16,1%	14,8%	14,7%	13,8%	14,5%
Ciencias Agrícolas	2,7%	2,5%	2,7%	2,6%	2,7%	2,8%	3,0%	3,0%	3,2%	3,1%
Ciencias Sociales	18,1%	19,1%	17,7%	17,7%	17,1%	16,2%	16,1%	15,5%	14,4%	14,0%
Humanidades	11,1%	12,3%	12,2%	11,5%	11,1%	10,9%	10,9%	10,2%	9,7%	9,1%
Trinidad y Tobago										
Cs. Naturales y Exactas	24,7%	22,6%	23,7%	21,0%	26,5%	21,3%	19,1%	21,6%	27,6%	
Ingeniería y Tecnología	29,5%	22,0%	19,2%	21,4%	24,7%	14,5%	14,1%	15,0%	21,3%	
Ciencias Médicas	14,4%	21,0%	22,7%	21,6%	13,6%	26,2%	24,0%	26,9%	8,0%	
Ciencias Agrícolas	10,5%	8,1%	13,1%	18,9%	19,4%	10,4%	18,0%	9,6%	12,7%	
Ciencias Sociales	20,8%	26,3%	21,3%	17,2%	15,9%	11,0%	10,3%	11,2%	14,8%	
Humanidades						16,7%	14,6%	15,6%	15,6%	
Uruguay										
Cs. Naturales y Exactas	30,1%	30,8%	30,8%	31,3%	30,8%	31,9%	31,2%	31,9%	32,2%	32,4%
Ingeniería y Tecnología	10,7%	10,7%	10,7%	10,9%	10,9%	10,7%	10,7%	10,4%	10,4%	10,5%
Ciencias Médicas	11,8%	11,7%	10,8%	10,8%	11,8%	11,3%	11,6%	11,6%	12,0%	11,8%
Ciencias Agrícolas	14,8%	14,8%	14,8%	14,3%	13,7%	13,5%	13,4%	13,4%	13,5%	13,3%
Ciencias Sociales	23,9%	23,0%	23,8%	23,8%	23,5%	23,7%	23,8%	23,4%	23,0%	23,1%
Humanidades	8,8%	9,0%	9,0%	8,9%	9,3%	8,9%	9,4%	9,3%	9,0%	9,1%
Venezuela										
Cs. Naturales y Exactas	11,0%	11,6%	11,9%	22,0%	24,3%			17,5%	18,9%	18,9%
Ingeniería y Tecnología	14,8%	13,1%	12,7%	9,5%	9,9%			14,9%	17,5%	17,5%
Ciencias Médicas	18,6%	16,7%	17,4%	9,5%	7,6%			6,9%	9,2%	9,2%
Ciencias Agrícolas	23,4%	19,7%	19,0%	12,0%	9,2%			15,0%	13,3%	13,3%
Ciencias Sociales	12,8%	16,9%	16,6%	22,6%	28,8%			27,6%	25,0%	25,0%
Humanidades	19,4%	22,0%	22,5%	24,5%	20,3%			18,1%	16,1%	16,1%
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021

Notas:

El porcentaje de cada categoría es calculado en relación a la suma de los valores consignados para cada ítem de la desagregación. Dicho total no coincide necesariamente al informado para el total de investigadores.

Guatemala: Los datos consignados corresponden unicamente a los investigadores que trabajan en proyectos de I+D del sector público y educación superior

INDICADOR 17:

INVESTIGADORES POR NIVEL DE FORMACIÓN (PERSONAS FÍSICAS)

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Argentina										
Doctorado	27,2%	28,1%	28,9%	30,6%	33,9%	32,0%	31,0%	32,3%	31,0%	32,0%
Maestría	9,1%	9,1%	9,9%	11,1%	10,7%	11,2%	11,0%	11,6%	11,1%	11,6%
Licenciatura o equivalente	57,3%	57,5%	56,4%	51,9%	48,4%	49,8%	50,2%	50,4%	55,4%	52,6%
Terciaria no universitario										
Otros	6,5%	5,3%	4,9%	6,4%	7,1%	7,1%	7,9%	5,7%	2,5%	3,8%
Bolivia										
Doctorado	14,9%	13,9%	16,9%			17,9%		17,4%		19,1%
Maestría	34,5%	32,9%	34,7%			40,6%		40,7%		39,6%
Licenciatura o equivalente	43,9%	44,7%	42,0%			35,1%		34,3%		32,1%
Terciaria no universitario	1,7%	1,7%	2,4%			2,4%		2,1%		1,4%
Otros	5,0%	6,8%	4,0%			4,1%		5,5%		7,8%
Brasil										
Doctorado	36,8%	37,0%	37,3%							
Maestría	44,9%	45,2%	45,4%							
Licenciatura o equivalente	15,0%	14,3%	13,8%							
Terciaria no universitario										
Otros	3,4%	3,5%	3,6%							
Chile										
Doctorado	45,8%	50,5%	44,6%	45,1%	43,3%	45,8%	46,2%			
Maestría	17,7%	19,2%	16,1%	17,3%	18,6%	17,8%	16,6%			
Licenciatura o equivalente	34,1%	28,7%	34,1%	32,2%	33,3%	32,5%	31,5%			
Terciaria no universitario	2,0%	1,1%	3,9%	3,6%	4,0%	2,0%	2,8%			
Otros	0,5%	0,6%	1,4%	1,7%	0,8%	2,0%	2,8%			
Colombia										
Doctorado		79,0%	67,9%	54,0%	69,1%	69,1%	64,1%	64,1%		
Maestría		19,0%	28,2%	37,4%	27,2%	27,2%	24,6%	24,6%		
Licenciatura o equivalente		2,0%	3,9%	8,6%	3,7%	3,7%	1,3%	1,3%		
Terciaria no universitario							10,1%	10,1%		
Otros										
Costa Rica										
Doctorado	16,2%	14,7%	21,1%	20,0%	21,9%	25,6%	24,8%		28,9%	26,8%
Maestría	44,4%	33,9%	34,3%	35,9%	34,6%	32,2%	40,4%		33,9%	37,0%
Licenciatura o equivalente	38,1%	48,9%	43,4%	43,3%	43,4%	41,9%	34,8%		35,5%	33,6%
Terciaria no universitario										
Otros	1,2%	2,5%	1,2%	0,2%	0,1%	0,3%			1,7%	2,7%
Ecuador										
Doctorado	7,5%	9,6%	14,6%							
Maestría	46,0%	43,1%	47,0%							
Licenciatura o equivalente	46,5%	47,4%	38,4%							
Terciaria no universitario										
Otros										
El Salvador										
Doctorado	5,5%	5,7%	6,1%	7,7%	7,2%	9,3%	10,3%	11,1%	14,1%	15,5%
Maestría	38,8%	37,9%	39,3%	36,1%	36,7%	39,4%	38,5%	37,0%	41,0%	41,2%
Licenciatura o equivalente	55,7%	56,3%	54,7%	54,6%	53,2%	49,2%	46,9%	50,6%	43,2%	42,3%
Terciaria no universitario				1,1%	0,7%	1,4%	1,7%	1,4%	1,5%	0,6%
Otros				0,5%	2,1%	0,6%	2,6%		0,1%	0,5%
Guatemala										
Doctorado	15,6%	10,3%	14,8%	16,1%	19,2%	19,6%	17,8%	25,2%	30,9%	21,4%
Maestría	32,6%	23,0%	26,0%	29,2%	24,2%	29,8%	28,5%	33,1%	30,1%	34,1%
Licenciatura o equivalente	51,8%	66,7%	59,3%	54,7%	56,6%	50,6%	53,8%	41,7%	39,1%	44,5%
Terciaria no universitario										
Otros										
México										
Doctorado			47,2%	47,4%	44,5%	44,0%	43,4%	42,3%	41,0%	
Maestría			25,2%	25,5%	24,6%	24,5%	24,3%	24,1%	23,8%	
Licenciatura o equivalente			22,0%	21,6%	23,0%	23,5%	24,0%	24,8%	25,8%	
Terciaria no universitario			5,0%	5,1%	5,4%	5,5%	5,7%	5,9%	6,3%	
Otros			0,5%	0,5%	2,5%	2,6%	2,7%	2,9%	3,2%	
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021

INDICADOR 17:

INVESTIGADORES POR NIVEL DE FORMACIÓN (PERSONAS FÍSICAS)

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Panamá										
Doctorado			38,9%	39,4%	39,2%	47,2%	49,9%	39,2%	22,0%	17,2%
Maestría			33,9%	37,5%	36,3%	35,4%	33,3%	32,9%	30,0%	34,0%
Licenciatura o equivalente			27,2%	23,2%	24,5%	17,1%	16,6%	23,8%	35,1%	34,6%
Terciaria no universitario								4,0%	3,9%	1,4%
Otros						0,2%	0,2%	0,1%	9,0%	12,8%
Paraguay										
Doctorado			10,7%	11,8%	25,1%	26,5%	28,5%	32,1%	31,9%	33,7%
Maestría			24,8%	25,8%	38,4%	39,3%	36,8%	41,6%	40,0%	36,5%
Licenciatura o equivalente			45,1%	46,2%	34,9%	27,1%	34,7%	25,8%	26,6%	29,4%
Terciaria no universitario						0,5%		0,5%		0,4%
Otros			19,4%	16,2%	1,5%	6,7%			1,5%	
Perú										
Doctorado			32,7%	31,8%	40,9%	41,9%	44,6%	39,8%	43,1%	44,3%
Maestría			34,8%	34,3%	30,5%	29,3%	29,6%	30,6%	30,6%	31,2%
Licenciatura o equivalente			27,4%	26,9%	23,1%	21,8%	20,9%	24,3%	21,9%	20,5%
Terciaria no universitario			5,0%	6,8%						
Otros			0,1%	0,3%	5,5%	7,1%	4,8%	5,3%	4,5%	4,0%
Portugal										
Doctorado	32,4%	35,8%	38,8%	38,9%	38,3%	39,4%	38,8%	37,9%	36,6%	35,6%
Maestría	27,6%	27,9%	26,0%	27,1%	27,8%	28,6%	29,6%	29,8%	29,8%	30,2%
Licenciatura o equivalente	40,0%	30,7%	30,3%	29,1%	29,8%	27,7%	26,9%	27,4%	28,2%	29,6%
Terciaria no universitario					0,6%	0,9%	0,9%	1,2%	1,4%	1,4%
Otros		5,6%	4,9%	5,0%	3,4%	3,4%	3,8%	3,7%	4,0%	3,2%
Trinidad y Tobago										
Doctorado	29,2%	26,4%	29,6%	26,2%	31,2%	40,2%	45,9%	42,6%	43,7%	36,5%
Maestría	55,1%	58,9%	50,1%	62,5%	58,3%	52,0%	47,1%	51,5%	48,0%	56,6%
Licenciatura o equivalente	15,7%	14,7%	20,4%	11,3%	10,6%	7,8%	7,0%	5,9%	8,3%	6,8%
Terciaria no universitario										
Otros										
Uruguay										
Doctorado	43,7%	49,1%	51,7%	55,2%	58,6%	62,2%	63,9%	65,6%	67,3%	69,0%
Maestría	34,6%	34,1%	33,6%	32,0%	28,9%	27,1%	26,6%	25,9%	24,5%	23,3%
Licenciatura o equivalente	21,4%	16,6%	14,4%	12,6%	12,2%	10,3%	9,3%	8,2%	7,9%	7,3%
Terciaria no universitario										
Otros	0,4%	0,3%	0,3%	0,2%	0,3%	0,4%	0,3%	0,3%	0,3%	0,4%
Venezuela										
Doctorado	35,5%	31,7%	31,2%	35,8%	37,9%			39,4%	38,2%	38,2%
Maestría	29,0%	30,2%	31,5%	41,2%	42,8%			47,7%	43,8%	43,8%
Licenciatura o equivalente	28,1%	15,6%	18,7%	9,6%	9,2%			12,1%	15,9%	15,9%
Terciaria no universitario				1,6%	1,5%			0,7%	1,4%	1,4%
Otros	7,4%	22,4%	18,6%	11,9%	8,7%			0,1%	0,7%	0,7%
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021

Notas:

El porcentaje de cada categoría es calculado en relación a la suma de los valores consignados para cada ítem de la desagregación. Dicho total no coincide necesariamente al informado para el total de investigadores.

Investigadores: Incluye Becarios de I+D.

Guatemala: Los datos consignados corresponden únicamente a los investigadores que trabajan en proyectos de I+D del sector público y educación superior.

INDICADOR 18:
PERSONAL DE I+D (EQUIVALENCIA JORNADA COMPLETA)

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Argentina										
Investigadores	50.247	50.562	51.461	53.006	54.805	53.184	54.306	54.904	56.417	57.981
Técnicos y personal asimilado	12.826	13.532	13.592	14.046	14.297	15.357	18.052	19.215	17.834	16.501
Personal de apoyo	8.976	10.416	11.363	11.673	11.928	11.468	11.497	11.950	12.311	12.671
Bolivia										
Investigadores						566		682		749
Técnicos y personal asimilado						288		417		516
Personal de apoyo						198		211		215
Brasil										
Investigadores	157.136	168.563	179.989							
Técnicos y personal asimilado	172.171	184.416	196.661							
Personal de apoyo										
Canadá										
Investigadores	161.590	163.170	171.620	170.040	165.840	167.930	182.060	190.400	200.840	
Técnicos y personal asimilado	47.840	48.640	48.250	52.440	45.410	46.340	50.780	48.070	49.260	
Personal de apoyo	21.800	21.100	26.240	29.480	24.210	23.260	24.970	25.940	26.540	
Chile										
Investigadores	6.798	5.893	7.585	8.175	8.985	9.099	9.804	9.671	9.962	
Técnicos y personal asimilado	5.365	4.788	5.571	5.117	5.402	5.606	5.319	5.245	4.928	
Personal de apoyo	2.469	2.547	2.731	1.970	2.238	1.903	1.725	1.506	1.458	
Colombia										
Investigadores		2.667	2.738	3.305	4.305	4.305				
Costa Rica										
Investigadores	1.581	1.684	2.590	2.401	2.574	1.883	1.725		1.867	2.053
Ecuador										
Investigadores	4.351	5.508	6.373							
Técnicos y personal asimilado	1.292	1.234	1.435							
Personal de apoyo	1.329	1.357	1.140							
El Salvador										
Investigadores				400	418	407	457	471	372	408
Técnicos y personal asimilado					89	80	139	167	120	114
Personal de apoyo					6	32	101	100	123	143
España										
Investigadores	126.778	123.225	122.235	122.437	126.633	133.213	140.120	143.974	145.372	154.147
Técnicos y personal asimilado	58.029	56.822	54.405	55.523	55.458	59.005	61.201	62.680	62.207	70.552
Personal de apoyo	24.025	23.256	23.592	22.906	23.781	23.526	24.376	24.760	24.190	24.949
Estados Unidos										
Investigadores	1.150.722	1.188.093	1.230.471	1.252.907	1.248.221	1.300.600	1.410.842	1.435.937	1.493.075	
Guatemala										
Investigadores	411	271	323	360	366	238	222	254	298	254
Técnicos y personal asimilado	276	360	420	416	442	345	189	182	506	529
Personal de apoyo	233	139	464	483	377	446	188	93	346	376
Honduras										
Investigadores				204		327				
Técnicos y personal asimilado				91						
Personal de apoyo				6						
México										
Investigadores	29.094	29.921	31.315	34.282	38.883	39.125	39.189	41.745	44.966	48.543
Técnicos y personal asimilado	16.739	16.345	13.919	14.738	17.305	16.949	16.475	16.734	17.162	17.944
Personal de apoyo	13.017	12.807	7.003	7.997	9.639	9.337	8.937	8.410	7.860	8.042
Panamá										
Investigadores	142	150	358	356	387	430	443	465	715	582
Técnicos y personal asimilado	350	595	225	110	139	158	143	175	460	581
Personal de apoyo	300	433	327	115	129	139	106	124	524	481
Paraguay										
Investigadores	1.081		1.005	1.222	821	928	972	1.096	926	949
Técnicos y personal asimilado					525	276	322	550	922	597
Personal de apoyo					179	298	209	310	630	456
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021

INDICADOR 18:
PERSONAL DE I+D (EQUIVALENCIA JORNADA COMPLETA)

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Portugal										
Investigadores	42.498	37.813	38.155	38.672	41.349	44.938	47.652	50.166	53.174	56.365
Técnicos y personal asimilado	3.560	7.774	7.389	7.805	7.239	8.026	8.428	9.092	10.273	10.456
Personal de apoyo	1.496	1.124	1.334	1.523	1.818	2.032	2.074	2.196	2.597	2.947
Trinidad y Tobago										
Investigadores						716	788	686	894	800
Técnicos y personal asimilado						385	373	333	406	354
Personal de apoyo						723	704	590	806	515
Uruguay										
Investigadores	2.156	2.176	2.226	2.310	2.495	2.561	2.670	2.729	2.788	2.876
Venezuela										
Investigadores	8.686	10.834	8.192	7.488	8.963			6.762	8.279	7.821
Técnicos y personal asimilado								1.959	2.073	1.958
Personal de apoyo								553	643	607
América Latina y el Caribe										
Investigadores	267.245	281.797	296.707	323.739	353.885	362.534	395.439	401.583	411.912	423.908
Iberoamérica										
Investigadores	436.521	442.836	457.098	484.847	521.868	540.684	583.211	595.724	610.458	634.421
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021

Notas:

I+D: Investigación y Desarrollo Experimental

EJC: Equivalente a Jornada Completa

América Latina y el Caribe: los datos son estimados.

Iberoamérica: los datos son estimados.

Guatemala: La información remitida corresponde unicamente al personal de proyectos de I+D del sector público y educación superior.

INDICADOR 19:

INVESTIGADORES CADA MIL INTEGRANTES DE LA PEA (EQUIVALENCIA JORNADA COMPLETA)

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Argentina										
EJC	2,95	2,94	2,96	3,38	3,93	2,96	2,95	3,00	3,19	3,14
Bolivia										
EJC						0,20		0,12		0,12
Brasil										
EJC	1,53	1,63	1,68							
Canadá										
EJC	8,59	8,18	8,60	8,89	8,58	8,54	9,15	9,43	9,97	
Chile										
EJC	0,83	0,71	0,90	0,96	1,35	1,27	1,72	1,37	1,17	
Colombia										
EJC	0,11	0,11	0,14	0,17	0,17					
Costa Rica										
EJC	0,72	0,76	1,14	1,72	1,13	0,83	0,79		0,77	0,84
Ecuador										
EJC	0,65	0,79	0,88							
El Salvador										
EJC				0,14	0,14	0,14	0,15	0,15	0,13	0,14
España										
EJC	5,48	5,31	5,33	5,34	5,55	5,86	6,14	6,25	6,40	6,64
Estados Unidos										
EJC	7,36	7,58	7,82	7,90	7,77	8,04	8,63	8,70	9,21	
Guatemala										
EJC	0,66	0,45	0,51	0,55	0,54	0,34	0,31	0,36		0,34
Honduras										
EJC				0,52		0,80				
México										
EJC	0,57	0,58	0,63	0,65	0,72	0,72	0,76	0,73	0,84	0,84
Panamá										
EJC	0,82	0,84	0,19	0,19	0,20	0,22	0,22	0,22	0,35	0,32
Paraguay										
EJC	0,34		0,32	0,38	0,25	0,27	0,28	0,32	0,25	0,25
Portugal										
EJC	8,42	7,56	7,64	7,75	8,27	8,89	9,37	9,86	1,56	1,94
Trinidad y Tobago										
EJC					1,12	1,26	1,89	1,49	1,33	
Uruguay										
EJC	1,28	1,28	1,39	1,38	1,39	1,44	1,49	1,52	1,56	1,67
Venezuela										
EJC	0,63	0,78	0,58	0,53	0,62			0,31	0,38	0,35
América Latina y el Caribe										
EJC	0,94	0,98	1,67	1,95	1,20	1,18	1,27	1,27	1,36	1,32
Iberoamérica										
EJC	1,42	1,43	1,45	1,53	1,65	1,66	1,76	1,76	1,90	1,86
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021

Notas:

América Latina y el Caribe: los datos son estimados.

Iberoamérica: los datos son estimados.

EJC: Equivalente a Jornada Completa.

Investigadores incluye a becarios de I+D.

Guatemala: La información remitida corresponde únicamente al personal de proyectos de I+D del sector público y educación superior.

México: Las variaciones en el número del personal se deben a variaciones en la muestra a la que se le aplica la encuesta.

INDICADOR 20:

INVESTIGADORES POR SEXO (EQUIVALENCIA JORNADA COMPLETA)

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Argentina										
Femenino	51,2%	51,0%	52,1%	51,9%	52,3%	52,9%	52,3%	52,6%	52,7%	53,2%
Masculino	48,9%	49,0%	48,0%	48,1%	47,7%	47,1%	47,7%	47,4%	47,3%	46,8%
Chile										
Femenino	31,7%	34,8%	31,6%	32,9%	33,1%	34,8%	34,2%	35,1%	35,0%	
Masculino	68,3%	65,2%	68,4%	67,1%	66,9%	65,2%	65,8%	64,9%	65,0%	
Colombia										
Femenino		34,4%	35,7%	35,4%	37,7%	37,7%				
Masculino		65,6%	64,3%	64,6%	62,4%	62,4%				
Costa Rica										
Femenino	42,8%	46,6%	42,0%	39,2%	40,8%	42,9%	44,6%		43,6%	44,4%
Masculino	57,2%	53,4%	58,0%	60,8%	59,2%	57,1%	55,4%		56,4%	55,6%
Ecuador										
Femenino	43,7%	42,5%	41,3%							
Masculino	56,4%	57,5%	58,7%							
El Salvador										
Femenino				38,8%	35,7%	36,4%	37,2%	36,5%	38,7%	40,9%
Masculino				61,3%	64,4%	63,6%	62,8%	63,5%	61,3%	59,1%
España										
Femenino	38,5%	38,8%	38,6%	39,0%	39,1%	38,8%	38,8%	39,9%	39,9%	39,8%
Masculino	61,5%	61,2%	61,4%	61,0%	60,9%	61,2%	61,2%	60,2%	60,1%	60,3%
Guatemala										
Femenino	41,9%	51,7%	53,9%	61,9%	50,0%	52,9%	54,5%	50,4%	46,3%	58,3%
Masculino	58,2%	48,3%	46,1%	38,1%	50,0%	47,1%	45,5%	49,6%	53,7%	41,7%
Honduras										
Femenino						39,5%				
Masculino						60,6%				
Panamá										
Femenino	47,2%	49,3%	38,6%	39,0%	41,9%	42,1%	42,7%	42,6%	43,8%	38,3%
Masculino	52,8%	50,7%	61,5%	61,0%	58,1%	57,9%	57,3%	57,4%	56,2%	61,7%
Paraguay										
Femenino			48,1%	47,0%	48,7%	48,5%	48,4%	49,5%	50,7%	51,2%
Masculino			51,9%	53,0%	51,3%	51,6%	51,6%	50,6%	49,4%	48,8%
Portugal										
Femenino	44,5%	44,8%	43,8%	43,4%	42,9%	43,1%	42,9%	42,4%	42,0%	41,9%
Masculino	55,5%	55,3%	56,3%	56,6%	57,1%	56,9%	57,1%	57,6%	58,0%	58,1%
Trinidad y Tobago										
Femenino						54,6%	55,1%	54,5%	50,3%	50,0%
Masculino						45,4%	44,9%	45,5%	49,7%	50,0%
Uruguay										
Femenino	47,5%	47,5%	48,3%	48,3%	49,7%	50,0%	50,0%	49,8%	50,0%	50,1%
Masculino	52,5%	52,5%	51,7%	51,7%	50,3%	50,0%	50,0%	50,2%	50,0%	49,9%
Venezuela										
Femenino			52,1%	61,6%				56,0%	56,1%	56,1%
Masculino			47,9%	38,4%				44,0%	43,9%	43,9%

Notas:

El porcentaje de cada categoría es calculado en relación a la suma de los valores consignados para cada ítem de la desagregación. Dicho total no coincide necesariamente al informado para el total de investigadores.

INDICADOR 21:

INVESTIGADORES POR SECTOR DE EMPLEO

(EQUIVALENCIA JORNADA COMPLETA)

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Argentina										
Gobierno	46,2%	46,4%	48,2%	49,6%	49,6%	50,7%	49,2%	48,3%	48,8%	50,4%
Empresas (Públicas y Privadas)	6,6%	7,1%	6,2%	8,9%	8,4%	9,7%	11,6%	10,9%	11,4%	10,5%
Educación Superior	46,5%	45,9%	45,0%	40,9%	41,6%	39,0%	38,6%	40,2%	39,1%	38,3%
Org. priv. sin fines de lucro	0,6%	0,6%	0,6%	0,6%	0,4%	0,6%	0,6%	0,6%	0,7%	0,8%
Bolivia										
Gobierno						0,9%		0,8%		0,7%
Empresas (Públicas y Privadas)						2,9%		3,3%		4,0%
Educación Superior						93,8%		93,4%		92,9%
Org. priv. sin fines de lucro						2,4%		2,5%		2,4%
Brasil										
Gobierno	3,5%	3,4%	3,3%							
Empresas (Públicas y Privadas)	26,8%	26,4%	26,1%							
Educación Superior	68,8%	69,4%	69,9%							
Org. priv. sin fines de lucro	0,8%	0,8%	0,7%							
Canadá										
Gobierno	5,9%	5,6%	5,4%	4,7%	4,5%	4,7%	4,3%	4,3%	4,1%	
Empresas (Públicas y Privadas)	58,2%	57,1%	60,1%	60,3%	59,4%	59,0%	61,8%	62,0%	63,1%	
Educación Superior	35,6%	36,9%	34,1%	34,6%	35,7%	35,8%	33,6%	33,3%	32,5%	
Org. priv. sin fines de lucro	0,4%	0,4%	0,4%	0,4%	0,4%	0,5%	0,4%	0,3%	0,3%	
Chile										
Gobierno	6,0%	12,1%	10,1%	10,6%	14,4%	12,8%	14,1%	12,7%		
Empresas (Públicas y Privadas)	29,8%	24,3%	29,6%	27,4%	29,5%	28,9%	27,9%	27,7%		
Educación Superior	52,4%	55,3%	47,5%	49,0%	48,5%	49,7%	49,6%	51,5%		
Org. priv. sin fines de lucro	11,8%	8,4%	12,8%	13,1%	7,6%	8,7%	8,4%	8,1%		
Colombia										
Gobierno		0,8%	0,8%	0,9%	1,0%	1,0%				
Empresas (Públicas y Privadas)		1,3%	2,4%	2,6%	2,5%	2,5%				
Educación Superior		97,2%	95,9%	95,6%	95,7%	95,7%				
Org. priv. sin fines de lucro		0,7%	0,9%	0,9%	0,7%	0,7%				
Costa Rica										
Gobierno	31,7%	26,5%	32,5%	43,3%	30,7%	25,1%	28,6%		27,3%	26,6%
Empresas (Públicas y Privadas)									17,4%	21,4%
Educación Superior	63,7%	71,3%	65,6%	55,8%	67,6%	74,7%	69,7%		54,7%	51,6%
Org. priv. sin fines de lucro	4,6%	2,1%	1,9%	1,0%	1,8%	0,2%	1,6%		0,7%	0,3%
Ecuador										
Gobierno	27,7%	30,9%	28,1%							
Empresas (Públicas y Privadas)										
Educación Superior	70,9%	67,9%	70,9%							
Org. priv. sin fines de lucro	1,4%	1,2%	1,1%							
El Salvador										
Gobierno				33,3%	36,1%	26,8%	36,3%	34,2%	25,5%	20,1%
Empresas (Públicas y Privadas)										
Educación Superior				66,8%	63,9%	73,2%	63,7%	65,8%	74,5%	79,9%
Org. priv. sin fines de lucro										
España										
Gobierno	17,2%	16,8%	16,5%	16,3%	16,3%	15,7%	15,3%	15,4%	15,5%	15,2%
Empresas (Públicas y Privadas)	35,4%	36,3%	36,6%	36,9%	37,3%	37,2%	38,8%	38,1%	38,0%	39,2%
Educación Superior	47,2%	46,8%	46,8%	46,6%	46,1%	47,0%	45,7%	46,3%	46,2%	45,4%
Org. priv. sin fines de lucro	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,3%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%
Guatemala										
Gobierno	29,0%	40,6%	46,8%	40,3%	42,1%	10,9%	18,9%	39,0%		
Empresas (Públicas y Privadas)							1,4%	3,5%		
Educación Superior	71,1%	59,4%	53,3%	59,7%	57,9%	89,1%	79,7%	57,5%		
Org. priv. sin fines de lucro										
Honduras										
Gobierno						9,1%				
Empresas (Públicas y Privadas)										
Educación Superior						83,5%				
Org. priv. sin fines de lucro						7,3%				

INDICADOR 21:

INVESTIGADORES POR SECTOR DE EMPLEO (EQUIVALENCIA JORNADA COMPLETA)

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
México										
Gobierno	24,8%	24,3%	21,6%	19,8%	17,2%	16,5%	15,8%	14,5%	13,0%	11,8%
Empresas (Públicas y Privadas)	24,7%	24,5%	28,5%	29,5%	37,3%	39,0%	40,8%	43,7%	47,2%	50,6%
Educación Superior	47,6%	48,2%	47,7%	48,7%	43,7%	42,8%	41,9%	40,5%	38,6%	36,6%
Org. priv. sin fines de lucro	2,9%	3,0%	2,2%	2,0%	1,8%	1,7%	1,6%	1,4%	1,2%	1,1%
Panamá										
Gobierno			12,3%	12,4%	21,2%	19,5%	20,1%	19,1%	65,9%	82,5%
Empresas (Públicas y Privadas)			19,3%	16,0%	13,2%	12,1%	13,3%	14,8%	9,0%	7,4%
Educación Superior			63,4%	64,6%	60,5%	63,3%	60,7%	60,4%	20,7%	5,2%
Org. priv. sin fines de lucro			5,0%	7,0%	5,2%	5,1%	5,9%	5,6%	4,5%	5,0%
Paraguay										
Gobierno			25,3%	24,6%	17,9%	17,9%	17,8%	13,3%	18,8%	24,1%
Empresas (Públicas y Privadas)										
Educación Superior			52,4%	51,2%	60,7%	59,6%	57,5%	68,9%	59,7%	55,5%
Org. priv. sin fines de lucro			22,3%	24,2%	21,5%	22,5%	24,7%	17,9%	21,5%	20,5%
Portugal										
Gobierno	4,0%	3,7%	3,8%	3,5%	3,2%	3,3%	3,3%	3,2%	3,1%	3,2%
Empresas (Públicas y Privadas)	28,1%	26,5%	29,4%	30,5%	32,5%	34,3%	35,1%	38,3%	41,3%	44,0%
Educación Superior	56,1%	68,1%	65,5%	64,8%	63,1%	61,3%	60,5%	57,4%	54,1%	51,2%
Org. priv. sin fines de lucro	11,9%	1,7%	1,4%	1,3%	1,2%	1,1%	1,1%	1,1%	1,5%	1,7%
Puerto Rico										
Gobierno		4,2%		3,4%						
Empresas (Públicas y Privadas)		94,7%		95,9%						
Educación Superior										
Org. priv. sin fines de lucro		1,1%		0,7%						
Trinidad y Tobago										
Gobierno						22,4%	18,3%	21,0%	12,4%	13,8%
Empresas (Públicas y Privadas)						1,1%	1,4%			
Educación Superior						76,5%	80,3%	79,0%	87,6%	86,3%
Org. priv. sin fines de lucro										
Uruguay										
Gobierno	16,0%	15,6%	15,7%	15,6%	14,3%	13,9%	13,9%	14,1%	14,0%	13,9%
Empresas (Públicas y Privadas)	1,3%	0,9%	0,9%	0,8%	4,0%	3,9%	4,0%	2,6%	2,6%	2,2%
Educación Superior	79,7%	80,2%	80,2%	80,2%	78,8%	79,1%	79,2%	80,2%	80,3%	80,6%
Org. priv. sin fines de lucro	3,1%	3,3%	3,2%	3,3%	2,9%	3,1%	3,0%	3,1%	3,2%	3,3%
Venezuela										
Gobierno	12,8%	18,3%	19,6%	10,3%				8,5%	13,7%	13,7%
Empresas (Públicas y Privadas)	4,5%	10,6%	12,3%	15,4%				0,6%	0,5%	0,5%
Educación Superior	81,8%	71,2%	68,0%	74,3%				90,8%	85,7%	85,7%
Org. priv. sin fines de lucro	0,9%		0,1%					0,2%	0,2%	0,2%
América Latina y el Caribe										
Gobierno	14,7%	14,7%	14,3%	13,8%	12,3%	11,7%	10,9%	10,6%	11,0%	11,0%
Empresas (Públicas y Privadas)	22,2%	22,1%	22,4%	23,0%	24,1%	24,8%	25,1%	25,2%	25,2%	25,6%
Educación Superior	61,6%	62,0%	62,0%	61,9%	62,5%	62,5%	63,1%	63,2%	62,9%	62,4%
Org. priv. sin fines de lucro	1,4%	1,3%	1,3%	1,3%	1,1%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%
Iberoamérica										
Gobierno	14,4%	14,3%	14,0%	13,6%	12,6%	12,0%	11,3%	11,1%	11,3%	11,3%
Empresas (Públicas y Privadas)	26,6%	26,3%	26,7%	27,1%	27,8%	28,4%	28,9%	29,1%	29,4%	30,2%
Educación Superior	57,0%	58,4%	58,3%	58,3%	58,8%	58,9%	59,0%	59,0%	58,5%	57,6%
Org. priv. sin fines de lucro	2,1%	1,0%	1,0%	1,0%	0,9%	0,9%	0,9%	0,8%	0,9%	0,9%
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021

Notas:

EJC: Equivalente a Jornada Completa

América Latina y el Caribe: los datos son estimados.

Iberoamérica: los datos son estimados.

El porcentaje de cada categoría es calculado en relación a la suma de los valores consignados para cada ítem de la desagregación. Dicho total no coincide necesariamente al informado para el total de investigadores.

Los valores corresponden a investigadores y becarios de I+D

INDICADOR 22:

INVESTIGADORES POR DISCIPLINA CIENTÍFICA

(EQUIVALENCIA JORNADA COMPLETA)

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Bolivia										
Cs. Naturales y Exactas						20,4%		18,6%		16,8%
Ingeniería y Tecnología						25,6%		29,5%		29,2%
Ciencias Médicas						17,3%		14,7%		16,4%
Ciencias Agrícolas						11,7%		10,5%		11,9%
Ciencias Sociales						18,2%		20,6%		20,5%
Humanidades						6,8%		6,2%		5,4%
Chile										
Cs. Naturales y Exactas	26,4%	22,6%	29,1%	27,4%	29,0%	30,2%	33,4%			
Ingeniería y Tecnología	32,4%	33,1%	34,9%	33,0%	33,6%	32,5%	31,3%			
Ciencias Médicas	11,1%	12,7%	10,3%	9,5%	8,6%	8,9%	9,7%			
Ciencias Agrícolas	14,3%	12,7%	10,3%	12,9%	10,2%	11,2%	10,0%			
Ciencias Sociales	11,0%	14,8%	11,9%	13,8%	14,1%	14,0%	12,6%			
Humanidades	4,9%	4,2%	3,5%	3,4%	4,5%	3,4%	3,1%			
Colombia										
Cs. Naturales y Exactas		25,8%	27,5%	26,1%	22,8%	22,8%				
Ingeniería y Tecnología		17,0%	18,8%	18,9%	19,5%	19,5%				
Ciencias Médicas		11,2%	17,2%	16,3%	15,8%	15,8%				
Ciencias Agrícolas		5,4%	5,3%	5,2%	4,8%	4,8%				
Ciencias Sociales		31,1%	24,9%	26,8%	29,5%	29,5%				
Humanidades		9,5%	6,3%	6,8%	7,6%	7,6%				
Ecuador										
Cs. Naturales y Exactas	22,5%	21,8%	18,7%							
Ingeniería y Tecnología	17,2%	18,7%	20,3%							
Ciencias Médicas	12,4%	11,5%	10,7%							
Ciencias Agrícolas	10,4%	9,7%	8,9%							
Ciencias Sociales	32,0%	32,2%	34,1%							
Humanidades	5,6%	6,2%	7,3%							
El Salvador										
Cs. Naturales y Exactas				11,8%	8,9%	18,0%	18,2%	17,7%	13,1%	15,6%
Ingeniería y Tecnología				14,0%	10,5%	14,0%	12,5%	13,3%	12,4%	13,5%
Ciencias Médicas				13,5%	14,3%	8,7%	12,9%	16,5%	15,0%	13,6%
Ciencias Agrícolas				25,8%	24,4%	13,7%	16,2%	16,4%	18,1%	16,7%
Ciencias Sociales				28,0%	33,5%	36,2%	31,3%	27,5%	35,1%	34,3%
Humanidades				7,0%	8,5%	9,4%	9,0%	8,7%	6,3%	6,3%
Guatemala										
Cs. Naturales y Exactas	19,0%	30,3%	10,5%	10,0%	15,0%	16,4%	24,3%	20,1%		
Ingeniería y Tecnología	11,4%	16,2%	22,0%	18,6%	21,0%	9,7%	13,1%	12,2%		
Ciencias Médicas	19,2%	21,8%	46,8%	51,4%	39,6%	46,6%	35,1%	15,4%		
Ciencias Agrícolas	20,2%	19,2%	15,2%	15,3%	16,7%	15,6%	10,4%	21,7%		
Ciencias Sociales	20,9%	8,9%	4,6%	1,9%	6,8%	10,5%	9,5%	22,1%		
Humanidades	9,3%	3,7%	0,9%	2,8%	0,8%	1,3%	7,7%	8,7%		
Honduras										
Cs. Naturales y Exactas						20,5%				
Ingeniería y Tecnología						12,5%				
Ciencias Médicas						17,3%				
Ciencias Agrícolas						25,0%				
Ciencias Sociales						18,6%				
Humanidades						6,1%				
Paraguay										
Cs. Naturales y Exactas					18,8%	17,7%	21,6%	16,9%	15,2%	13,3%
Ingeniería y Tecnología					17,3%	16,7%	15,1%	16,3%	17,4%	15,8%
Ciencias Médicas					17,7%	18,7%	18,3%	18,7%	22,1%	22,2%
Ciencias Agrícolas					23,4%	21,3%	18,6%	22,0%	19,1%	21,0%
Ciencias Sociales					20,5%	23,2%	23,5%	22,0%	22,1%	24,1%
Humanidades					2,3%	2,3%	3,0%	4,1%	4,0%	3,6%
Portugal										
Cs. Naturales y Exactas	27,3%	26,4%	25,6%	24,6%	24,9%	24,8%	25,4%	25,2%	25,4%	25,0%
Ingeniería y Tecnología	33,1%	33,5%	35,3%	35,9%	36,6%	37,6%	38,0%	39,4%	40,8%	41,2%
Ciencias Médicas	12,4%	11,6%	11,6%	12,3%	12,3%	12,0%	11,4%	11,2%	10,7%	11,4%
Ciencias Agrícolas	2,9%	2,9%	3,0%	2,8%	2,8%	2,9%	3,1%	3,1%	3,3%	3,2%
Ciencias Sociales	15,2%	15,5%	14,5%	14,6%	13,9%	13,5%	13,1%	12,6%	11,9%	11,6%
Humanidades	9,1%	10,2%	10,0%	9,8%	9,5%	9,1%	9,0%	8,4%	7,9%	7,7%
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021

INDICADOR 22:

INVESTIGADORES POR DISCIPLINA CIENTÍFICA (EQUIVALENCIA JORNADA COMPLETA)

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Trinidad y Tobago										
Cs. Naturales y Exactas						25,8%	23,1%	26,4%	29,4%	30,5%
Ingeniería y Tecnología						21,1%	18,7%	21,0%	24,9%	19,1%
Ciencias Médicas						16,8%	15,2%	17,8%	3,6%	4,3%
Ciencias Agrícolas						14,7%	23,2%	12,1%	12,2%	8,0%
Ciencias Sociales						8,4%	8,4%	9,8%	12,0%	17,4%
Humanidades						13,3%	11,4%	13,1%	17,9%	20,8%
Uruguay										
Cs. Naturales y Exactas	31,6%	32,1%	32,4%	32,7%	32,1%	32,9%	32,7%	32,6%	32,9%	33,2%
Ingeniería y Tecnología	10,6%	10,8%	10,9%	11,1%	11,1%	10,9%	10,7%	11,0%	10,9%	11,1%
Ciencias Médicas	11,6%	11,3%	10,8%	10,7%	11,4%	11,1%	11,5%	11,4%	11,7%	11,6%
Ciencias Agrícolas	15,6%	15,2%	15,5%	15,0%	14,3%	14,1%	13,9%	14,2%	14,0%	13,7%
Ciencias Sociales	22,3%	22,0%	21,9%	22,0%	22,3%	22,6%	22,5%	22,3%	22,0%	21,7%
Humanidades	8,3%	8,6%	8,5%	8,4%	8,8%	8,4%	8,7%	8,6%	8,5%	8,7%
Venezuela										
Cs. Naturales y Exactas								18,4%	19,8%	19,8%
Ingeniería y Tecnología								14,2%	16,6%	16,6%
Ciencias Médicas								6,7%	7,2%	7,2%
Ciencias Agrícolas								15,6%	14,2%	14,2%
Ciencias Sociales								27,8%	26,2%	26,2%
Humanidades								17,5%	16,1%	16,1%

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
--	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

Notas:

EJC: Equivalente a Jornada Completa

El porcentaje de cada categoría es calculado en relación a la suma de los valores consignados para cada ítem de la desagregación. Dicho total no coincide necesariamente al informado para el total de investigadores.

INDICADOR 23:

INVESTIGADORES POR NIVEL DE FORMACIÓN

(EQUIVALENCIA JORNADA COMPLETA)

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Argentina										
Doctorado						37,8%	37,7%	39,3%	38,2%	39,2%
Maestría						9,7%	9,4%	10,1%	9,9%	10,2%
Licenciatura o equivalente						46,5%	46,2%	45,7%	49,8%	47,8%
Tercaria no universitario										
Otros						6,1%	6,7%	4,9%	2,1%	2,9%
Bolivia										
Doctorado						19,0%		19,2%		21,1%
Maestría						39,6%		39,5%		38,2%
Licenciatura o equivalente						35,5%		34,3%		31,0%
Tercaria no universitario						2,5%		2,2%		1,5%
Otros						3,4%		4,7%		8,1%
Brasil										
Doctorado	33,9%	34,3%	34,7%							
Maestría	40,7%	41,1%	41,4%							
Licenciatura o equivalente	22,3%	21,4%	20,7%							
Tercaria no universitario										
Otros	3,1%	3,2%	3,3%							
Chile										
Doctorado					37,8%	40,9%	41,3%			
Maestría					18,2%	16,6%	14,8%			
Licenciatura o equivalente					38,1%	37,2%	36,4%			
Tercaria no universitario					5,0%	2,5%	3,5%			
Otros					1,0%	3,0%	4,1%			
Colombia										
Doctorado		78,2%	67,7%	52,7%	69,1%	69,1%				
Maestría		19,8%	28,5%	38,2%	27,2%	27,2%				
Licenciatura o equivalente		2,0%	3,8%	9,1%	3,6%	3,6%				
Tercaria no universitario										
Otros										
El Salvador										
Doctorado				9,6%	8,8%	9,2%	10,3%	9,7%	13,3%	14,4%
Maestría				31,2%	33,0%	38,0%	34,4%	33,3%	37,9%	39,0%
Licenciatura o equivalente				58,0%	56,5%	50,1%	52,5%	55,8%	47,8%	45,6%
Tercaria no universitario				0,7%	0,4%	1,2%	1,3%	1,2%	0,8%	0,4%
Otros				0,5%	1,3%	1,5%	1,5%		0,3%	0,6%
Guatemala										
Doctorado	13,1%	10,7%	15,8%	20,6%	21,0%	24,4%	20,7%	28,0%		
Maestría	30,7%	19,6%	22,9%	27,8%	23,8%	32,8%	27,0%	34,7%		
Licenciatura o equivalente	56,2%	69,7%	61,3%	51,7%	55,2%	42,9%	52,3%	37,4%		
Tercaria no universitario										
Otros										
Paraguay										
Doctorado					27,3%	29,2%	31,8%	36,9%	34,8%	36,6%
Maestría					38,0%	39,3%	36,4%	40,9%	38,3%	36,3%
Licenciatura o equivalente					33,9%	23,7%	31,7%	21,8%	25,7%	26,8%
Tercaria no universitario						0,3%		0,5%		0,2%
Otros					0,8%	7,4%			1,2%	
Portugal										
Doctorado	30,7%	35,6%	38,6%	38,4%	37,4%	37,0%	35,5%	35,0%	34,0%	32,8%
Maestría	31,0%	32,6%	29,8%	31,7%	32,5%	33,4%	35,1%	34,9%	35,0%	35,0%
Licenciatura o equivalente	38,3%	28,1%	27,6%	26,0%	26,4%	25,5%	25,1%	25,8%	26,3%	28,1%
Tercaria no universitario					0,7%	1,0%	1,0%	1,2%	1,3%	1,4%
Otros		3,7%	4,0%	3,9%	3,0%	3,1%	3,4%	3,1%	3,4%	2,7%
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021

INDICADOR 23:

INVESTIGADORES POR NIVEL DE FORMACIÓN (EQUIVALENCIA JORNADA COMPLETA)

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Trinidad y Tobago										
Doctorado						36,0%	44,5%	41,3%	48,8%	33,0%
Maestría						52,9%	48,1%	50,3%	42,8%	61,3%
Licenciatura o equivalente						11,0%	7,4%	8,5%	8,4%	5,8%
Terciaria no universitario										
Otros										
Uruguay										
Doctorado	50,9%	55,2%	58,2%	61,4%	63,7%	66,9%	68,5%	69,9%	71,2%	73,0%
Maestría	31,4%	30,1%	29,0%	27,3%	24,9%	23,0%	22,3%	21,5%	20,8%	19,5%
Licenciatura o equivalente	17,5%	14,4%	12,5%	11,1%	11,2%	9,8%	9,0%	8,2%	7,7%	7,1%
Terciaria no universitario										
Otros	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,4%	0,3%	0,3%	0,4%	0,4%
Venezuela										
Doctorado								41,2%	41,6%	41,6%
Maestría								46,3%	43,7%	43,7%
Licenciatura o equivalente								11,7%	13,3%	13,3%
Terciaria no universitario								0,8%	0,9%	1,0%
Otros								0,1%	0,4%	0,4%
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021

Notas:

EJC: Equivalente a Jornada Completa.

El porcentaje de cada categoría es calculado en relación a la suma de los valores consignados para cada ítem de la desagregación. Dicho total no coincide necesariamente al informado para el total de investigadores.

Los valores corresponden a investigadores y becarios de I+D.

INDICADOR 24:

GASTO EN ACTIVIDADES CIENTÍFICO TECNOLÓGICAS

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
millones de dólares internacionales (PPC)										
Argentina										
ACT	5.553,48	5.600,63	5.426,56	5.736,52	5.320,67	6.386,47	5.737,23	5.443,79	5.463,24	6.155,34
Brasil										
ACT	47.600,86	50.341,74	53.310,50	52.161,81	45.483,24	41.552,35	44.512,29	46.775,58	42.581,13	
Colombia										
ACT	1.955,32	2.334,37	3.051,09	3.590,27	2.808,33	2.797,47	3.674,65	3.000,99	2.455,53	3.233,39
Costa Rica										
ACT	1.269,78	1.381,40	1.917,50	1.635,22	1.884,66	2.285,87	2.739,86			2.534,92
Cuba										
ACT	428,20	610,30	559,20	622,40	781,80	695,20	890,40	699,14	968,99	
Ecuador										
ACT	669,51	957,92	1.053,31							
El Salvador										
ACT	493,15	547,28	564,00	1.033,65	1.028,19	1.146,66	961,58	1.032,97	931,76	1.017,88
Honduras										
ACT				10,35		57,93	89,33	103,66		
México										
ACT	14.538,48	15.469,54	15.107,12	15.619,29	16.048,90	15.439,70	15.093,63	14.829,64	15.559,56	0,00
Panamá										
ACT	177,93	231,58	113,92	112,47	156,87	180,18	197,73	211,32	315,50	293,99
Paraguay										
ACT	172,81	176,07	180,88	209,45	527,78	800,23	1.081,37	576,48	540,91	566,01
Trinidad y Tobago										
ACT	46,52	52,05	78,96	93,53	81,84	82,82	83,78	64,81	70,61	63,53
Uruguay										
ACT	330,89	358,13	384,43	426,27	470,46	531,85	618,64	603,02	589,32	636,35
Venezuela										
ACT	2.876,88	3.664,59	3.946,03	5.439,51	8.545,37					
América Latina y el Caribe										
ACT	78.648,13	84.414,27	88.471,63	89.611,72	86.306,21	82.319,03	85.089,10	81.918,45	78.304,27	79.709,32
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021

Notas:

ACT: Actividades Científicas y Tecnológicas

Cuba: Los valores se encuentran expresados en dólares corrientes, utilizando el tipo de cambio oficial 1 Peso Cubano = 1 Dólar

Guatemala: Los datos corresponden a la inversión realizada por el sector académico y el Estado. No se incluye la inversión del sector privado.

Uruguay: A partir del 2013 se produce un cambio en la metodología de cálculo del gasto nacional en actividades de Ciencia y Tecnología, considerando nuevos criterios para el cálculo del gasto privado (tanto para el 2013 como para estimaciones de años anteriores).

América Latina y el Caribe: los datos son estimados.

Iberoamérica: los datos son estimados.

INDICADOR 25:

GASTO EN ACTIVIDADES CIENTÍFICO TECNOLÓGICAS EN RELACIÓN AL PBI

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Argentina										
ACT	0,68%	0,66%	0,65%	0,66%	0,60%	0,61%	0,55%	0,52%	0,59%	0,57%
Brasil										
ACT	1,59%	1,61%	1,67%	1,73%	1,55%	1,38%	1,44%	1,47%	1,37%	
Colombia										
ACT	0,35%	0,39%	0,49%	0,57%	0,42%	0,40%	0,49%	0,38%	0,32%	0,37%
Costa Rica										
ACT	1,98%	2,01%	2,58%	2,03%	2,08%	2,38%	2,67%			2,40%
Cuba										
ACT	0,59%	0,79%	0,69%	0,71%	0,86%	0,72%	0,89%	0,68%	0,90%	0,66%
Ecuador										
ACT	0,42%	0,55%	0,56%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
El Salvador										
ACT	1,21%	1,27%	1,24%	2,15%	2,01%	2,12%	1,69%	1,75%	1,71%	1,59%
Honduras										
ACT				0,02%		0,11%	0,16%	0,18%		
México										
ACT	0,72%	0,75%	0,70%	0,70%	0,67%	0,63%	0,59%	0,57%	0,63%	
Panamá										
ACT	0,26%	0,29%	0,13%	0,11%	0,14%	0,14%	0,15%	0,15%	0,28%	0,20%
Paraguay										
ACT	0,27%	0,25%	0,24%	0,27%	0,65%	0,93%	1,18%	0,62%	0,58%	0,57%
Trinidad y Tobago										
ACT	0,12%	0,13%	0,20%	0,25%	0,23%	0,22%	0,22%	0,17%	0,19%	0,20%
Uruguay										
ACT	0,50%	0,51%	0,52%	0,57%	0,61%	0,67%	0,76%	0,73%	0,75%	0,75%
Venezuela										
ACT	0,53%	0,67%	0,73%	0,95%	1,75%					
América Latina y el Caribe										
ACT	0,90%	0,93%	0,94%	0,96%	0,91%	0,87%	0,86%	0,81%	0,81%	0,76%
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021

129

Notas:

ACT: Actividades Científicas y Tecnológicas.

I+D: Investigación y Desarrollo Experimental.

Argentina: Durante los años 2009 a 2013 el cálculo del gasto en ACT a nivel nacional sólo tiene en cuenta la inversión de I+D del sector empresarial. Además, el gasto en I+D del sector de empresas de los años 2010 y 2012 corresponde a valores estimados.

Bolivia: La información remitida para el año 2009 corresponde a una respuesta del 30% de las instituciones encuestadas.

Cuba: Los valores se encuentran expresados en dólares corrientes, utilizando el tipo de cambio oficial 1 Peso Cubano = 1 Dólar.

El Salvador: La información consignada corresponde al gasto realizado por el sector de Educación Superior hasta el año 2012. El dato del año 2013 incluye también el gasto en ciencia y tecnología del sector gobierno.

Guatemala: Los datos corresponden a la inversión realizada por el sector académico y el Estado. No se incluye la inversión del sector privado.

Perú: Los valores de 2011 a 2013 corresponden a la ejecución del gasto del Programa de Ciencia y Tecnología (Ministerio de Economía y Finanzas).

Uruguay: A partir del 2013 se produce un cambio en la metodología de cálculo del gasto nacional en actividades de Ciencia y Tecnología, considerando nuevos criterios para el cálculo del gasto privado (tanto para el 2013 como para estimaciones de años anteriores).

América Latina y el Caribe: los datos son estimados.

Iberoamérica: los datos son estimados.

INDICADOR 26:

SOLICITUDES DE PATENTES

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Argentina										
de residentes	697	643	509	519	854	393	410	447	989	406
de no residentes	4.119	4.129	4.173	3.571	2.953	3.049	3.314	3.252	2.501	3.263
Total	4.816	4.772	4.682	4.090	3.807	3.442	3.724	3.699	3.490	3.669
Brasil										
de residentes	7.795	7.975	7.397	7.399	8.123	8.411	7.587	8.312	7.990	7.288
de no residentes	25.744	26.076	25.787	25.702	22.938	20.263	20.049	20.005	19.115	19.633
Total	33.539	34.051	33.184	33.101	31.061	28.674	27.636	28.317	27.105	26.921
Canadá										
de residentes	4.709	4.567	4.198	4.277	4.078	4.133	5.039	5.051	5.496	4.757
de no residentes	30.533	30.174	31.283	32.687	30.667	30.585	33.988	32.948	31.668	34.952
Total	35.242	34.741	35.481	36.964	34.745	34.718	39.027	37.999	37.164	39.709
Chile										
de residentes	336	340	452	443	386	421	404	439	371	399
de no residentes	2.683	2.732	2.653	2.831	2.521	2.470	2.694	2.800	2.441	2.683
Total	3.019	3.072	3.105	3.274	2.907	2.891	3.098	3.239	2.812	3.082
Colombia										
de residentes	206	241	259	318	507	556	406	422	369	
de no residentes	2.022	1.942	1.977	1.977	1.703	1.895	1.903	1.747	1.752	
Total	2.228	2.183	2.236	2.295	2.210	2.451	2.309	2.169	2.121	
Costa Rica										
de residentes	37	49	29	35	44	37	34			
de no residentes	631	646	568	636	545	552	555			
Total	668	695	597	671	589	589	589			
Cuba										
de residentes	38	27	24	26	32	29	28	27	33	21
de no residentes	140	141	126	159	163	145	127	88	76	86
Total	178	168	150	185	195	174	155	115	109	107
Ecuador										
de residentes	0	7	24	20	45	16	34	29		
de no residentes	0	475	358	475	329	401	371	408		
Total	0	482	382	495	374	417	405	437		
El Salvador										
de residentes	17	25	55	18	25	2	29	13	17	20
de no residentes	251	213	211	224	196	182	164	185	168	168
Total	268	238	266	242	221	184	193	198	185	188
España										
de residentes	3.219	2.986	2.902	2.760	2.711	2.150	1.486	1.264	1.405	1.289
de no residentes	142	147	129	122	138	136	92	94	78	72
Total	3.361	3.133	3.031	2.882	2.849	2.286	1.578	1.358	1.483	1.361
Estados Unidos										
de residentes	268.782	287.831	285.096	288.335	295.327	293.904	285.095	285.113		
de no residentes	274.033	283.781	293.706	301.075	310.244	313.052	312.046	336.340		
Total	542.815	571.612	578.802	589.410	605.571	606.956	597.141	621.453		
Guatemala										
de residentes	7	4	10	8	4	3	7	17		
de no residentes	350	329	290	346	278	287	267	237		
Total	357	333	300	354	282	290	274	254		
Honduras										
de residentes	44	21	18	26	35	19	14	0		
de no residentes	255	231	209	239	205	212	198	187		
Total	299	252	227	265	240	231	212	187		
Jamaica										
de residentes	25	22	33	7	19	11	27	14		
de no residentes	82	97	122	63	59	57	51	49		
Total	107	119	155	70	78	68	78	63		
México										
de residentes	1.292	1.211	1.244	1.364	1.310	1.334	1.555	1.305	1.132	1.117
de no residentes	14.022	14.233	14.891	16.707	16.103	15.850	14.869	14.636	13.180	15.044
Total	15.314	15.444	16.135	18.071	17.413	17.184	16.424	15.941	14.312	16.161
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021

INDICADOR 26:
SOLICITUDES DE PATENTES

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Nicaragua										
de residentes	4	3	1							
de no residentes	172	124	145							
Total	176	127	146							
Panamá										
de residentes	0	9	13	14	68	33	135	34		
de no residentes	234	78	274	389	349	376	362	328		
Total	234	87	287	403	417	409	497	362	571	608
Paraguay										
de residentes	19	14	8	16	17	13	34	16	16	17
de no residentes	371	437	398	323	300	303	316	338	338	365
Total	390	451	406	339	317	316	350	354	354	382
Perú										
de residentes	51	69	84	66	68	101	87	135	124	95
de no residentes	1.135	1.189	1.202	1.181	1.090	1.119	1.132	1.123	1.142	1.142
Total	1.186	1.258	1.286	1.247	1.158	1.220	1.219	1.258	1.266	1.237
Portugal										
de residentes	621	647	722	925	724	644	661	703	695	711
de no residentes	26	22	18	20	27	36	29	104	263	42
Total	647	669	740	945	751	680	690	807	958	753
República Dominicana										
de residentes	19	12	16	25	28	20	17	23		
de no residentes	265	256	244	227	242	251	211	220		
Total	284	268	260	252	270	271	228	243		
Trinidad y Tobago										
de residentes	2	0	0	0	3	0	2	1	1	1
de no residentes	215	175	186	169	132	146	140	117	114	149
Total	217	175	186	169	135	146	142	118	115	150
Uruguay										
de residentes	24	27	32	21	28	19	65	23	27	95
de no residentes	683	670	653	539	523	476	555	443	403	553
Total	707	697	685	560	551	495	620	466	430	648
Venezuela										
de residentes	98	99	79	50	47	120	24	20	15	23
de no residentes	1.664	1.621	1.523	1.037	616	379	38	554	237	267
Total	1.762	1.720	1.602	1.087	663	499	62	574	252	290
América Latina y el Caribe										
de residentes	10.905	10.940	10.441	10.499	11.784	11.723	11.040	11.431	11.345	10.047
de no residentes	56.126	56.271	56.374	57.253	51.653	48.743	47.634	47.668	43.679	47.306
Total	67.031	67.211	66.815	67.752	63.437	60.466	58.674	59.099	55.024	57.353
Iberoamérica										
de residentes	14.716	14.545	14.027	14.174	15.195	14.504	13.155	13.380	13.425	12.030
de no residentes	55.932	56.102	56.137	57.087	51.553	48.675	47.534	47.642	43.834	47.171
Total	70.648	70.647	70.164	71.262	66.748	63.179	60.689	61.022	57.259	59.201
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021

Notas:

América Latina y el Caribe: Los datos son estimados.

Iberoamérica: Los datos son estimados.

España: El total de patentes solicitadas incluye las solicitadas por vía nacional, las solicitadas a través de la Oficina Europea de Patentes (OEPM) que designan a España y las solicitadas vía Euro-PCT (presentadas a la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual) que designan a España a través de una patente europea.

Estados Unidos: los datos fueron tomados de la base de la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI) y corresponden a la información de solicitudes de patentes directas y PCT en fase nacional, según los registros de la Oficina Nacional del país.

INDICADOR 27:

PATENTES OTORGADAS

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Argentina										
de residentes	163	228	265	212	208	176	125	164	247	281
de no residentes	769	1.069	1.095	1.348	1.618	2.126	1.399	2.008	2.090	2.017
Total	932	1.297	1.360	1.560	1.826	2.302	1.524	2.172	2.337	2.298
Brasil										
de residentes	654	728	732	934	1.089	1.491	2.141	2.029	2.604	3.259
de no residentes	2.479	2.595	2.390	2.961	3.678	4.756	8.939	11.713	18.699	24.370
Total	3.139	3.325	3.123	3.895	4.772	6.247	11.080	13.742	21.303	27.629
Canadá										
de residentes	2.404	2.756	2.984	2.858	3.295	2.389	2.200	1.985	2.189	2.027
de no residentes	19.415	21.077	20.765	19.343	23.129	21.815	20.893	19.020	20.262	17.498
Total	21.819	23.833	23.749	22.201	26.424	24.204	23.093	21.005	22.451	19.525
Chile										
de residentes	113	119	156	150	195	165	174	280	259	253
de no residentes	657	779	1.012	908	1.857	1.431	1.424	1.210	2.645	2.126
Total	770	898	1.168	1.058	2.052	1.596	1.598	1.490	2.904	2.379
Colombia										
de residentes	109	146	117	88	103	170	219	314	244	
de no residentes	1.584	2.033	1.264	1.089	844	1.060	1.111	1.350	831	
Total	1.693	2.179	1.381	1.177	947	1.230	1.330	1.664	1.075	
Costa Rica										
de residentes	9	12	22	6	7	20	12			
de no residentes	186	192	159	156	89	234	223			
Total	195	204	181	162	96	254	235			
Cuba										
de residentes	9	19	17	6	10	9	8	4	2	13
de no residentes	75	95	78	62	83	65	85	85	36	68
Total	84	114	95	68	93	74	93	89	38	81
Ecuador										
de residentes	0	2	0	1	2	4	2	3		
de no residentes	0	11	20	13	8	13	8	14		
Total	0	13	20	14	10	17	10	17		
El Salvador										
de residentes	10	4	12	6	3	5	16	8	5	13
de no residentes	38	68	110	59	58	46	59	65	96	97
Total	48	72	122	65	61	51	75	73	101	110
España										
de residentes	2.537	2.745	2.911	2.274	2.087	1.842	1.621	1.156	558	631
de no residentes	116	148	190	149	107	102	77	50	30	40
Total	2.653	2.893	3.101	2.423	2.194	1.944	1.698	1.206	588	671
Estados Unidos										
de residentes	121.026	133.593	144.621	140.969	143.723	150.952	144.413	167.115		
de no residentes	132.129	144.242	156.057	157.439	159.324	167.876	163.346	187.315		
Total	253.155	277.835	300.678	298.408	303.049	318.828	307.759	354.430		
Guatemala										
de residentes	7	2	0	2	0	1	0	0		
de no residentes	38	66	104	123	38	45	24	29		
Total	45	68	104	125	38	46	24	29		
Honduras										
de residentes	13	25	9	0	8	2	0	0		
de no residentes	163	140	125	83	73	70	88	85		
Total	176	165	134	83	81	72	88	85		
Jamaica										
de residentes	0	1	1	6	1	0	1	2		
de no residentes	20	34	27	68	4	9	0	0		
Total	20	35	28	74	5	9	1	2		
México										
de residentes	281	302	305	410	426	407	457	438	397	618
de no residentes	12.049	10.041	9.514	8.928	8.231	8.103	8.464	8.264	7.329	9.751
Total	12.330	10.343	9.819	9.338	8.657	8.510	8.921	8.702	7.726	10.369
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021

INDICADOR 27:
PATENTES OTORGADAS

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Nicaragua										
de residentes	2	0	0							
de no residentes	66	72	62							
Total	68	72	62							
Panamá										
de residentes	0	6	5	0	2	0	2	0		
de no residentes	325	260	161	0	11	4	145	133		
Total	325	266	166	0	13	4	147	133		
Paraguay										
de residentes	4	1	2	0	3	0	0	1	1	0
de no residentes	1	6	8	10	10	12	13	27	27	31
Total	5	7	10	10	13	12	13	28	28	31
Perú										
de residentes	11	2	7	17	26	26	30	32	33	21
de no residentes	415	281	322	342	374	482	595	680	465	547
Total	426	283	329	359	400	508	625	712	498	568
Portugal										
de residentes	91	118	89	69	36	52	61	74	100	179
de no residentes	21	12	8	7	2	3	8	6	10	12
Total	112	130	97	76	38	55	69	80	110	191
República Dominicana										
de residentes	5	0	3	13	5	16	11	10		
de no residentes	109	68	126	142	95	111	84	148		
Total	114	68	129	155	100	127	95	158		
Trinidad y Tobago										
de residentes	4	1	0	0	0	0	1	1	1	0
de no residentes	58	51	60	76	71	146	55	67	65	40
Total	62	52	60	76	71	146	56	68	66	40
Uruguay										
de residentes	2	1	4	4	2	1	23	5	3	48
de no residentes	21	12	26	17	11	22	107	53	110	216
Total	23	13	30	21	13	23	130	58	113	264
Venezuela										
de residentes					37	26	12	0		8
de no residentes					219	194	160	168		729
Total					256	220	172	168		737
América Latina y el Caribe										
de residentes	1.513	1.688	1.760	1.958	2.184	2.564	3.269	3.335	3.844	4.745
de no residentes	19.254	18.129	16.978	16.825	17.579	19.037	23.098	26.419	33.330	41.417
Total	20.766	19.816	18.738	18.784	19.762	21.601	26.367	29.753	37.175	46.162
Iberoamérica										
de residentes	4.137	4.549	4.759	4.295	4.306	4.458	4.949	4.563	4.501	5.553
de no residentes	19.313	18.204	17.088	16.837	17.556	18.964	23.106	26.385	33.296	41.405
Total	23.449	22.752	21.847	21.133	21.861	23.422	28.055	30.948	37.797	46.958
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021

Notas:

América Latina y el Caribe: Los datos son estimados.

Iberoamérica: Los datos son estimados.

España: El total de patentes otorgadas incluye las concedidas por vía nacional, las concedidas a través de la Oficina Europea de Patentes (OEPM) que designan a España y las concedidas vía Euro-PCT (presentadas a la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual) que designan a España a través de una patente europea.

INDICADOR 28:

SOLICITUD DE PATENTES PCT

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Argentina	69	69	47	36	50	51	44	52	39	52
Barbados	160	166	161	122	127	195	104	79	51	0
Bolivia	1	0	2	0	0	0	0	1	0	0
Brasil	685	710	665	567	604	587	675	701	712	638
Canadá	3.997	3.691	3.457	3.015	3.086	2.814	2.705	2.847	3.139	2.832
Chile	139	134	116	158	166	173	176	187	210	216
Colombia	67	74	76	79	89	115	111	120	129	105
Costa Rica	17	4	15	8	11	9	14	6	5	10
Cuba	10	10	9	5	1	7	5	10	13	15
Ecuador	8	9	2	4	9	6	21	5	26	7
El Salvador	1	1	2	2	0	2	0	3	0	0
España	2.120	1.851	1.771	1.585	1.579	1.563	1.403	1.415	1.476	1.442
Estados Unidos	52.501	57.877	67.237	57.091	58.295	58.373	59.147	58.436	61.373	61.206
Guatemala	2	3	1	0	3	0	4	1	1	0
Honduras	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Jamaica	1	0	2	0	0	1	1	1	2	0
México	282	229	246	288	262	306	286	258	251	140
Nicaragua	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Panamá	11	22	9	18	7	59	152	47	16	16
Paraguay	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0
Perú	11	12	15	20	25	20	31	42	23	33
Portugal	126	144	159	152	160	213	215	188	264	240
Puerto Rico	27	18	26	21	46	117	221	308	47	28
Rep. Dominicana	0	0	7	1	6	6	11	10	5	9
Trinidad y Tobago	2	2	0	1	1	2	6	6	3	0
Uruguay	10	10	9	11	6	14	8	16	12	12
Venezuela	10	5	6	0	4	1	2	1	2	0
América Latina y el Caribe	1.481	1.447	1.435	1.333	1.405	1.655	1.855	1.844	1.526	1.298
Iberoamérica	3.598	3.270	3.152	2.918	2.958	3.105	3.124	3.037	3.149	2.899
Total	178.212	192.633	210.609	200.928	210.454	223.571	237.412	246.636	264.585	263.280

Notas:

El total refiere al total mundial.

Los subtotales difieren del total debido a las copublicaciones que se registran como un entero para cada país participante.

PCT. Tratado de Cooperación en materia de Patentes - Organización Mundial de la Propiedad Intelectual - OMPI

"Fuente - OMPI

<http://patentscope.wipo.int/>"

INDICADOR 29: PUBLICACIONES EN SCOPUS

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Argentina	12.134	12.251	13.530	13.579	14.373	14.726	15.599	15.850	17.758	17.895
Barbados	150	148	138	149	152	140	145	166	174	208
Bolivia	252	283	315	336	365	320	406	463	545	621
Brasil	61.887	65.102	68.641	71.979	76.472	81.060	86.653	91.724	97.859	103.008
Canadá	99.246	100.955	104.583	105.898	108.998	114.912	118.440	121.608	124.892	133.668
Chile	8.907	9.321	11.107	11.738	13.659	13.993	15.518	16.774	18.938	20.677
Colombia	6.645	7.452	8.314	9.106	10.855	12.180	13.756	15.524	17.154	18.130
Costa Rica	696	712	894	877	1.043	1.158	1.266	1.466	1.634	1.787
Cuba	2.406	2.468	2.367	2.236	2.091	2.051	2.152	2.323	2.592	2.851
Ecuador	648	762	1.060	1.675	2.546	3.677	4.777	5.491	6.132	6.801
El Salvador	109	97	125	150	172	122	156	129	125	191
España	84.806	86.903	90.828	90.019	93.398	97.745	101.182	107.125	117.276	125.359
Estados Unidos	673.016	689.643	681.689	702.622	710.173	727.147	738.283	730.473	730.260	757.937
Guatemala	218	232	218	281	292	328	318	329	426	469
Guyana	36	34	33	39	46	46	65	60	84	82
Haiti	61	97	113	121	123	136	110	125	152	160
Honduras	86	94	85	107	104	150	194	239	420	360
Jamaica	401	414	456	403	427	454	446	403	472	480
México	18.352	19.553	21.379	21.618	23.041	25.278	27.022	29.955	31.932	33.895
Nicaragua	118	97	104	120	141	158	161	151	156	145
Panamá	492	502	509	533	555	627	682	842	859	982
Paraguay	145	157	169	228	249	329	274	448	492	538
Perú	1.376	1.535	1.773	2.103	2.473	3.056	3.630	4.816	6.376	7.930
Portugal	20.375	22.424	23.466	24.449	25.358	26.691	28.280	31.261	33.588	36.909
Puerto Rico	930	816	857	780	887	888	920	863	987	1.073
Rep. Dominicana	87	125	120	141	149	178	214	281	347	389
Trinidad y Tobago	402	356	498	358	444	454	472	472	504	556
Uruguay	1.106	1.170	1.469	1.377	1.614	1.635	1.905	2.057	2.116	2.508
Venezuela	2.070	1.972	2.030	1.787	1.647	1.836	1.675	1.754	1.625	1.675
América Latina y el Caribe	112.090	118.043	128.529	131.668	144.883	153.867	165.721	178.590	193.315	203.663
Iberoamérica	206.524	215.939	230.086	232.209	250.040	261.371	276.486	297.055	321.206	341.338
Total	2.744.704	2.850.059	2.907.145	2.895.979	3.066.184	3.162.125	3.333.008	3.558.419	3.702.543	3.963.409
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021

Notas:

El total refiere al total mundial.

Los subtotales regionales difieren de la suma de los datos por país debido a que las copublicaciones son registradas como un entero para cada país participante.

INDICADOR 30:

PUBLICACIONES EN SCOPUS EN RELACIÓN AL GASTO DE I+D

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
	cada millón de u\$s (PPC)									
Argentina	2,3	2,3	2,7	2,5	2,9	2,5	3,0	3,2	3,5	3,2
Brasil	1,8	1,7	1,7	1,7	2,0	2,4	2,4	2,3	2,7	
Canadá	3,8	3,8	3,8	3,9	3,8	3,9	3,7	3,6	3,6	3,9
Chile	6,6	6,1	7,3	7,6	8,7	8,7	8,8	10,2	11,7	
Colombia	5,1	4,7	4,3	4,0	6,3	7,4	6,8	9,5	11,5	10,3
Costa Rica	1,9	1,8	2,1	2,4	2,5	2,7	3,2			5,6
Cuba	8,1	6,7	7,1	6,0	6,7	4,9	4,0	4,1	4,7	1,6
Ecuador	1,2	1,1	1,3							
El Salvador	7,9	3,5	2,9	2,2	2,3	1,2	1,7	1,3	1,4	1,9
España	4,4	4,5	4,7	4,5	4,5	4,4	4,3	4,4	4,7	4,5
Estados Unidos	1,5	1,5	1,4	1,4	1,3	1,3	1,2	1,1	1,0	0,0
Guatemala	4,5	5,3	6,2	7,2	9,7	8,3	7,6	8,3	5,8	4,7
Honduras				16,3		7,2	5,4	6,9		
México	2,2	2,2	2,3	2,3	2,5	3,1	3,4	4,0	4,3	4,8
Panamá	9,3	10,1	4,6	4,9	3,7	3,7	3,7	4,3	3,0	3,8
Paraguay	3,5	3,1	2,8	3,1	2,6	2,6	2,0	3,5	3,4	3,7
Perú	7,8	5,6	4,7	5,1	5,5	6,4	6,8	7,0	9,4	12,2
Portugal	5,3	5,8	6,1	6,4	6,1	5,9	5,8	5,9	6,0	5,8
Trinidad y Tobago	22,7	15,4	15,1	11,0	13,4	13,6	14,6	20,4	21,8	26,6
Uruguay	5,5	5,8	6,3	5,3	5,6	4,6	4,6	5,7	6,0	6,8
Venezuela	1,5	1,1	1,2	0,7	0,5					
América Latina y el Caribe	2,1	2,0	2,0	2,0	2,3	2,7	2,7	2,9	3,3	3,2
Iberoamérica	2,7	2,6	2,7	2,6	2,9	3,1	3,1	3,2	3,6	3,5

136

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
--	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

Notas:

I+D: Corresponde a Investigación y Desarrollo Experimental.

Cuba: Los valores se encuentran expresados en dólares corrientes, utilizando el tipo de cambio oficial 1 Peso Cubano = 1 Dólar.

América Latina y el Caribe: los datos son estimados.

Iberoamérica: los datos son estimados.

ANEXO
DEFINICIONES
DE INDICADORES
SELECCIONADOS



DEFINICIONES DE INDICADORES SELECCIONADOS



1. INDICADORES SELECCIONADOS

Los indicadores que se presentan en este informe han sido elaborados con arreglo a las normas propuestas en el Manual de Frascati¹ de la OCDE, ajustadas a las características de los países latinoamericanos según las recomendaciones surgidas de las reuniones metodológicas de la RICYT.

Indicadores de contexto

Los indicadores de contexto contienen información acerca de ciertas dimensiones básicas de los países, tales como la población, la población económicamente activa (PEA) y la economía, expresada en las cifras del PBI. La utilidad de estos datos, para los propósitos de este informe, es permitir la construcción de indicadores de peso relativo, tales como el gasto en I+D como porcentaje del PBI y el número de investigadores en relación con la PEA.

Los indicadores de contexto seleccionados son:

Indicador 1: Población (expresada en millones de habitantes),

Indicador 2: Población Económicamente Activa (PEA) (expresada en millones de personas),

Indicador 3: Producto Bruto Interno (PBI) (expresado en Paridad de Poder de Compra -PPC-).

Indicadores de recursos económicos destinados a la ciencia y la tecnología

Estos indicadores reflejan los recursos económicos que cada país destina a la ciencia y la tecnología. Cada indicador refleja el gasto en Investigación y Desarrollo Experimental (I+D), según las definiciones del Manual de Frascati que se transcriben en el apartado del presente anexo.² Los mismos se encuentran expresados en porcentajes relativos o en dólares PPC, según corresponda.

Indicador 4: Gasto en Investigación y Desarrollo

Este indicador, expresado en las diferentes unidades monetarias, refleja el gasto realizado dentro de cada país en I+D, tanto por el sector público, como por el sector privado.

Indicador 5: Gasto en Ciencia y Tecnología en relación al PBI

Este indicador expresa porcentualmente el esfuerzo relativo del país en materia de ciencia y tecnología, tomando como referencia el PBI.

Indicador 6: Gasto en Ciencia y Tecnología por habitante

Este indicador presenta el gasto en ciencia y tecnología en relación a la cantidad de habitantes del país.

Indicador 7: Gasto en I+D por investigador

Este indicador presenta la relación entre el gasto en I+D y el número de investigadores calculados, tanto en equivalencia a jornada completa (EJC),³ como en personas físicas (PF). Dado que el indicador representa la dotación per cápita de recursos para la investigación se toma exclusivamente el gasto en I+D.

(*): Para más detalle, ver punto 2 de este anexo: Definiciones básicas utilizadas.

1. OECD, The Measurement of Scientific and Technological Activities. Frascati Manual 2015: Guidelines for Collecting and Reporting Data on Research and Experimental Development. Para la edición española: (c) 2018, Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT). Publicado por acuerdo con la OCDE, París.

2. Ver punto 2. Definiciones básicas utilizadas.

3. Ver punto 2. Definiciones básicas utilizadas.

Indicador 8: Gasto en I+D por tipo de actividad

Este indicador presenta el gasto en I+D discriminado según el tipo de actividad: Investigación Básica, Investigación Aplicada y Desarrollo Experimental.⁴ Los valores de cada categoría se encuentran expresados en porcentajes en relación a la suma de los valores consignados para ese indicador. Es decir, para el cálculo de porcentajes, el total de referencia no necesariamente es igual al total de Gasto en I+D informado por cada país.

Indicador 9: Gasto en Investigación y Desarrollo por sector de financiamiento

Este indicador presenta el gasto discriminado según la fuente de financiamiento. Se ha utilizado, para identificar las fuentes, la clasificación de sectores propuesta por la OCDE: empresas, administración pública (o gobierno), organizaciones privadas sin fines de lucro, educación superior y extranjero. Los valores de cada categoría se encuentran expresados en porcentajes en relación a la suma de los valores consignados para ese indicador.

Indicador 10: Gasto en Investigación y Desarrollo por sector de ejecución

Este indicador presenta el gasto discriminado según el sector que ejecuta, independientemente de la fuente de financiamiento. Se sigue la clasificación de sectores propuesta por la OCDE: empresas, administración pública (o gobierno), organizaciones privadas sin fines de lucro y educación superior. Los valores de cada categoría se encuentran expresados en porcentajes en relación a la suma de los valores consignados para ese indicador. Es decir, para el cálculo de porcentajes, el total de referencia no necesariamente es igual al total del gasto en actividades científicas informado por cada país.

Indicador 11: Gasto en I+D por disciplina científica

Este indicador pretende identificar el gasto en I+D, según la distribución de los recursos de acuerdo a las diversas disciplinas científicas y tecnológicas en las cuales se centran sus actividades. Los valores de cada categoría se encuentran expresados en porcentajes en relación al total de Gasto en I+D informado por cada país.

Recursos humanos en ciencia y tecnología**Indicador 12: Personal en ciencia y tecnología en personas físicas (PF)**

Este indicador refleja el número de personas involucradas en I+D, según sus distintas funciones: investigadores, becarios de I+D o doctorado, personal de apoyo y personal de servicios científico-tecnológicos. Las categorías se corresponden a la definición del Manual de Frascati que se describe en el punto 2 del presente anexo.

Indicador 13: Investigadores por cada mil integrantes de la PEA (PF)

Este indicador expresa el peso relativo de los investigadores en la fuerza de trabajo disponible del país o población económicamente activa (PEA). El indicador refleja el potencial de recursos humanos para la I+D con los que cuenta el país, en relación con las dimensiones de su fuerza de trabajo.

Indicador 14: Investigadores por sexo (PF)

Este indicador presenta los porcentajes de investigadores (incluyendo becarios), según su función, clasificados por sexo.

Indicador 15: Investigadores por sector de empleo (PF)

Este indicador presenta el número de investigadores según el sector en el que desempeñan su actividad. Está expresado en porcentaje del total de investigadores en personas físicas para cada sector.

Indicador 16: Investigadores por disciplina científica (PF)

Este indicador presenta el número de investigadores en personas físicas (incluyendo los becarios de I+D o de doctorado) distribuidos según la disciplina científica en la que se desempeñan y expresado en porcentajes.

Indicador 17: Investigadores por nivel de formación (PF)

Este indicador identifica la distribución de los investigadores (incluyendo los becarios de I+D o de doctorado) según su máximo nivel de formación alcanzado.

Indicador 18: Personal en ciencia y tecnología en equivalencia jornada completa (EJC)

Este indicador refleja el número de personas involucradas en I+D, según sus distintas funciones: investigadores, becarios de I+D o doctorado, personal de apoyo y personal de servicios científico-tecnológicos. Las categorías se corresponden a la definición del Manual de Frascati que se describe en el punto 2 del presente anexo.

Indicador 19: Investigadores por cada mil integrantes de la PEA (EJC)

Este indicador expresa el peso relativo de los investigadores en la fuerza de trabajo disponible del país o población económicamente activa (PEA). El indicador refleja el potencial de recursos humanos para la I+D con los que cuenta el país, en relación con las dimensiones de su fuerza de trabajo.

Indicador 20: Investigadores por sexo (EJC)

Este indicador presenta los porcentajes de investigadores (incluyendo becarios), según su función, clasificados por sexo.

4. Ver punto 2. Definiciones básicas utilizadas.

Indicador 21: Investigadores por sector de empleo (EJC)

Este indicador presenta el número de investigadores según el sector en el que desempeñan su actividad. Está expresado en porcentaje del total de investigadores en equivalencia de jornada completa para cada sector.

Indicador 22: Investigadores por disciplina científica (EJC)

Este indicador presenta el número de investigadores en personas físicas (incluyendo los becarios de I+D o de doctorado) distribuidos según la disciplina científica en la que se desempeñan y expresado en porcentajes.

Indicador 23: Investigadores por nivel de formación (EJC)

Este indicador identifica la distribución de los investigadores (incluyendo los becarios de I+D o de doctorado) según su máximo nivel de formación alcanzado.

Indicadores de recursos económicos destinados a la ciencia y la tecnología

Estos indicadores reflejan los recursos económicos que cada país destina a la ciencia y la tecnología. Cada indicador refleja el gasto en Actividades Científicas y Tecnológicas (ACT), según las definiciones de UNESCO que se transcriben en el apartado del presente anexo.⁵ Los mismos se encuentran expresados en porcentajes relativos o en dólares PPC, según corresponda.

Indicador 24: Gasto en Actividades Científico Tecnológicas

Este indicador, expresado en las diferentes unidades monetarias, refleja el gasto realizado dentro de cada país en ACT, tanto por el sector público, como por el sector privado.

Indicador 25: Gasto en Actividades Científico Tecnológicas en relación al PBI

Este indicador expresa porcentualmente el esfuerzo relativo del país en materia de ciencia y tecnología, tomando como referencia el PBI.

Productos de la ciencia y la tecnología

Este conjunto de indicadores se utiliza para estimar los resultados de las actividades de I+D. Desde el punto de vista adoptado, siguiendo la norma del Manual de Frascati, las patentes representan -en mayor medida- el producto de la investigación tecnológica y empresarial, por cuanto protegen conocimientos con potencial interés económico. La medición de las publicaciones científicas en determinados medios representa una aproximación, no exenta de controversias, a una evaluación cuantitativa (e indirectamente cualitativa) del producto de la investigación académica.⁶

Indicador 26: Solicitudes de patentes

Este indicador presenta el número de patentes solicitadas en cada país, discriminadas según el lugar de residencia de los solicitantes. Para el análisis de este indicador se debe tener en cuenta que no todas las patentes son el resultado de un esfuerzo de I+D, así como que muchos productos de la I+D empresarial, especialmente en algunos sectores productivos, no son patentados. No obstante esta limitación, el indicador es utilizado a efectos comparativos en todas las series internacionales. Cabe señalar, en el caso de América Latina, que algunos países presentan saltos en sus series debido a cambios en la legislación y en las políticas.

Indicador 27: Patentes otorgadas

Este indicador presenta el número de patentes otorgadas en cada país, discriminado según el lugar de residencia del solicitante. Para el análisis de este indicador se debe tener en cuenta que no existe una relación lineal entre las patentes otorgadas y las solicitadas en cada año, ya que los tiempos de otorgamiento de una patente pueden variar substantivamente, tanto entre los distintos países, como dentro de un mismo país.

Indicador 28: Solicitud de Patentes PCT

Este indicador presenta el número de patentes solicitadas en cada país, a través del convenio PCT de la OMPI.

Indicador 29: Publicaciones en SCOPUS

Este indicador presenta el número de publicaciones científicas correspondientes a autores de distintos países, registradas en SCOPUS. Esta base de datos tiene carácter multidisciplinario y abarca alrededor de 20 mil revistas científicas. Su contenido constituye el autodenominado “mainstream” o “corriente principal de la ciencia”.

Indicador 30: Publicaciones en SCOPUS en relación al gasto en I+D

Este indicador presenta el número de publicaciones científicas correspondientes a autores de cada uno de los distintos países, registradas en SCOPUS, en relación al gasto en I+D del país. Se expresa en publicaciones por cada millón de dólares de gasto en I+D.

2. DEFINICIONES BÁSICAS UTILIZADAS

En este apartado se presentan las definiciones de los conceptos utilizados, confeccionadas sobre la base del Manual de Frascati 2015 (OCDE) y de las definiciones propuestas por la UNESCO.

Investigación y Desarrollo Experimental (I+D)

La investigación y el desarrollo experimental (I+D) comprende el trabajo creativo llevado a cabo de forma sistemática para incrementar el volumen de los

5. UNESCO, Recommendation Concerning the International Standardization of Statistics on Science and Technology (1984)

6. Los indicadores bibliométricos presentados fueron elaborados por la coordinación de la RICYT en base a una estrategia de búsqueda.

conocimientos humanos, culturales y sociales, y el uso de esos conocimientos para derivar nuevas aplicaciones.

Actividades Científicas y Técnicas (ACT)

Las actividades científicas y tecnológicas comprenden las actividades sistemáticas estrechamente relacionadas con la producción, promoción, difusión y aplicación de los conocimientos científicos y técnicos en todos los campos de la ciencia y la tecnología. Incluyen actividades tales como la investigación científica y el desarrollo experimental (I+D), la enseñanza y la formación científica y técnica (EFCT) y los servicios científicos y técnicos (SCT).

Tipos de Actividad Científico Tecnológica

El tipo de actividad Científico tecnológica se divide en 3: Investigación y desarrollo (I+D), Enseñanza y formación Científica y Técnica (EFCT), que incluye a toda actividad de nivel superior no universitario, universitario, post-universitario y de formación permanente de científicos e ingenieros (ISCED 5-8) y servicios científicos y tecnológicos (SCT), que incluye a toda actividad que contribuye a la generación, difusión y aplicación del conocimiento científico y técnico, se divide a su vez en 4 tipos de servicios.

Servicios Científicos y Técnicos (SCT)

La definición de los SCT engloba las actividades relacionadas con la investigación y el desarrollo experimental que contribuyen a la producción, difusión y aplicación de conocimientos científicos y técnicos. A efectos de su uso en encuestas, la UNESCO ha dividido los SCT en nueve subclases que pueden resumirse como sigue: actividades de C-T de bibliotecas, etc.; actividades de C-T de museos, etc.; traducción, edición, etc., de literatura C-T; inventarios e informes (geológicos, hidrológicos, etc.); prospección; recogida de información de fenómenos socioeconómicos; ensayos, normalización, control de calidad, etc.; actividades de asesoramiento a clientes, incluyendo servicios de asesoría agrícola e industrial; actividades de patentes y licencias a cargo de organismos públicos

Sector Gobierno

Este sector comprende todos los ministerios, oficinas y otros organismos que suministran, generalmente a título gratuito, servicios colectivos que no sería económico ni fácil de suministrar de otro modo y que, además, administran los asuntos públicos y la política económica y social de la colectividad y las instituciones privadas sin fines de lucro controladas y financiadas principalmente por la administración. Las empresas públicas se incluyen en el sector de empresas.

Sector Empresas

El sector de las empresas comprende todas las empresas, organismos e instituciones cuya actividad esencial consiste en la producción mercantil de bienes y servicios (exceptuando los de la enseñanza superior) para su venta

al público, a un precio que corresponde al de la realidad económica; y las instituciones privadas sin fines de lucro que están esencialmente al servicio de dichas empresas.

Sector Educación Superior

Este sector comprende todas las universidades y centros de nivel universitario, cualesquiera que sean el origen de sus recursos y su personalidad jurídica. Incluye también todos los institutos de investigación, estaciones experimentales y hospitales directamente controlados, administrados o asociados a centros de enseñanza superior.

Sector Organizaciones Privadas sin Fines de Lucro

El campo cubierto por este sector comprende las instituciones privadas sin fines de lucro, que están fuera del mercado y al servicio de las economías domésticas (es decir, del público); y los individuos privados y las economías domésticas.

Sector Extranjero

Este sector comprende todas las instituciones e individuos situados fuera de las fronteras políticas de un país, a excepción de los vehículos, buques, aeronaves y satélites espaciales utilizados por instituciones nacionales, y de los terrenos de ensayo adquiridos por esas instituciones. También comprende todas las organizaciones internacionales (excepto empresas), incluyendo sus instalaciones y actividades dentro de las fronteras de un país.

Investigadores

Los investigadores son profesionales que trabajan en la concepción o creación de nuevos conocimientos, productos, procesos, métodos y sistemas, y en la gestión de los respectivos proyectos.

Becarios de I+D o doctorado

Los estudiantes postgraduados que desarrollan actividades de I+D deben ser considerados como investigadores e indicarse por separado. Si no constituyen una categoría diferente y son considerados como empleados, técnicos o investigadores, se suelen producir incoherencias en las series relativas a investigadores.

Personal de apoyo

Se compone de técnicos, personal asimilado y otro personal de apoyo.

Técnicos y personal asimilado

Los técnicos y el personal asimilado son personas cuyas tareas principales requieren unos conocimientos y una experiencia de naturaleza técnica en uno o varios campos de la ingeniería, de las ciencias físicas y de la vida o de las ciencias sociales y las humanidades. Participan en la I+D ejecutando tareas científicas y técnicas que requieren la aplicación de métodos y principios operativos,

generalmente bajo la supervisión de investigadores. El personal asimilado realiza los correspondientes trabajos bajo la supervisión de investigadores en ciencias sociales y humanidades.

Sus tareas principales son las siguientes: realizar investigaciones bibliográficas y seleccionar el material apropiado en archivos y bibliotecas; elaborar programas para ordenador; llevar a cabo experimentos, pruebas y análisis; preparar los materiales y equipo necesarios para la realización de experimentos, pruebas y análisis; hacer mediciones y cálculos y preparar cuadros y gráficos; llevar a cabo encuestas estadísticas y entrevistas.

Otro personal de apoyo

El otro personal de apoyo incluye los trabajadores, cualificados o no, y el personal de secretariado y de oficina que participan en la ejecución de proyectos de I+D o que están directamente relacionados con la ejecución de tales proyectos.

Equivalencia a jornada completa (EJC)

La equivalencia a jornada completa (EJC) se calcula considerando para cada persona únicamente la proporción de su tiempo (o su jornada) que dedica a I+D (o ACT, cuando corresponda).

Un EJC puede entenderse como el equivalente a una persona-año. Así, quien habitualmente emplea el 30 % de su tiempo a I+D y el resto a otras actividades (tales como enseñanza, administración universitaria y orientación de alumnos) debe ser considerado como 0,3 EJC. Igualmente, si un trabajador de I+D con dedicación plena está empleado en una unidad de I+D 6 meses únicamente, el resultado es un EJC de 0,5. Puesto que la jornada (período) laboral normal puede diferir de un sector a otro, e incluso de una institución a otra, es imposible expresar la equivalencia a jornada completa en personas/año.

Teóricamente, la conversión en equivalencia a jornada completa debería aplicarse a todo el personal de I+D a tomar en consideración. En la práctica, se acepta que las personas que emplean más del 90% de su tiempo a I+D (por ejemplo, la mayor parte del personal empleado en laboratorios de I+D) sean consideradas con equivalencia de dedicación plena del 100% y de la misma forma, podrían excluirse todas las personas que dedican menos del 10% de su tiempo a I+D.

La I+D puede ser la función principal de algunas personas (por ejemplo, los empleados de un laboratorio de I+D), o sólo la función secundaria (por ejemplo, los empleados de un establecimiento dedicado a proyectos y ensayos). La I+D puede igualmente representar una fracción apreciable de la actividad en determinadas profesiones (por ejemplo, los profesores universitarios y los estudiantes postgraduados). Si se computaran únicamente las personas empleadas en centros de I+D, resultaría una subestimación del esfuerzo dedicado a I+D; por el contrario, si se contabilizaran todas

las personas que dedican algún tiempo a I+D, se produciría una sobreestimación. Es preciso, por tanto, traducir a equivalencia a jornada completa (EJC) el número de personas que realizan actividades de I+D.

Investigación básica

La investigación básica consiste en trabajos experimentales o teóricos que se emprenden fundamentalmente para obtener nuevos conocimientos acerca de los fundamentos de fenómenos y hechos observables, sin pensar en darles ninguna aplicación o utilización determinada.

Investigación aplicada

La investigación aplicada consiste también en trabajos originales realizados para adquirir nuevos conocimientos; sin embargo, está dirigida fundamentalmente hacia un objetivo práctico específico.

Desarrollo experimental

Consiste en trabajos sistemáticos basados en los conocimientos existentes, derivados de la investigación y/o la experiencia práctica, dirigidos a la producción de nuevos materiales, productos o dispositivos; al establecimiento de nuevos procesos, sistemas y servicios; o a la mejora sustancial de los ya existentes.

3. CAMPOS DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA

143

1. Ciencias Naturales y Exactas

- 1.1 Matemáticas
- 1.2 Ciencias de la información y la computación
- 1.3 Ciencias físicas
- 1.4 Ciencias químicas
- 1.5 Ciencias de la tierra y ciencias relacionadas con el medio
- 1.6 Ciencias biológicas
- 1.7 Otras ciencias naturales

2. Ingeniería y Tecnología

- 2.1 Ingeniería civil
- 2.2 Ingeniería eléctrica, electrónica e informática.
- 2.3 Ingeniería mecánica
- 2.4 Ingeniería química
- 2.5 Ingeniería de los materiales
- 2.6 Ingeniería médica
- 2.7 Ingeniería ambiental
- 2.8 Biotecnología ambiental
- 2.9 Biotecnología industrial
- 2.10 Nanotecnología
- 2.11 Otras ingenierías y tecnologías

3. Ciencias Médicas

- 3.1 Medicina básica
- 3.2 Medicina clínica
- 3.3 Ciencias de la salud
- 3.4 Biotecnología médica
- 3.5 Otras ciencias médicas

4. Ciencias Agrícolas

- 4.1 Agricultura, silvicultura y pesca
- 4.2 Ciencia animal y de los lácteos
- 4.3 Ciencia veterinaria
- 4.4 Biotecnología agrícola
- 4.5 Otras ciencias agrícolas

5. Ciencias Sociales

- 5.1 Psicología y ciencias cognitivas
- 5.2 Economía y comercio
- 5.3 Educación
- 5.4 Sociología
- 5.5 Derecho
- 5.6 Ciencia política
- 5.7 Geografía social y económica
- 5.8 Medios de comunicación
- 5.9 Otras ciencias sociales

6. Humanidades

- 6.1 Historia y arqueología
- 6.2 Lengua y literatura
- 6.3 Filosofía, ética y religión
- 6.4 Artes (Arte, historia del arte, artes escénicas, música)
- 6.5 Otras humanidades

SCI: Science Citation Index

SCT*: Servicios Científicos y Tecnológicos

SSCI: Social Science Citation Index

UNESCO: Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura.

4. GLOSARIO DE SIGLAS

ACT*: Actividades Científicas y Tecnológicas

BID: Banco Interamericano de Desarrollo

BIOSIS: Biological Abstracts

CCST: Caribbean Council on Science and Technology

CIDI: Consejo Interamericano para el Desarrollo Integral

COMPENDEX: Engineering Index

CSIC: Consejo Superior de Investigaciones Científicas (España)

CyT: Ciencia y Tecnología

EJC*: Equivalencia a Jornada Completa

I+D*: Investigación y Desarrollo

ICYT: Índice Español de Ciencia y Tecnología

IEDCYT: Instituto de Estudios Documentales sobre la Ciencia y la Tecnología

INSPEC: Physics Abstracts

MEDLINE: Index Medicus

NSF: National Science Foundation

OCDE: Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos

OEA: Organización de Estados Americanos

OPSFL: Organizaciones privadas sin fines de lucro

PASCAL: Bibliographie International

PBI: Producto bruto interno

PEA: Población económicamente activa

PF: Personas físicas

PPC: Paridad de Poder de Compra

RICYT: Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología - Iberoamericana e Interamericana-

(*): Para más detalle, ver punto 2 de este anexo: Definiciones básicas utilizadas.

Este libro se terminó de imprimir
en el mes de Diciembre de 2023,
en Altuna Impresores S.R.L.,
Doblas 1968,
Ciudad Autónoma de Buenos Aires,
Argentina.



Prólogo

Sección 1. El Estado de la Ciencia

1.1. El estado de la ciencia
en imágenes

Sección 2. Dossier: Inteligencia Artificial

2.1. Desarrollo de la inteligencia artificial: desafíos
y oportunidades para la ciencia y la tecnología en
Iberoamérica.

2.2. ¿Pueden las tecnologías digitales cambiar
el mundo?

2.3. Los cuatro desafíos educativos de
la Inteligencia Artificial

2.4. Construyendo una Inteligencia Artificial ética
desde el diseño: la perspectiva de UNESCO

2.5. Inteligencia Artificial: pistas para entender
su revolución en el entramado tecno-productivo

Sección 3. Indicadores comparativos

Anexo. Definiciones y metodologías