



unesco

# INFORME DE LA UNESCO SOBRE LA CIENCIA

La carrera contra  
el reloj para un  
desarrollo más  
inteligente

RESUMEN EJECUTIVO



Publicado en 2021 por la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura,  
7, place de Fontenoy, 75352 París 07 SP, Francia

© UNESCO 2021



Esta publicación está disponible en acceso abierto bajo la licencia Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 IGO (CC-BY-NC-SA 3.0 IGO) (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/igo/>). Al utilizar el contenido de la presente publicación, los usuarios aceptan las condiciones de utilización del Repositorio UNESCO de acceso abierto ([www.unesco.org/open-access/terms-use-ccbyncsa-sp](http://www.unesco.org/open-access/terms-use-ccbyncsa-sp)).

Título original: *UNESCO Science Report: the Race Against Time for Smarter Development – Executive Summary*.

Cita sugerida: Schneegans, S.; Lewis, J. y T. Straza (editores) (2021) *Informe de l'UNESCO sobre la Ciencia: La Carrera contra el Reloj para un Desarrollo más Inteligente – Resumen Ejecutivo*. UNESCO : Paris.

Los términos empleados en esta publicación y la presentación de los datos que en ella aparecen no implican toma alguna de posición de parte de la UNESCO en cuanto al estatuto jurídico de los países, territorios, ciudades o regiones ni respecto de sus autoridades, fronteras o límites.

Las ideas y opiniones expresadas en esta obra son las de los autores y no reflejan necesariamente el punto de vista de la UNESCO ni comprometen a la Organización.

Con el apoyo financiero de



Diseño grafico, ilustraciones y maquetación: Baseline Arts Ltd, Oxford, Reino Unido

Diseño de cubierta: Eric Frogé, UNESCO

Fotografía de cubierta: En esta imagen del centro de distribución de Zipline (Omenako), un empleado sanitario entrega una caja de muestras de pruebas de la Covid-19 procedentes de hospitales rurales a un operador de vuelo de drones para su traslado al Noguchi Memorial Institute for Medical Research, que es una institución médica situada en Accra. © Zipline International Inc.

Impresión en Francia

SC-2021/WS/7

# INFORME DE LA UNESCO SOBRE LA CIENCIA

La carrera contra el reloj para  
un desarrollo más inteligente

**RESUMEN EJECUTIVO**





## EN BREVE

En diciembre de 2020, jóvenes congolese reciben formación en materia de instalación y mantenimiento de paneles solares fotovoltaicos en Pointe-Noire. Desde que fue creada en 2011, la empresa emergente Mac Services, dirigida por Moïse Ndende, ha impartido formación a 12 000 jóvenes en la República del Congo. © Moïse Ndende/Mac Services



- Las prioridades de desarrollo se han armonizado en los últimos cinco años, y los países de todos los niveles de renta priorizan su transición hacia sociedades digitales y ecológicas.
- Con el fin de acelerar esta transición, los gobiernos están diseñando nuevas herramientas políticas para facilitar la transferencia de tecnología a la industria.
- Sin embargo, ocho de cada diez países siguen dedicando menos del 1% del PIB a la investigación; son en gran medida receptores de conocimientos científicos y tecnología extranjeros.
- Aunque los países invierten más en tecnología ecológica, la ciencia de la sostenibilidad sigue siendo marginal a nivel mundial, según un estudio de la UNESCO.
- Todos los gobiernos deben velar por que las políticas y los recursos necesarios para la doble transición apunten en la misma dirección en los distintos sectores económicos y contribuyan al mismo objetivo estratégico de desarrollo sostenible.
- La pandemia de COVID-19 que afecta a la humanidad desde 2020 ha estimulado los sistemas de producción de conocimientos.
- La evolución del panorama geopolítico y la pandemia han suscitado entre los líderes de la innovación un debate sobre la manera de salvaguardar los intereses estratégicos en materia de comercio y tecnología.

# 1 · La carrera contra el reloj para un desarrollo más inteligente

Susan Schneegans, Jake Lewis y Tiffany Straza

## INTRODUCCIÓN

### **Los países vinculan su transición digital y ecológica**

El mundo está inmerso en una carrera contra el reloj para decidir los modelos de desarrollo de aquí a 2030, que es la fecha límite para alcanzar los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas. El subtítulo del Informe de la UNESCO sobre la Ciencia, “La carrera contra el reloj para un desarrollo más inteligente”, refleja esta urgencia.

Desde 2015, la mayoría de los países han ajustado sus políticas nacionales en función de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible y están inmersos en una transición gradual hacia economías “verdes”. Los gobiernos refuerzan asimismo el apoyo político a sistemas de producción y consumo más inteligentes. A medida que aumenta la relación costo-beneficio de las energías renovables, se multiplican los proyectos de energía “verde”.

Sin embargo, numerosos gobiernos no saben cómo conciliar la preservación de los mercados y el empleo con su compromiso en virtud del Acuerdo de París (2015). A pesar del creciente impacto del cambio climático, el apoyo de los gobiernos y las empresas a la necesaria transición energética es insuficiente: más del 80% de la producción mundial de energía seguía basándose en el carbón, el petróleo y el gas en 2018.

Paralelamente a su transición ecológica, los gobiernos están digitalizando los servicios públicos y los sistemas de pago, con el fin de mejorar la prestación de servicios, apoyar a las empresas y combatir la corrupción y la evasión fiscal. Las políticas fomentan la aparición de una economía digital, que favorece, entre otras cosas, la fabricación inteligente, las finanzas inteligentes (tecnofinanzas), los servicios sanitarios inteligentes (como la telemedicina) y la agricultura inteligente. El subtítulo del informe alude asimismo a esta forma de “desarrollo más inteligente” impulsada por las tecnologías digitales, como la inteligencia artificial (IA) y la robótica, la inteligencia de datos, la Internet de las cosas y la tecnología de cadenas de bloques, que convergen con la nanotecnología, la biotecnología y las ciencias cognitivas para formar la base de la cuarta revolución industrial (también conocida como Industria 4.0).

Todos los países, independientemente de su nivel de renta, están inmersos en esta doble transición ecológica y digital. La ciencia se ha convertido en sinónimo de modernidad y competitividad económica, e incluso de prestigio. Para los países más afectados por el cambio climático, la ciencia

ofrece la esperanza de una mayor resiliencia frente a las tormentas destructivas, los incendios, las sequías y otras catástrofes.

Sin embargo, las empresas no siempre apoyan este objetivo, ya sea por falta de motivación o de capacidad. Numerosas compañías siguen importando tecnologías de fuera, en lugar de desarrollar las suyas propias. A menudo son reacias a colaborar con las instituciones públicas de investigación. Los gobiernos de todo el mundo conciben nuevas medidas para fomentar la transferencia de tecnología, en particular mediante la creación de laboratorios que permitan a las empresas “probar antes de invertir” en las tecnologías digitales.

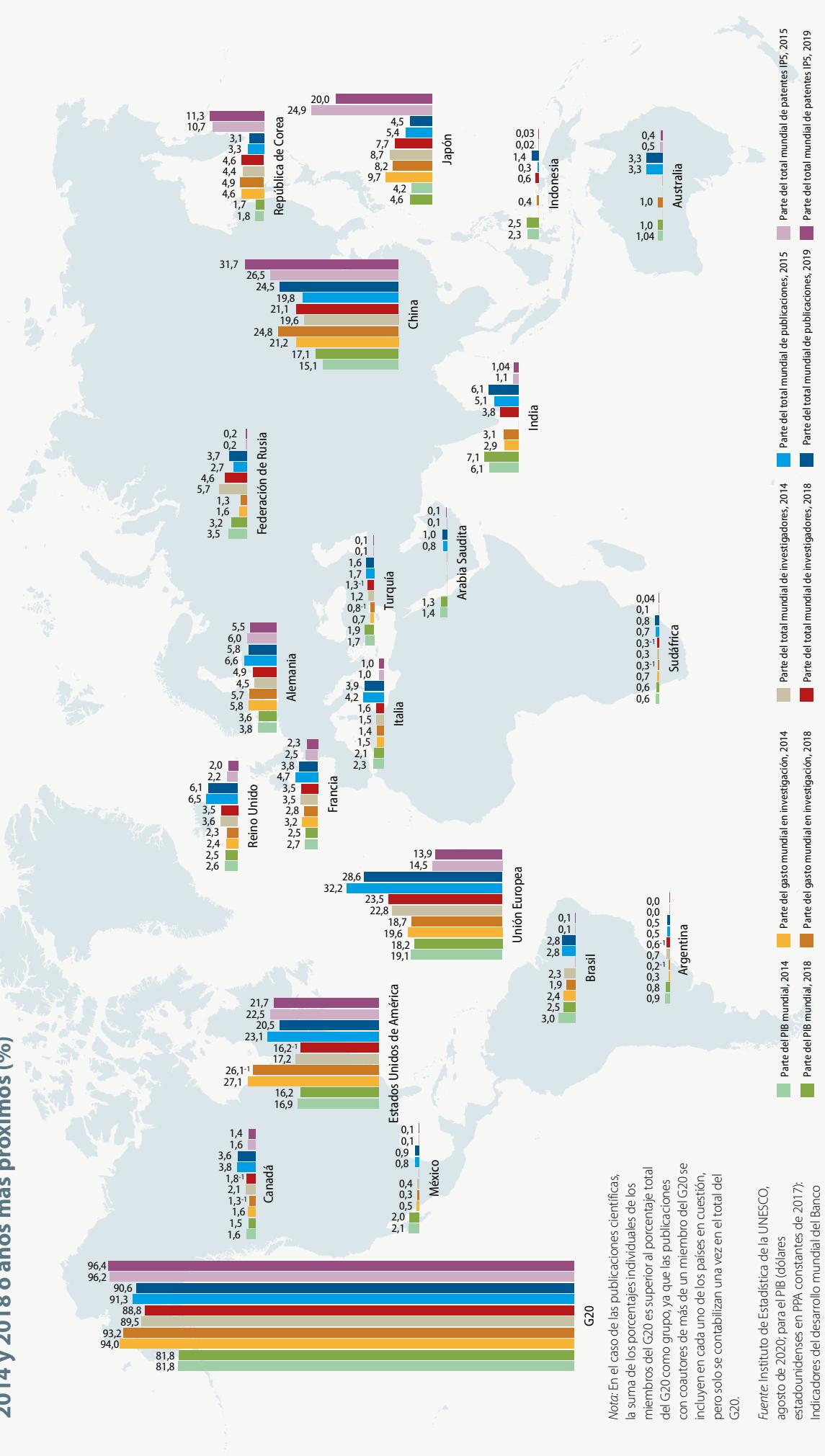
Para que esta doble transición tenga éxito, los gobiernos tendrán que reforzar su compromiso con la investigación y el desarrollo (I+D). En la actualidad, los países del G20 representan las nueve décimas partes de los investigadores, las publicaciones, las patentes y el gasto en investigación (figura 1.1). Aunque el gasto en investigación aumentó en la mayoría de las regiones entre 2014 y 2018 (figura 1.2), el 80% de los países sigue invirtiendo menos del 1% del PIB en I+D. En algunos casos, el número de investigadores ha aumentado más rápido que el gasto correspondiente (figura 1.3), lo cual reduce los fondos disponibles para cada investigador.

Para poder llevar a cabo esta doble transición, los gobiernos no solo tendrán que gastar más en I+D, sino que habrán de invertir estos fondos de manera estratégica. Esto implicará adoptar una visión a largo plazo y armonizar sus políticas económicas, digitales, medioambientales, industriales y agrícolas, entre otras, para garantizar que se refuerzan mutuamente. Además, las reformas, las políticas y los recursos habrán de ser coherentes y apuntar en una dirección idéntica para alcanzar el mismo objetivo estratégico de desarrollo sostenible.

En los países en desarrollo, la doble transición ecológica y digital está acelerando un proceso de industrialización que normalmente llevaría décadas. Esta transición requiere asimismo que en todos los países se adopte un enfoque integrado de la planificación a largo plazo y una sólida inversión en infraestructuras.

La rápida transformación de las sociedades que se está gestando ofrece prometedoras oportunidades de experimentación social y económica que podrían hacer la vida mucho más cómoda. Pero también presenta el riesgo de exacerbar las desigualdades sociales y, en el caso de los países que llevan a cabo ambiciosos proyectos de infraestructura, agudizar la vulnerabilidad de la deuda. La pandemia de COVID-19 ha intensificado estos dos factores de riesgo.

Figura 1.1: Parte del G20 en el PIB, el gasto en investigación, los investigadores, las publicaciones y las patentes a escala mundial, 2014 y 2018 o años más próximos (%)



## LA CIENCIA Y LA PANDEMIA

### Durante la pandemia, los países han recurrido a la ciencia

A finales de 2019, se detectó en China una nueva cepa de coronavirus, denominada COVID-19, que pronto se propagó con rapidez por todo el mundo. Desde el principio, los científicos intercambiaron información y datos entre sí; así, por ejemplo, compartieron el genoma secuenciado del coronavirus a principios de enero de 2020. La pandemia ha puesto de manifiesto los beneficios de esta cultura de la colaboración tanto dentro como fuera de las fronteras (véase el ensayo titulado “The time for open science is now”). Desde 2015 se ha intensificado la colaboración científica internacional en numerosas partes del mundo (figura 1.4).

Numerosos gobiernos crearon rápidamente comités científicos *ad hoc* para gestionar la crisis. Esto les permitió comprobar, de primera mano, las ventajas de contar con expertos locales para vigilar y controlar la progresión del virus.

La gestión de una crisis es, por definición, reactiva. Las estructuras permanentes pueden proporcionar a los gobiernos servicios de asesoramiento científico sobre una amplia gama de cuestiones a lo largo del tiempo con el fin de informar sobre la planificación estratégica nacional (véase el ensayo titulado “What the Covid-19 pandemic reveals about the evolving landscape of scientific advice”).

La pandemia ha demostrado el valor de las tecnologías digitales en una situación de emergencia. Brasil pudo utilizar 140 centros de telemedicina y asistencia electrónica durante la pandemia para realizar consultas virtuales y controlar a distancia la salud de los pacientes. El 15 de abril de 2020, el Gobierno aprobó una ley que ampliaba los servicios de telemedicina a las zonas rurales y a las ciudades más alejadas (véase el capítulo 8).

Los países dotados de universidades virtuales han podido adaptar rápidamente sus sistemas educativos al aprendizaje en línea durante la pandemia. Por ejemplo, gracias a la existencia de la primera universidad virtual del Golfo, la Universidad electrónica Saudí (creada en 2013), la Arabia Saudita pudo poner en marcha 22 canales educativos a las ocho horas del primer confinamiento.

Varios países han desplegado robots y drones para ayudar a frenar la propagación de la COVID-19. Por ejemplo, en la Arabia Saudita se han utilizado drones en los mercados para identificar a las personas con una temperatura corporal elevada. Rwanda y Ghana han empleado drones proporcionados por la empresa estadounidense Zipline para trasladar muestras de sangre procedentes de clínicas remotas hasta los institutos especializados y proceder a su análisis (véase la foto de portada).

### La pandemia socava los logros sociales y ambientales

La pandemia de COVID-19 ha tenido efectos devastadores en la economía mundial. Los logros socioeconómicos y medioambientales de estos últimos años podrían verse mermados o incluso desaparecer.

Entre 2016 y 2019, Madagascar logró reducir sus niveles de pobreza gracias a un ambicioso programa de reformas económicas, así como al traspaso de poder que tuvo lugar de manera pacífica en 2019 y contribuyó a recuperar la confianza

de los inversores. Estos logros se han visto amenazados por la pandemia de COVID-19. En mayo de 2020, Madagascar había perdido unos 500 millones de dólares estadounidenses de ingresos por turismo, que normalmente contribuyen a los proyectos nacionales de conservación. Uno de los fundadores del Parque Nacional de Ranomafana ha pronosticado que, sin los 4 millones de dólares que suelen llegar a la región gracias al turismo y la investigación, la comunidad “se verá obligada a volver a talar el bosque y a practicar la agricultura” (véase el capítulo 20).

El Gobierno de Indonesia ha justificado su ley “ómnibus” (Ley sobre la Creación de Empleo), que entró en vigor en noviembre de 2020, por la necesidad de atraer la inversión extranjera directa (IED) y estimular el crecimiento económico para compensar las repercusiones de la pandemia de COVID-19. Esta ley aligera las cargas normativas y legales de las empresas en lo que respecta a la protección de los trabajadores y supone un cambio en el proceso de autorización que ya no se basa en permisos sino en la declaración de cumplimiento de los empleadores. La ley ha suscitado la preocupación de 35 inversores mundiales, así como de otros agentes por el costo medioambiental y social de la nueva legislación (véase el capítulo 26).

### La pandemia ha dinamizado los sistemas de conocimiento

La pandemia de COVID-19 se ha cobrado un elevado precio humano y económico, pero también ha dinamizado los sistemas de producción de conocimientos.

Durante la pandemia, en los Estados Unidos de América se produjo una movilización sin precedentes en la industria de la biociencia. A mediados de 2020, se calcula que existían más de 400 programas de investigación farmacológica destinados a erradicar la enfermedad. Estas medidas se basaban en la Operación *Warp Speed* de la Casa Blanca, una asociación público-privada que destinó unos 9 000 millones de dólares al desarrollo y la fabricación de vacunas candidatas, en particular mediante acuerdos de compra anticipada (véase el capítulo 5).

El Consejo Nacional de Investigaciones Científicas del Líbano publicó una convocatoria urgente para la gestión de la COVID-19 ya en marzo de 2020. Esta iniciativa desembocó en la aceptación de 29 proyectos de investigación relacionados con la pandemia, como la política de vacunación, el desarrollo de pruebas rápidas y el uso de la inteligencia artificial para apoyar el diagnóstico temprano de la enfermedad y evaluar sus efectos en la salud mental de los trabajadores que están en primera línea (véase el capítulo 17).

Numerosos países han acelerado sus procesos de aprobación de propuestas de proyectos de investigación. Por ejemplo, a principios de abril de 2020, las agencias de innovación de la Argentina, el Brasil y el Uruguay habían lanzado convocatorias de investigación con un proceso de aprobación acelerado. Las dos agencias de innovación del Perú redujeron su tiempo de respuesta a dos semanas (véase el capítulo 7).

En octubre de 2020, la Organización Mundial de la Salud<sup>1</sup> informó de que África contaba con alrededor del 13% de las 1 000 tecnologías nuevas o modificadas existentes que se

habían desarrollado en todo el mundo para luchar contra la pandemia, lo cual se aproxima a su porcentaje de población mundial (14%). El 58% de estas aportaciones consistía en soluciones digitales como chatbots (asistentes virtuales), herramientas de autodiagnóstico y aplicaciones de rastreo de contactos. Otro 25% de las soluciones se basaba en la impresión tridimensional (3D) y un 11% en la robótica (véase el capítulo 20).

En abril de 2020, el Gobierno encargó al Observatorio de Radioastronomía de Sudáfrica la gestión de las medidas nacionales para diseñar, producir y adquirir 20 000 respiradores pulmonares. Este organismo fue elegido por su experiencia en el diseño de sofisticados sistemas para el radiotelescopio MeerKAT en el Cabo Septentrional. En diciembre de 2020 se habían producido 18 000 unidades y se habían distribuido 7 000 (véase el capítulo 20).

La India ha centrado su respuesta frente a la pandemia en la producción de soluciones de bajo costo y exportables en tres ámbitos principales: la investigación y la fabricación de vacunas; la fabricación de versiones genéricas de medicamentos “innovadores”; y la ingeniería frugal de dispositivos médicos de gran demanda, como los respiradores pulmonares de bajo costo (véase el capítulo 22).

Los productos farmacéuticos no constituyan una industria prioritaria en la *Estrategia Nacional de Exportación de Sri Lanka 2018-2022* hasta que la crisis de la COVID-19 espoló la

demand. Esto llevó al Gobierno y al sector privado a invertir 30 millones de dólares en una nueva fábrica de productos farmacéuticos en 2020 en la zona franca industrial de Koggala (véase el capítulo 21).

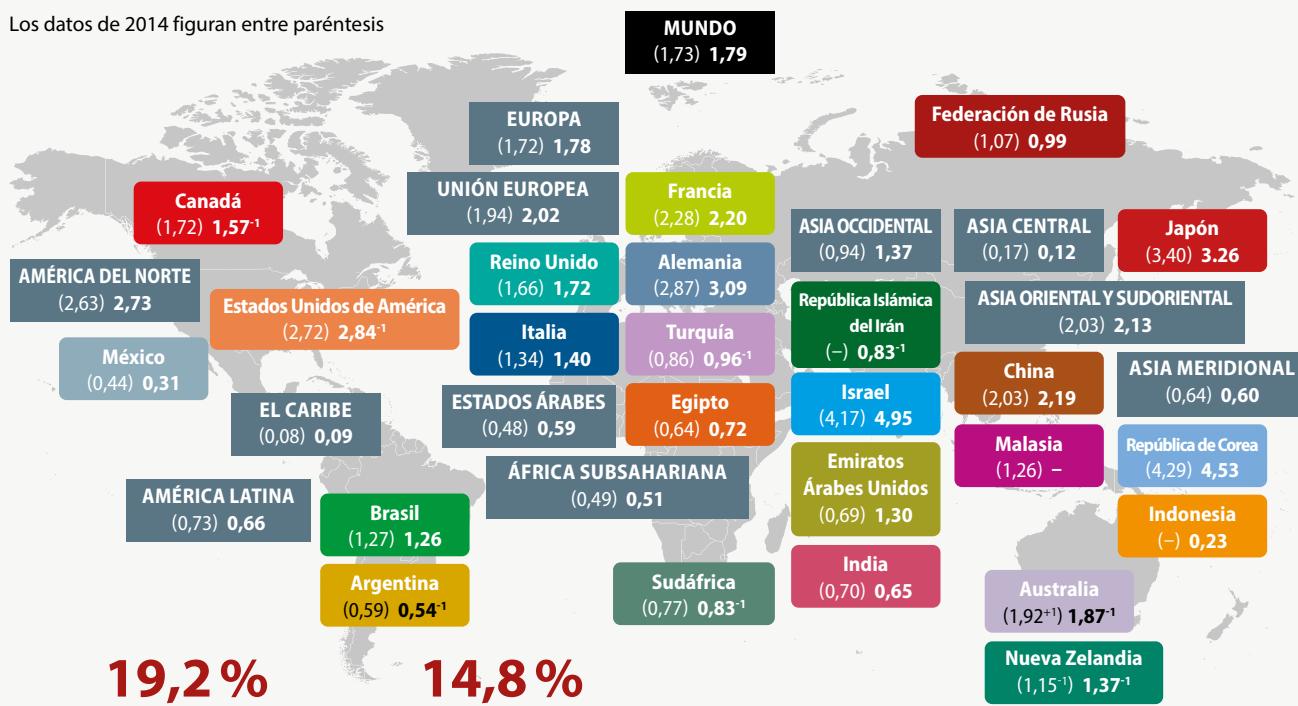
La crisis de la COVID-19 ha puesto de manifiesto la conveniencia de reforzar los vínculos entre los sectores público y privado para la producción de equipos, como ventiladores pulmonares, mascarillas, medicamentos y vacunas. A principios de 2020, un equipo de ingenieros biomédicos de la Universidad de Antioquia (Colombia) diseñó un ventilador pulmonar de bajo costo en colaboración con el Hospital San Vicente de Paúl, gracias a un proyecto patrocinado por el Centro de Desarrollo Empresarial Ruta N Medellín. Este ventilador fue aprobado a mediados de 2020 por el Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos (INVIMA) y fabricado por empresas especializadas en electrodomésticos y automóviles que habían adaptado sus cadenas de montaje. Los desarrolladores utilizaron técnicas de código abierto, de modo que otros fabricantes han podido descargar el mismo diseño (véase el capítulo 7).

Numerosos gobiernos han ofrecido incentivos a las pequeñas y medianas empresas (PYME) para hacer frente a la pandemia. En Irán, la campaña Corona Plus ofreció incentivos financieros a las empresas emergentes en 2020 para ayudarles a producir material médico, en particular equipos de protección y respiradores (véase el capítulo 15).



Figura 1.2: Porcentaje del PIB dedicado a inversión en investigación y desarrollo, por región y por país, 2014 y 2018 (%)

Los datos de 2014 figuran entre paréntesis



\*en billones de dólares PPA constantes de 2017

Fuente: estimaciones mundiales y regionales basadas en los datos nacionales del Instituto de Estadística de la UNESCO, agosto de 2020, sin extrapolación.

El Programa de Asistencia a la Investigación Industrial del Canadá ha prestado apoyo financiero para ayudar a las pymes a perfeccionar sus productos o procesos relacionados con la COVID-19 y comercializarlos; en total, el Gobierno federal ha destinado 1 000 millones de dólares canadienses a una estrategia nacional de investigación médica como parte de su respuesta rápida a la pandemia de COVID-19.

Hasta 2020, cuando la COVID-19 transformó radicalmente el modo de vida de los canadienses, ninguna crisis había suscitado un debate nacional serio sobre la dirección que estaba tomando el Canadá en materia de ciencia, tecnología e innovación (CTI). La pandemia “podría, en última instancia, redefinir la producción, la gobernanza y los procesos científicos del Canadá de una forma imposible de prever. Esto afectará asimismo a la próxima generación de investigadores y a los mecanismos de financiación de la propia ciencia” (véase el capítulo 4).

En comparación con la gran recesión de 2008, la crisis de la COVID-19 plantea cuestiones más amplias y trascendentales en relación con el papel del Estado en la economía, la deslocalización de las cadenas de suministro, la organización del trabajo o el valor de la proximidad (véase el capítulo 9).

## LA DOBLE TRANSICIÓN DIGITAL Y ECOLÓGICA

### **La pandémie a mis en lumière la dépendance à l'égard des chaînes de valeur mondiales**

La pandemia ha puesto de manifiesto la dependencia de los países con respecto a las cadenas de valor mundiales para la obtención de los recursos estratégicos. La complejidad de los componentes de los aparatos de la vida cotidiana moderna hace que los fabricantes recurran a subcontratistas extranjeros especializados en un sector muy concreto; estos, a su vez, dependen de otros proveedores para la obtención de los materiales esenciales. El funcionamiento de un sistema de suministro de este tipo, o cadena de valor, hace que sea muy difícil relocalizar la fabricación, o reconvertir una planta de producción de la noche a la mañana (véase el capítulo 5). Por ejemplo, los respiradores pulmonares fabricados en los Estados Unidos de América para pacientes de COVID-19 contienen componentes clave procedentes del Canadá. Por ello, el cierre de la frontera a principios de 2020 frenó la producción de respiradores pulmonares en los Estados Unidos de América (véase el capítulo 4).

La Unión Europea (UE) depende de productos importados como los microprocesadores, y de materias primas importadas como los elementos de tierras raras para determinadas tecnologías clave. Según el primer informe anual de la Comisión Europea titulado “Prospectiva estratégica: trazar el rumbo hacia una Europa más resiliente” (2020), esta dependencia supone una amenaza potencial para la soberanía económica europea (véase el capítulo 9).

En el decenio de 1980, los países industrializados deslocalizaron gran parte de su producción a los países en desarrollo donde abundaba la mano de obra barata y no cualificada. Así pues, al principio de la pandemia se

encontraron con que dependían de las importaciones de equipos de protección personal y de medicamentos comunes, como el paracetamol.

En cambio, los países con un sólido sector industrial fueron capaces de adaptar sus cadenas de montaje rápidamente cuando estalló la pandemia. Así fue, por ejemplo, en el caso de las empresas colombianas especializadas en electrodomésticos y automóviles descritas anteriormente.

China tiene un sector industrial cada vez más sofisticado. Sin embargo, sigue dependiendo de las importaciones de ciertas tecnologías básicas como los semiconductores. Esta vulnerabilidad tecnológica queda perfectamente ilustrada con lo que le ocurrió a la empresa china ZTE, que se vio obligada a interrumpir la mayor parte de sus actividades a las pocas semanas de que los Estados Unidos de América le prohibiera mantener relaciones comerciales con sus proveedores estadounidenses de componentes de hardware y servicios Android (Google), en abril de 2018, y le impusiera sanciones comerciales (véase el capítulo 23)<sup>2</sup>.

Fue en parte por el deseo de reducir la dependencia de los proveedores de alta tecnología de los Estados Unidos de América por lo que el Gobierno chino aprobó en 2015 una política industrial estatal para los próximos diez años, denominada *Made in China 2025*. Esta política promueve que las empresas chinas amplíen su cuota de mercado mundial en determinados ámbitos, como los coches eléctricos, la robótica avanzada y la inteligencia artificial, la tecnología agrícola, la ingeniería aeroespacial, los nuevos materiales sintéticos, la biomedicina emergente, las infraestructuras ferroviarias de alta gama y la ingeniería marítima (véase el capítulo 23).

Las cadenas de valor mundiales también afectan, aunque de manera diferente, a los países con sistemas científicos poco desarrollados. Las filiales de las empresas multinacionales integradas en las cadenas globales de valor tienden a mantener en los países en desarrollo una política de utilización de los conocimientos existentes, en lugar de dedicarse a la investigación local. Este es el caso de América Latina, por ejemplo. Estas filiales limitan su producción local a la fabricación, que requiere escasos conocimientos nuevos, y no favorece los vínculos con las instituciones científicas locales (véase el capítulo 7).

### **La fabricación avanzada pretende revitalizar la industria**

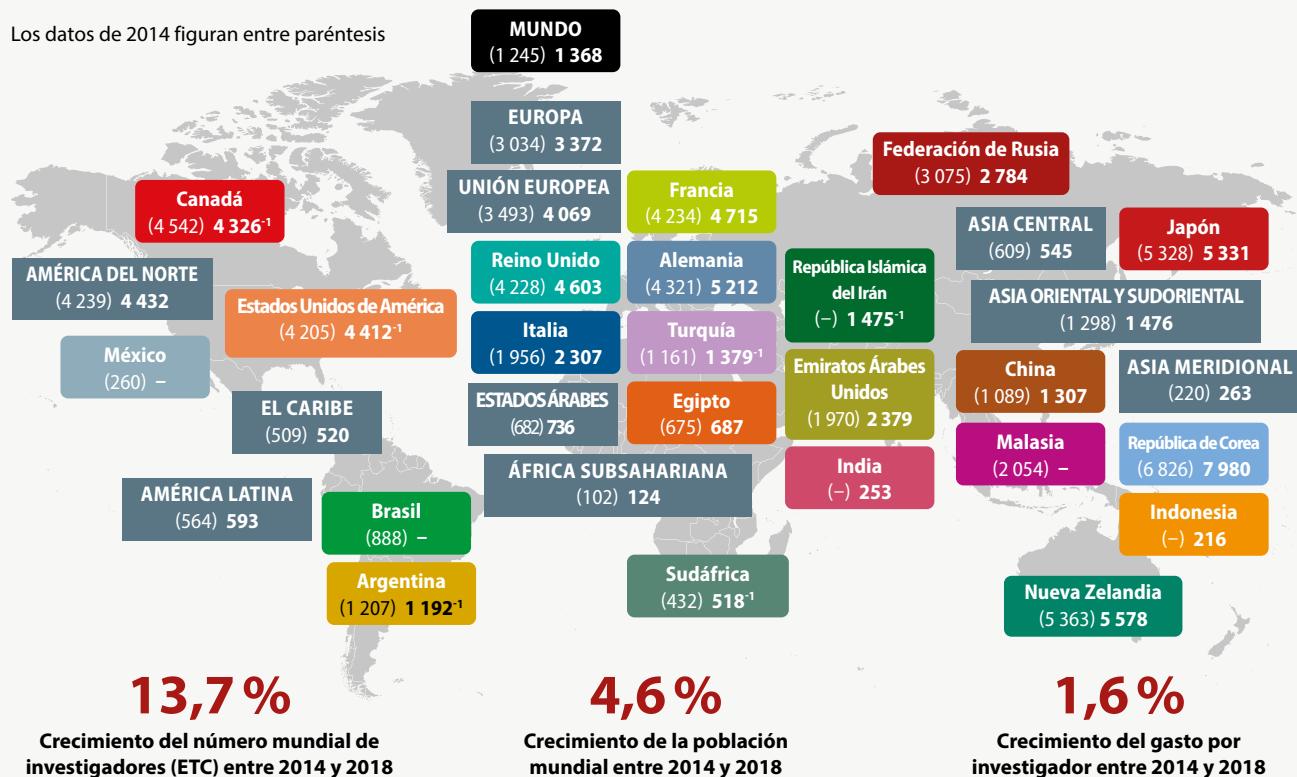
Antes de la pandemia, los países desarrollados ya estaban invirtiendo en tecnologías de fabricación avanzadas para revitalizar su sector industrial nacional.

En los Estados Unidos de América existe un amplio consenso del Gobierno sobre la necesidad de que el país se adapte a un entorno internacional cada vez más competitivo. Esto ha llevado al Gobierno federal a priorizar plataformas estratégicas fundamentales en materia de tecnología digital desde 2016. Esta estrategia ha impulsado ámbitos como la inteligencia artificial, la computación cuántica, la tecnología avanzada de redes móviles y la ciberseguridad. Los tres objetivos del plan estratégico para la industria publicado en 2018 son la transición a las nuevas tecnologías de fabricación, la formación de la mano de obra en el sector industrial y la



## Figura 1.3: Número de investigadores (ETC) por millón de habitantes, por región y por país, 2014 y 2018

Los datos de 2014 figuran entre paréntesis



Fuente: estimaciones mundiales y regionales basadas en los datos nacionales del Instituto de Estadística de la UNESCO, agosto de 2020, sin extrapolación.

ampliación de las capacidades de la cadena de suministro de la fabricación nacional. Estas nuevas tecnologías incluyen las mencionadas anteriormente, así como la robótica industrial, la impresión 3D, la electrónica híbrida y los semiconductores, la fotónica, los textiles avanzados, la biomanufactura y la agroalimentación (véase el capítulo 5).

La política industrial renovada de la Unión Europea (2021) apoya el desarrollo de tecnologías de importancia estratégica para el futuro industrial de Europa. Dichas tecnologías incluyen la robótica, la microelectrónica, las infraestructuras de la computación de alto rendimiento y el almacenamiento en la nube, la tecnología de cadenas de bloques, las tecnologías cuánticas, la fotónica, la biotecnología industrial, la biomedicina, la nanotecnología, los productos farmacéuticos y los materiales avanzados.

El Presidente del Consejo Europeo, Charles Michel, considera que la autonomía estratégica de Europa se ha convertido en el “objetivo número uno de nuestra generación”. En 2020, en el informe de la Comisión Europea titulado “Una nueva estrategia industrial para Europa” se subrayaba la importancia de salvaguardar la soberanía tecnológica y los intereses estratégicos de Europa en materia de comercio y tecnología en ámbitos como la inteligencia artificial y las tecnologías e infraestructuras digitales relacionadas.

Es posible que la inminente disociación tecnológica entre los Estados Unidos de América y China, que compiten por

la superioridad tecnológica, obligue a las demás partes del mundo a “elegir entre dos bloques tecnológicos cada vez más separados en lo que respecta a las telecomunicaciones, la digitalización, la inteligencia artificial e Internet. Cabe también la posibilidad de que el resto de los países decida continuar su vinculación con los dos bloques, pero esta opción sería extremadamente costosa e ineficiente” (véase el capítulo 9).

### Industria 4.0: una prioridad común

Las tecnologías digitales se consideran fundamentales para la futura competitividad económica. Con respecto a las tecnologías transversales, el sector de la inteligencia artificial y la robótica dominaron la producción científica en 2018-2019 en todos los países, con independencia de su nivel de renta (figura 1.5). El aumento del número de publicaciones sobre inteligencia artificial en los países de renta media-baja desde 2015 ha reducido automáticamente el porcentaje de producción del G20 (figura 1.6).

Numerosos países han creado mecanismos institucionales para fomentar la adopción de las tecnologías de la Industria 4.0. Por ejemplo, Sudáfrica estableció en 2019 una comisión presidencial sobre la cuarta revolución industrial, formada por una treintena de interesados con experiencia en el mundo académico, la industria y la administración. Sudáfrica también ha creado un comité interministerial sobre la Industria 4.0. Desde 2017, la República de Corea dispone de

un comité presidencial sobre la cuarta revolución industrial. Australia cuenta con una agencia para la transformación digital (creada en 2015) y con un grupo de trabajo sobre Industria 4.0 del Primer Ministro (creado en 2016), que promueve la colaboración con grupos industriales alemanes y estadounidenses.

Países de todos los niveles de renta están adoptando estrategias de Industria 4.0. La estrategia *I-Korea* (2017) de la República de Corea promueve nuevos motores de crecimiento que incluyen la inteligencia artificial, los drones y los coches autónomos, de acuerdo con la política económica impulsada por la iniciativa innovadora del Gobierno. Otro ejemplo es *Making Indonesia 4.0*, centrado en la mejora del rendimiento industrial (véase el capítulo 26). Uganda adoptó su propia *Estrategia Nacional 4IR* en octubre de 2020 que hace hincapié en la gobernanza electrónica, el urbanismo (ciudades inteligentes), la atención sanitaria, la educación, la agricultura y la economía digital; con el fin de apoyar a las empresas locales, el Gobierno está estudiando la posibilidad de introducir en 2020 un proyecto de ley de creación de empresas emergentes que obligue a todos los directivos a agotar el mercado nacional antes de adquirir soluciones digitales del extranjero (véase el capítulo 19).

La economía digital es el eje del *Plan Estratégico Digital del Camerún 2020* (2017). El Camerún ha creado un centro de alta tecnología especializado en robótica, fabricación digital y visión asistida por ordenador, así como un centro de impresión 3D único en el África Subsahariana. La Escuela Nacional de Correos, Telecomunicaciones y Tecnologías de la

Información y la Comunicación abrió sus puertas en Yaundé en 2016 y desde 2017 existe un centro de formación en diseño asistido por computadora y herramientas de diseño. El Camerún cuenta con 28 centros tecnológicos activos. En 2019, el país tuvo la mayor densidad de publicaciones sobre inteligencia artificial y robótica del subcontinente (véanse capítulos 19 y 20).

Alrededor de una cuarta parte de los centros tecnológicos africanos están clasificados como espacios de cotrabajo, o talleres colaborativos, donde el uso de impresoras 3D, drones y otras tecnologías de la Industria 4.0 es habitual, según un estudio de la organización de operadores móviles GSMA. El número de centros tecnológicos activos en toda África aumentó entre 2016 y 2020 y pasó de 314 a 744 (véase el capítulo 20).

### Ayuda a la digitalización de las empresas

Varios países quieren convertirse en centros digitales regionales, como Australia, Djibouti y Marruecos.

Sin embargo, la mayoría de las empresas aún no están digitalizadas. La Comisión Europea calcula que solo una de cada cinco empresas de la Unión Europea ha efectuado esa transición; en este sentido, la Comisión ha creado centros de innovación digital para que las empresas de todos los tamaños puedan "probar antes de invertir" en tecnologías digitales.

La estrategia australiana de Industria 4.0, *Tech Future* (2018), propone el establecimiento de "laboratorios de pruebas" en cinco universidades para contribuir a la



Figura 1.4: Publicaciones científicas internacionales conjuntas, por región y por país, 2015 y 2019 (%)

En porcentaje del número total de publicaciones (%)

Los datos de 2015 figuran entre paréntesis



Fuente: Scopus (Elsevier), excepto artes, humanidades y ciencias sociales; tratamiento de datos por Science-Metrix

transformación de las empresas en fábricas “inteligentes” (véase el capítulo 26).

Malasia apoya la digitalización de sus empresas gracias a la subvención de la automatización inteligente impulsada por la *Malaysia Digital Economy Corporation* en julio de 2020, como parte de la *Política Nacional de Industria 4.0*. Esta subvención de contrapartida está destinada a las empresas del sector de los servicios que asumen al menos la mitad del costo total de su proyecto de digitalización. El Centro de experimentación en fabricación inteligente, cuya puesta en marcha está prevista para 2021, permitirá que las pymes accedan a las plataformas y tecnologías existentes, con el fin de proporcionarles un “banco de pruebas” para ensayar su innovación (véase el capítulo 26)<sup>3</sup>.

En Filipinas, el programa *SETUP 4.0* ofrece a las microempresas y a las pymes préstamos de hasta 5 millones de pesos filipinos (unos 100 000 dólares estadounidenses) para innovar en ámbitos relacionados con la Industria 4.0. En 2020, el programa prevé ayudar a 800 empresas, en particular mediante el suministro de equipos y formación (véase el capítulo 26).

### **La carrera de la inteligencia artificial**

Entre 2016 y 2020, más de 30 países<sup>4</sup> adoptaron estrategias específicas en materia de inteligencia artificial. Mientras que el Canadá aspira a liderar el debate internacional sobre el potencial impacto social de la inteligencia artificial (véase el capítulo 4), China, la Federación de Rusia y los Estados Unidos de América rivalizan por lograr una ventaja competitiva en el ámbito de la propia inteligencia artificial.

El presidente ruso, Vladimir Putin, declaró en 2017 que “quien consiga el liderazgo en este ámbito gobernará el mundo” (capítulo 17).

Para 2030, China quiere ser “el principal centro mundial de innovación en inteligencia artificial”, según su Plan de Desarrollo de la Inteligencia Artificial de Nueva Generación. China encabeza la clasificación mundial por el número de patentes de inteligencia artificial que posee, pero carece de talentos de primer nivel en este ámbito; en este sentido, el Gobierno ha puesto en marcha una serie de programas a gran escala en el ámbito de las ciencias y la ingeniería para 2030, que incluyen la computación cuántica y las neurociencias (véase el capítulo 23).

El proyecto de presupuesto en materia de investigación del Gobierno estadounidense para 2021 establecía importantes incrementos destinados a la información cuántica y la inteligencia artificial, como parte de su objetivo de duplicar la inversión general de los Estados Unidos de América en estos dos ámbitos de aquí a 2022 en relación con los niveles de 2019 (véase el capítulo 5).

### **Las agendas digital y ecológica avanzan en paralelo**

La mayoría de los países están convencidos de que su futura competitividad económica dependerá de su éxito en la transición a las sociedades digitales.

Mientras tanto, la adopción de los Objetivos de Desarrollo Sostenible en 2015, junto con el creciente costo del

desarrollo no sostenible y el impacto del cambio climático, han convertido la transición ecológica de los países en una meta prioritaria. Los fenómenos convergentes del fuerte crecimiento económico, la mayor dependencia de la tecnología y el aumento de las temperaturas están impulsando las necesidades energéticas. En Asia Central, por ejemplo, dos décadas de rápido crecimiento económico han incrementado la demanda de electricidad, lo que ha supuesto un aumento de las emisiones de carbono y una merma de los ingresos de las exportaciones: el 86% del gas natural uzbeko se destina ahora al consumo interno (véase el capítulo 14).

Los países son muy conscientes de que su futura competitividad económica dependerá de la rapidez con la que consigan hacer la transición a una economía ecológica y digital de manera paralela. Este doble objetivo se refleja, por ejemplo, en las estrategias adoptadas por la Comunidad del Caribe (CARICOM) a través de su *Política Energética Regional* (2013) y su *Estrategia Digital 2025* (2019). En 2018, los Estados Miembros de la CARICOM crearon el Centro Caribeño para las Energías Renovables y la Eficiencia Energética (véase el capítulo 6).

La política industrial de la Unión Europea (2021) se basa en tres pilares: la transición ecológica, la transición digital y la competitividad mundial. La UE tiene previsto gastar 1,8 billones de euros en fondos públicos entre 2021 y 2027, de los cuales el 30% se invertirá en la doble transición ecológica y digital de los países. Uno de los ejes de la transición “verde” será la economía circular (véase el capítulo 9).

En 2018, la Federación de Rusia aprovechó su presidencia rotatoria de la Unión Económica Euroasiática (UEE) para proponer una serie de ámbitos en los que “reajustar” la Unión, en particular mediante la creación de un espacio digital y un mercado energético comunes para los Estados Miembros, así como la cooperación en los ámbitos de las tecnologías ecológicas, las fuentes de energía renovables, la bioingeniería, la nanotecnología, la ecología, la medicina y el espacio. Los Estados Miembros quieren crear un “territorio de la innovación” que aproveche sus diferentes capacidades (véase el capítulo 13). Ese mismo año, la Unión Económica Euroasiática puso en marcha su *Estrategia Digital* (véase el capítulo 14).

Al igual que otros países en desarrollo, Túnez necesita diversificar su economía para crear empleo y atraer más inversión extranjera directa. Túnez forma parte del creciente número de países que optan por la vía de las industrias basadas en el conocimiento. El flujo de inversión extranjera directa en Túnez creció un 16% a lo largo de 2017-2018, ya que las empresas extranjeras de electrónica se vieron atraídas por la mano de obra altamente cualificada y competitiva en términos de costos, especialmente en los subsectores del automóvil y la aeronáutica. Un conjunto de 41 empresas electrónicas, que representan unas ventas anuales acumuladas de unos 1 200 millones de dólares, crearon el grupo ELENTICA en mayo de 2017 (véase el capítulo 17).

En octubre de 2018, ELENTICA se asoció con el Ministerio de Educación Superior e Investigación Científica de Túnez con el objetivo de promover la colaboración científica y establecer

centros de investigación en las empresas de ELENTICA. Estos institutos de investigación se centrarán en ámbitos como la Internet de las cosas, las ciudades inteligentes, las energías renovables y las tecnologías de redes inteligentes, los vehículos eléctricos y la agricultura electrónica. Otros sectores basados en la tecnología están experimentando un rápido crecimiento: las exportaciones del sector aeronáutico se dispararon entre 2010 y 2018 y las del sector farmacéutico se triplicaron entre 2012 y 2018 (véase el capítulo 17).

Túnez es un ejemplo perfecto del reto al que se enfrentan actualmente los países de todos los niveles de renta: ¿cómo pasar en poco tiempo a una economía que sea a la vez digital y ecológica, sin descuidar la inversión ninguno de estos dos ámbitos, ni aumentar la carga de la deuda? Al mundo le quedan menos de diez años para cumplir sus Objetivos de Desarrollo Sostenible de aquí a 2030.

La aplicación simultánea de estas metas paralelas exige una inversión consecuente y coordinada en el desarrollo de las infraestructuras —centros de datos, equipos de computación de alto rendimiento, parques solares y eólicos, etc.—, así como una reforma reglamentaria y una revisión de la educación y la formación técnica y profesional a fin de preparar a los jóvenes para el mercado laboral del futuro. Además, para dificultar la situación, numerosos países en desarrollo están modernizando al mismo tiempo sus redes de transporte, en particular puertos, carreteras, oleoductos y ferrocarriles. Las modernas redes de transporte transnacionales serán esenciales, por ejemplo, para facilitar la circulación de mercancías en la futura Zona de Libre Comercio Continental Africana.

El Japón es sin duda el país que lleva a cabo con mayor firmeza este doble objetivo ecológico y digital. Ante la baja tasa de natalidad y el envejecimiento de la población, el Gobierno adoptó en 2017 una nueva estrategia denominada “Sociedad 5.0” con la finalidad de crear un sistema socioeconómico sostenible e inclusivo impulsado por las tecnologías digitales. El objetivo es ir más allá de la Industria 4.0 para transformar el modo de vida japonés. Las ciudades se abastecerán de energía suministrada de forma

flexible y descentralizada para satisfacer las necesidades específicas de los habitantes y al mismo tiempo ahorrarán energía. Los drones llevarán los servicios postales a las zonas despobladas. En los sectores en los que escasea la mano de obra, los vehículos autodirigidos ararán los campos y se utilizarán robots en las residencias de ancianos (véase el capítulo 24).

El Gobierno apuesta por que la Sociedad 5.0 ofrezca al Japón los medios para superar su estancamiento económico crónico. Las empresas japonesas han reaccionado a la reducción del mercado nacional adquiriendo empresas en el extranjero para “comprar tiempo y mano de obra”. Como consecuencia de ello, la inversión se está alejando de las costas del Japón y el tejido industrial del país se deteriora. Aunque de momento no ha tomado la delantera en las industrias digitales, el Japón podría aprovechar sus tradicionales bazas en el ámbito de la ingeniería mecánica y de materiales para desarrollar sistemas ciberfísicos avanzados. Gracias a la introducción activa de la inteligencia artificial en el lugar de trabajo, se espera que la despoblación y el envejecimiento dejen de ser desventajas en una economía menos intensiva en términos de mano de obra (véase el capítulo 24).

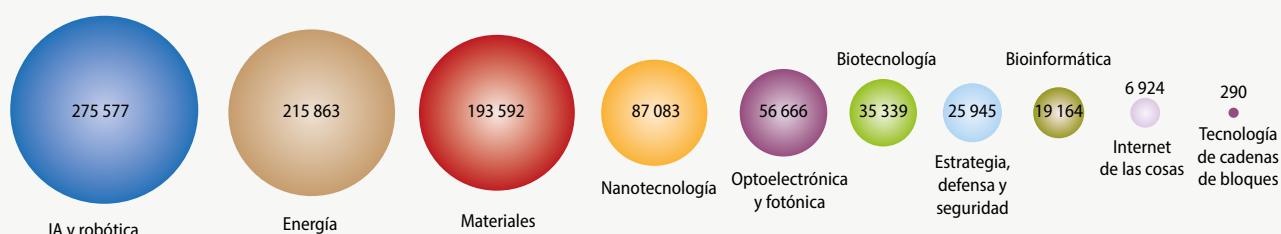
### Riesgo de mayores desigualdades sociales

La digitalización de la economía presupone que los ciudadanos tienen cuentas bancarias y tarjetas de crédito que les permiten realizar transacciones en línea. El establecimiento de un sistema de pago digital en los países en desarrollo contribuirá a la aparición del comercio electrónico y frenará la evasión fiscal y la corrupción, pero también es probable que aumente la vulnerabilidad de los empleados en la economía informal, donde los pagos en efectivo son la norma.

La India es una economía de dinero en efectivo. Para reducir el tamaño de la economía informal, el Gobierno tomó una medida radical en 2016 consistente en desmonetizar dos billetes que representaban alrededor del 86% de los billetes que se encontraban en circulación en ese momento. Entre 2014 y 2017, la proporción de ciudadanos con una cuenta bancaria se disparó del 53% al 80% y el mercado digital se



Figura 1.5: Número de publicaciones científicas por tecnología estratégica transversal, 2018-2019

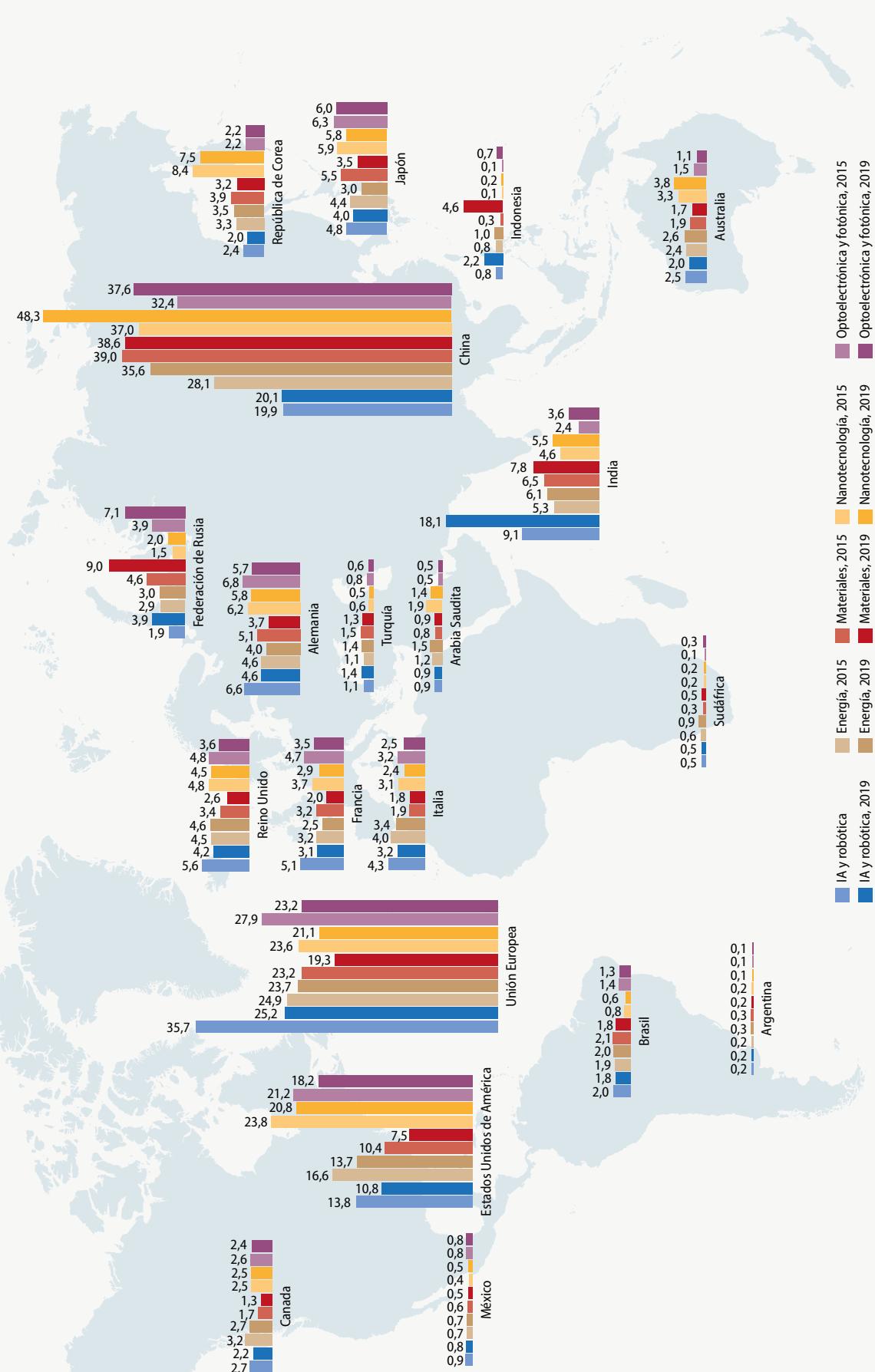


Nota: los datos bibliométricos relativos a los subcampos del vasto sector de las tecnologías estratégicas transversales se basan en una clasificación por revistas; para más detalles, véase el anexo 5. Las primeras revistas específicas sobre la tecnología de cadenas de bloques aparecieron en 2018.

Fuente: Scopus (Elsevier), excepto artes, humanidades y ciencias sociales; tratamiento de datos por Science-Metrix.



Figura 1.6: Parte de las publicaciones mundiales sobre tecnologías estratégicas transversales específicas en el G20, 2015 y 2019 (%)



Remarque : Le terme IA est l'abréviation d'« intelligence artificielle ». Les pourcentages indiqués incluent des valeurs non exclusives, du fait que les travaux signés par de multiples auteurs issus de différents pays sont comptabilisés dans chacun de ces pays.

Source : Scopus (Elsevier), hors lettres, sciences humaines et sciences sociales, traitement des données par Science-Métrix.

expandió. Durante la crisis de la COVID-19, los pagos en línea se han convertido en una opción especialmente atractiva en la India y en otros países, ya que permiten respetar el distanciamiento físico en las transacciones financieras.

En África, la revolución digital se ve impulsada por el crecimiento constante de la telefonía móvil y los sistemas de pago digitales con funcionalidades avanzadas, que se basan en la confluencia del dinero móvil y la Internet de las cosas. Kenya es uno de los mercados de crédito digital más maduros de las economías en desarrollo, donde el volumen de préstamos digitales superó al de los tradicionales en 2015. En 2020, el centro nacional de datos de Tanzania puso en marcha la N-Card, que permite los pagos digitales. En 2019, el 78% de los adultos de las zonas rurales de Tanzania podían acceder a servicios financieros formales en un radio de 5 km.

En octubre de 2019, los ministros africanos encargados de la comunicación adoptaron la Declaración de Sharm El Sheikh, en la que se proponía una estrategia de transformación digital para África. Invitaron a los Estados Miembros a que ratificaran la Convención de la Unión Africana sobre Ciberseguridad y Protección de Datos Personales (la Convención de Malabo, 2014), que insta a los países a establecer un sistema financiero sin dinero en efectivo para favorecer los mercados digitales y combatir la corrupción, así como a elaborar normas para proteger los datos nacionales<sup>5</sup>. Los ministros también instaron a los Estados Miembros a que adoptaran una postura africana común sobre la inteligencia artificial y crearan un grupo de reflexión sobre este tema para evaluar y recomendar proyectos de colaboración conformes con la Agenda 2063 de la Unión Africana y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (véase el capítulo 18).

Esta estrategia digital sería ambiciosa para cualquier región del mundo, pero lo es mucho más para África que aún se encuentra en la fase de ampliar el acceso de Internet al conjunto de la población. Entre 2015 y 2019, el acceso a Internet avanzó solo un 0,24% hasta alcanzar el 24,2% de la población africana (véase el capítulo 19). A pesar de la ampliación de las infraestructuras de comunicación, numerosos ciudadanos y empresas del continente no pueden permitirse el acceso a Internet, que sigue siendo costoso por la falta de competencia en el mercado (véase el capítulo 20). Así, por ejemplo, en octubre de 2020, Madagascar contaba con el segundo servicio de Internet de banda ancha fija más rápido de África, después de Ghana, tras haberse conectado al sistema de cable submarino de África oriental en 2010, pero pocos malgaches podían permitirse acceder a Internet.

La India ilustra perfectamente los retos a los que se enfrentan los países para modernizar su economía y avanzar en sus objetivos digitales en paralelo, ya que condensan en unos pocos años lo que normalmente sería un proceso más gradual. En 2018, al mismo tiempo que el Gobierno indio ampliaba el acceso de los ciudadanos a una cuenta bancaria, un grupo de reflexión gubernamental, la Institución Nacional para la Transformación de la India (NITI Aayog), publicaba una *Estrategia Nacional de Inteligencia Artificial* destinada a impulsar mejoras en la atención sanitaria, la educación y los

rendimientos agrícolas. Esta estrategia también tiene como objetivo favorecer las ciudades, la movilidad y el transporte inteligentes. El grupo de reflexión explora asimismo que la tecnología de cadena de bloques —ya muy extendida en el Gobierno— se aplique en las industrias farmacéuticas y de fertilizantes, en los vehículos eléctricos e híbridos del sector automovilístico, así como en las crecientes energías renovables.

En 2015, el Gobierno indio seleccionó un centenar de ciudades con una población acumulada de 99,6 millones de habitantes para convertirlas en las primeras ciudades inteligentes del país. No existe una definición universalmente aceptada de ciudad inteligente, a pesar de su multiplicación en todo el mundo. El concepto indio combina tecnologías digitales y sostenibles para garantizar el abastecimiento de agua y saneamiento, el suministro de electricidad, los servicios de educación y atención sanitaria, así como unas viviendas seguras y asequibles y una movilidad urbana eficiente. Sin embargo, existe el riesgo de que estas ciudades inteligentes agudicen las desigualdades sociales, ya que, según el Ministerio de Vivienda y Asuntos Urbanos, el 80% de la financiación de las ciudades inteligentes de la India se destinará al desarrollo por zonas, lo que beneficia únicamente a una parte de la población de una ciudad (véase el capítulo 22).

Existe una preocupación particular por el hecho de que la doble transición digital y ecológica podría exacerbar las desigualdades sociales sobre todo desde la perspectiva de la transferencia de empleos a gran escala. En el caso de la transición digital, la automatización cristaliza la preocupación; en el caso de la transición ecológica, se trata de la perspectiva de eliminar gradualmente las industrias contaminantes, como las centrales de carbón, que constituyen enormes fuentes de empleo. Esto ha llevado a algunos gobiernos a aprobar la construcción de nuevas centrales de carbón a sabiendas de que resultarán antieconómicas.

La Comisión Europea pretende que los empleos que se pierden en un sector industrial dado a favor de la economía digital y ecológica puedan volver a crearse en otra parte. El Mecanismo para una Transición Justa pretende limitar las consecuencias de estas medidas en los Estados Miembros más vulnerables mediante recursos adaptados. Este mecanismo forma parte del *Plan de Inversiones para una Europa Sostenible* presentado por la Comisión Europea en enero de 2020, que moviliza la inversión pública y privada hasta un total acumulado de al menos 1 billón de euros (véase el capítulo 9).

### Preocupación por la automatización

Hasta ahora, la Industria 4.0 no parece haber provocado una pérdida generalizada de empleos. En América Latina, la tecnología financiera y la creciente automatización están empezando a orientar la inversión hacia productos, procesos y servicios que se basan en la innovación, pero el impacto en el empleo aún no se ha hecho sentir. Si tomamos el ejemplo de México, en 2018 el país contabilizaba 5 700 robots industriales y ocupaba el noveno puesto mundial en materia de automatización. Aproximadamente la mitad de

estos robots se usan en el sector del automóvil y una parte importante de estos son importados de los Estados Unidos de América, Europa y Asia por fabricantes de automóviles que poseen plantas de montaje locales (véase el capítulo 7).

También en la India, el sector de la fabricación representa la mayor parte de los robots importados<sup>6</sup>. Aunque su número aumentó una media del 64% anual entre 2000 y 2016, estos no representan más del 10% del empleo total en la industria manufacturera. Sin embargo, con el rápido desarrollo de las tecnologías relacionadas, numerosas tareas podrían automatizarse en un futuro próximo. Este proceso podría alterar radicalmente el panorama del empleo en la India y otros lugares (véase el capítulo 22).

El declive de la fabricación tradicional se ha convertido en un tema sensible en los Estados Unidos de América. En 2017, la producción manufacturera fue al menos un 5% mayor que en 2000, pero el sector se ha vuelto más intensivo en capital y necesita menos mano de obra, debido a la introducción generalizada de la automatización. Entre 2000 y 2017 se perdieron unos 5,5 millones de empleos en el sector manufacturero de los Estados Unidos de América (véase el capítulo 5).

Este descenso también puede atribuirse a un desajuste de competencias en el sector manufacturero actual de los Estados Unidos de América, que es más sofisticado. Las personas con un certificado de educación secundaria o menos que realizan tareas estandarizadas tienen más de cuatro veces más probabilidades de ocupar puestos de trabajo altamente automatizables que los que tienen un título universitario. Doce millones de estos trabajadores de origen hispano y afroamericano ya se han visto afectados por la automatización. En las próximas décadas, se calcula que alrededor del 25% de los empleos de los Estados Unidos de América (36 millones en 2016) estarán muy expuestos a la automatización (véase el capítulo 5).

Un fenómeno relativamente nuevo en los Estados Unidos de América es que la inteligencia artificial está amenazando los empleos profesionales mejor remunerados en los ámbitos de la alta tecnología y en las zonas metropolitanas. Esta tendencia requerirá una reestructuración profunda de los itinerarios profesionales y los programas de formación (véase el capítulo 5).

### **La energía como elemento fundamental de la doble transición**

Las energías renovables fueron el único sector energético que experimentó un crecimiento en el momento álgido de la pandemia de COVID-19 y se prevé que la demanda siga creciendo. Los sistemas de energía renovable son más rentables que las demás fuentes energéticas, en particular gracias a los avances de las tecnologías eólica y solar (véase el capítulo 2).

La energía es un elemento fundamental de la transición digital y ecológica. En África Subsahariana, solo la mitad (48%) de la población tiene actualmente acceso a la electricidad, según la Agencia Internacional de Energía. Los gobiernos son plenamente conscientes de que no puede haber ni industrialización ni economía digital sin un acceso universal a la energía. La estrategia de la Agenda 2063 de la

Unión Africana da gran prioridad a la inversión en energías renovables, como complemento de la ampliación de la red.

La Comunidad de África Meridional para el Desarrollo inauguró en 2015 un centro de energías renovables y eficiencia energética en Namibia, para mejorar el acceso a la electricidad en la subregión. Entre 2015 y 2018, la cuota global de renovables en la capacidad de producción eléctrica de África Meridional pasó del 24% al 39%. La mayoría de los proyectos están relacionados con la energía eólica, solar e hidroeléctrica (véase el capítulo 20).

En África Oriental, la energía geotérmica llega ya a más del 35% de los hogares kenianos. En noviembre de 2019, Kenya superó a Islandia y se situó en el octavo puesto mundial en materia de capacidad de producción de energía geotérmica. El desarrollo de esta tecnología se ha acelerado desde la inauguración de *Kenya Vision 2030* en 2008, que hacía hincapié en las energías renovables.

En los Estados insulares del Caribe y el Pacífico Sur, las energías renovables se perciben como un medio de reducir las costosas importaciones de combustibles fósiles y garantizar una mayor independencia energética. Seis países insulares del Pacífico se proponen generar el 100% de su electricidad a partir de fuentes renovables en una década (véase el capítulo 26). Cinco países del Caribe han puesto en marcha un proyecto para explotar sus vastas reservas geotérmicas con el apoyo del Fondo Verde para el Clima (véase el capítulo 6).

Varios países están abandonando los proyectos hidroeléctricos como consecuencia de la irregularidad de las lluvias (por ejemplo, Sri Lanka y Zambia) o por cuestiones de seguridad. Tras un informe de la Agencia nacional de agua y saneamiento del Brasil en 2018 en el que se advertía de que la producción energética de 45 presas estaba en grave peligro, el Gobierno anunció el fin de los proyectos de megacentrales hidroeléctricas en la Amazonia (véase el capítulo 8). En cambio, está prevista una megacentral hidroeléctrica en la República Democrática del Congo (véase el capítulo 20).

Los proyectos para el desarrollo de las energías renovables abundan en todo el mundo. Alrededor del 16% de la generación de electricidad provino de la energía hidroeléctrica, y un 10% de la solar, la eólica, los biocombustibles y la biomasa en 2018. Sin embargo, numerosos países siguen importando tecnologías prefabricadas, en lugar de adaptarlas o desarrollar las suyas propias.

Las medidas de industrialización y desarrollo de las infraestructuras, por un lado, y de I+D, por otro, discurren por caminos paralelos, cuando debieran reforzarse mutuamente (véase el capítulo 21). Sin embargo, cada vez hay más países que vinculan ambos procesos. La política iraní relativa a los requisitos en materia de contenido nacional (2016) introdujo una cláusula en la que se exigía que los acuerdos internacionales y los grandes proyectos nacionales "incluyeran tecnología y formación locales". La *Visión 2030* de la Arabia Saudita establece el objetivo de fabricar localmente el 50% de los equipos militares que se importen para 2030. En Ecuador, los investigadores se han especializado en tecnologías

de redes inteligentes, desde que una serie de apagones ocurridos en 2009 llevó al Gobierno a priorizar la inversión en infraestructuras energéticas e iniciar la transición a las energías renovables (véanse los capítulos 2 y 7). Bhután planea establecer diez laboratorios de fabricación en todo el país de aquí a 2023; un programa piloto “Fab4Fab” estudia cómo producir localmente los componentes necesarios para los laboratorios de fabricación con miras a sustituir las importaciones (véase el capítulo 21).

Uno de los retos políticos será garantizar que la agenda de desarrollo sostenible de los países se aplique en los distintos sectores económicos. Por ejemplo, las industrias ecológicas no figuran entre los sectores prioritarios de la Política Industrial Estatal de Mongolia (2015), a pesar de que la Política estatal en materia energética 2015-2030 (2015) se centra en desarrollar la energía eólica y solar y en lograr el objetivo del 30% de energías renovables en el consumo energético total para 2030 de acuerdo con su Política de Desarrollo Ecológico (2014-2030) [véase el capítulo 14].

### **Implantación... y reducción gradual de la energía nuclear**

La construcción de una central nuclear supone una inversión de miles de millones de dólares y tiene una vida útil de unos 40 años. Con toda probabilidad habrá que cerrar el 25% de la capacidad nuclear existente para 2025 (véase el capítulo 2). Varios países en desarrollo tienen previsto implantar centrales nucleares, como Egipto y los Emiratos Árabes Unidos (véase el capítulo 17), Mongolia (véase el capítulo 14) y Zambia (véase el capítulo 20).

Por su parte, la República de Corea desarrolla tecnologías energéticas que utilizan el hidrógeno para compensar el abandono gradual de la energía nuclear, de acuerdo con su Tercer Plan Maestro de Energía para el período 2019-2040. Dado que este país es uno de los principales fabricantes de reactores nucleares, existe cierta preocupación por que el progresivo abandono de la energía nuclear afecte a su competitividad a escala mundial. Además, serán necesarias inversiones considerables en materia de infraestructuras para alcanzar el objetivo de una cuota del 20% de energía renovable en 2020, ya que estas solo representaban en torno a un 5% del suministro de energía primaria en 2017. Una de las estrategias consiste en ayudar a los agricultores a convertir las zonas degradadas en huertas solares (véase el capítulo 25).

El desarrollo de la tecnología de las pilas de combustible de hidrógeno es también uno de los objetivos de las Perspectivas de la oferta y la demanda de energía a largo plazo del Japón (2015). Tras el gran terremoto del Japón oriental (2011), las centrales nucleares del país se cerraron para someterse a inspecciones y actualizaciones obligatorias entre 2013 y 2015. Para compensar la pérdida de energía nuclear, el Japón aumentó su dependencia de las importaciones de petróleo, gas y carbón. La instalación de sistemas solares se ha visto frenada por el elevado precio de la electricidad, que ha supuesto un lastre para la industria. Esta situación provocó, en 2018, una bajada del precio fijo que los consumidores

pagaban por la energía solar y eólica, así como una liberalización del mercado minorista.

Resulta simbólico que tanto el Japón (véase el capítulo 24) como Ucrania (véase el capítulo 12) instalen plantas solares en los lugares donde se produjeron los peores desastres nucleares del mundo, Fukushima (2011) y Chernóbil (1986).

### **La transición energética encuentra resistencias**

Los países en desarrollo cooperan con socios internacionales para acceder a la financiación ecológica. Por ejemplo, las tarifas reguladas y el sistema de subasta de energía solar de Kazajstán se han desarrollado en el Marco de las Energías Renovables de Kazajstán, un proyecto cofinanciado desde 2017 por el Banco Europeo de Reconstrucción y Desarrollo y el Fondo Verde para el Clima. Uno de los retos de los países en desarrollo consistirá en conciliar las demandas de innovación del sector minero, que con frecuencia constituye la base de sus economías (véase el capítulo 14).

Un número cada vez mayor de países en desarrollo utiliza los ingresos procedentes de la minería y la prospección petrolera y gasística para financiar su transición ecológica. En 2019, Guyana aprovechó el descubrimiento de reservas de petróleo y gas en alta mar para crear un fondo soberano de inversión que está utilizando los ingresos del petróleo para financiar su transición a las energías renovables (véase el capítulo 6). El Fondo soberano de inversiones estratégicas del Senegal (creado en 2012) utiliza los ingresos estatales procedentes del petróleo y el gas para invertir en fondos de capital destinados a las pymes en sectores considerados prioritarios por el Plan Senegal Emergente (2014), como la energía solar, la agricultura y la sanidad (véase el capítulo 18). En Mongolia, la Política de Desarrollo Ecológico (2014-2030) prevé equilibrar el desarrollo de las industrias mineras y metalúrgicas mediante la creación, entre otros, de un fondo soberano de inversión que se nutra de los ingresos del sector minero con el fin de apoyar el desarrollo sostenible a largo plazo (véase el capítulo 14).

En los países industrializados, el proceso de transición gradual a las energías renovables ha encontrado cierta resistencia por parte de los defensores de las energías tradicionales. Por ejemplo, en los cuatro años (2016-2019) posteriores a la adopción del Acuerdo de París, 35 bancos del Canadá, China, Europa, el Japón y los Estados Unidos de América invirtieron en conjunto 2,7 billones de dólares en combustibles fósiles (véase el capítulo 2).

Sin embargo, se respira un aire de cambio. En 2017, Irlanda se convirtió en el primer país del mundo en comprometerse a desvincular totalmente sus fondos públicos de los combustibles fósiles. El Parlamento aprobó una ley para eliminar las inversiones en carbón, petróleo y gas del Fondo de Inversión Estratégica de Irlanda, dotado con 8 000 millones de euros (unos 9 500 millones de dólares) (véase el capítulo 2).

En 2019, el Parlamento noruego aprobó una ley que obliga al Fondo Soberano de Noruega, el mayor del mundo con un valor de más de un billón de dólares estadounidenses, a abandonar sus inversiones en ocho empresas de carbón y

unos 150 productores petrolíferos por un valor total de 13 000 millones de dólares (véase el capítulo 11).

### **Los gobiernos están más sensibilizados a la necesidad de un desarrollo que respete el clima**

Los gobiernos han tomado conciencia de la necesidad de aplicar políticas de desarrollo que tengan en cuenta el clima. Mozambique, por ejemplo, está invirtiendo en infraestructuras resilientes al clima, y Zambia ha adoptado un *Plan de inversión en agricultura climáticamente inteligente* (véase el capítulo 20).

En 2021, Djibouti tiene previsto inaugurar su Observatorio regional del cambio global. El Organismo Internacional de Energía Atómica ha proporcionado sofisticados equipos científicos para este centro, que estudiará el impacto del cambio climático en los frágiles ecosistemas de África Oriental y las nuevas enfermedades, como la fiebre chikungunya y la COVID-19 (véase el capítulo 19).

En 2017, Camboya informó que había alcanzado su objetivo de dedicar el 1% del gasto público a luchar contra el cambio climático, de acuerdo con el *Plan estratégico de cambio climático de Camboya 2014-2023*. Sin embargo, los avances se ven obstaculizados por la falta de datos y tecnologías, así como por el limitado acceso a la financiación de las empresas que desean realizar inversiones inteligentes desde una perspectiva climática (véase el capítulo 26).

En el Caribe, una serie de huracanes devastadores ha puesto de relieve la necesidad de reconstruir infraestructuras más resilientes. Ello requerirá una mayor inversión de capital, lo que acentuará la carga fiscal de los miembros de la CARICOM, que ya tienen una de las mayores deudas públicas del mundo en relación con el tamaño de sus economías. En 2018 se formó una “coalición de países dispuestos a actuar” para establecer el Programa de acelerador inteligente del Caribe frente al clima, cuyo ambicioso objetivo consiste en convertir el Caribe en la primera zona del mundo adaptada al cambio climático. Más de 26 países y 40 socios del sector público y privado se han unido a este acelerador, entre ellos la Organización de los Estados del Caribe Oriental, el Banco Interamericano de Desarrollo y el Banco Mundial (véase el capítulo 6).

La industria de la captura y el almacenamiento de carbono aún está en sus albores, a pesar de que se considera vital para limitar el calentamiento global. En Noruega, Equinor está desarrollando lo que podría ser el primer proyecto a escala industrial de captura y almacenamiento de carbono en Europa (véase el capítulo 11).

En los sistemas de gobernanza federal suelen existir disparidades entre las políticas federales y estatales, lo cual impide el establecimiento de una estrategia nacional global de mitigación del cambio climático y adaptación a sus efectos. Es el caso, por ejemplo, del Canadá, los Estados Unidos de América y Australia (véanse los capítulos 4, 5 y 26).

### **La investigación sobre la sostenibilidad sigue siendo marginal**

De todos los Objetivos de Desarrollo Sostenible relacionados con el crecimiento económico, los que se centran en la

industria, la innovación y las infraestructuras (ODS9) y las ciudades y comunidades sostenibles (ODS 11) fueron los que más ayuda oficial al desarrollo recibieron entre 2000 y 2013, con aportaciones de los donantes de 130 000 millones y 147 000 millones de dólares estadounidenses respectivamente (véase el capítulo 2).

Los temas de investigación relacionados con la sostenibilidad ambiental, que se ajustan a los ODS de consumo responsable (ODS 12), acción climática (ODS 13), vida submarina (ODS 14) y vida en los ecosistemas terrestres (ODS 15), fueron los que menos atención recibieron por parte de los donantes entre 2000 y 2013, y solo lograron atraer una financiación total de menos de 25 000 millones de dólares estadounidenses (véase el capítulo 2).

Este reparto de la financiación se refleja en los resultados. Por término medio, los progresos nacionales en todo el mundo han sido más débiles en lo que respecta a los principales ODS medioambientales para la acción climática (ODS 13), la vida submarina (ODS 14) y la vida de ecosistemas terrestres (ODS 15) [véase el capítulo 2].

Un análisis realizado por la UNESCO sobre 56 temas de investigación de gran relevancia para los Objetivos de Desarrollo Sostenible llegó a una conclusión similar (figura 1.7; véase el capítulo 4.) Se constató, en efecto, que la investigación sobre la sostenibilidad aún no estaba muy extendida en las publicaciones académicas a nivel mundial. Por ejemplo, la investigación en materia de cultivos adaptados al clima representó apenas el 0,02% de la producción científica mundial entre 2011 y 2019.

Los temas relacionados con la industria, la innovación y las infraestructuras (ODS 9) obtuvieron mejores resultados. Casi un tercio (59) de los 193 países estudiados duplicaron al menos su producción científica sobre el tema de la mayor eficiencia de las baterías entre 2011 y 2019. Se produjo un aumento similar en relación con las tecnologías de redes de distribución de electricidad inteligentes (55 países) y el transporte sostenible, como los vehículos eléctricos e híbridos (50) [véase el capítulo 2].

Cabe destacar que China aumentó su propia producción científica en más de un 20% en relación con las publicaciones sobre la mayor eficiencia de las baterías (hasta el 53% del total mundial), la energía del hidrógeno (hasta el 43%) y la tarificación del carbono (hasta el 41%) [véase el capítulo 2]. China está a punto de convertirse en el líder mundial en materia de captura y almacenamiento de carbono, ya que su producción científica sobre este tema ha aumentado, mientras que la de otros seis países líderes en este ámbito ha disminuido, a saber, el Canadá, Francia, Alemania, los Países Bajos, Noruega y los Estados Unidos de América (véase el capítulo 2).

A pesar de la prioridad concedida a la transición energética mundial, las publicaciones sobre nueve temas relacionados con la energía sostenible (ODS7), como la tecnología de combustibles fósiles más limpios y la energía eólica y solar, solo supusieron el 2,4% de la producción científica mundial durante 2016-2019, frente al 2,1% durante 2012-2015.

Los temas relacionados con la sostenibilidad constituyen una parte mucho más importante en la producción científica de los pequeños sistemas científicos en desarrollo. En efecto

experimentaron un crecimiento más notable entre 2011 y 2019, en particular en el Ecuador, Indonesia e Iraq (figura 1.7). En general, estos países también se encuentran en la primera línea del cambio climático y dependen de las exportaciones de productos básicos. Desde 2011, la proporción de publicaciones científicas sobre energía fotovoltaica procedentes de los países de ingreso medio-bajo ha aumentado del 6,2% al 21,2% y la de publicaciones sobre biocombustibles y biomasa ha pasado del 7,6% al 21,6%. Durante el mismo período, los países de renta baja aumentaron su porcentaje mundial de publicaciones sobre fotovoltaica del 0,2% al 1,4% (véase el capítulo 2).

## TENDENCIAS EN MATERIA DE POLÍTICAS

### Una reorientación hacia el bienestar

El ordenamiento jurídico de Bhután de 1729 establece que “la finalidad del Gobierno es proporcionar felicidad a su pueblo”; en ese sentido, este país no ha tenido ninguna dificultad para adaptar sus políticas a los ODS, ya que su filosofía de felicidad nacional bruta se basa en cuatro pilares que reflejan este objetivo: un desarrollo socioeconómico sostenible y equitativo; la preservación y promoción de la cultura; la conservación, utilización sostenible y gestión del medio ambiente; y la promoción de la buena gobernanza. En el 12º Plan Quinquenal del Gobierno (2018-2023), estos cuatro pilares se han traducido en 16 áreas de resultados clave nacionales que están estrechamente relacionadas con los ODS (véase el capítulo 21)<sup>7</sup>.

La adopción de los ODS ha llevado a que un mayor número de países amplíe sus indicadores de bienestar y no los limite únicamente a los ingresos y el PIB, como suele ser habitual. El Marco de Condiciones de Vida adoptado por el tesoro público de Nueva Zelanda en 2015 proporciona un método novedoso para evaluar el bienestar, inspirado en el documento *¿Cómo va la vida?* publicado por la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE). Este programa neozelandés eleva el “bienestar intergeneracional sostenible” a la categoría de objetivo fundamental de la elaboración de políticas y la gestión de los recursos naturales (véase el capítulo 26).

El *Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021: Toda una Vida* del Ecuador ofrece una guía para “humanizar los indicadores y mejorar las condiciones de vida de los grupos vulnerables, como política de Estado”. Los ocho objetivos son compatibles con los ODS, pero el 60% de la inversión total se destina a “garantizar una vida digna con igualdad de oportunidades para todos” (véase el capítulo 7).

El *examen nacional voluntario* de Bolivia (2015) sobre su progreso hacia los ODS estableció el concepto de “bien vivir”, definido como “la alternativa civilizatoria y cultural al capitalismo, vinculada a una visión integral [...] en armonía con la naturaleza [para una] solución estructural a la crisis climática mundial”. Este informe estableció el objetivo de que la proporción de las fuentes de energía alternativas en la capacidad total de producción eléctrica pasara del 2% en 2010 al 9% de aquí a 2030 (véase el capítulo 7).

En la *Política y el Plan de Acción 2017-2019* de Islandia se hace hincapié en el papel de la I+D para garantizar

un “crecimiento de calidad” durante la cuarta revolución industrial, en contraposición al mero “crecimiento económico”, y se tiene en cuenta el posible impacto negativo de las tecnologías en los futuros usuarios. Aunque en la *Política y el Plan de Acción* no se menciona explícitamente la evaluación de las tecnologías, el concepto está latente.

En la *Política y el Plan de Acción 2017-2019* de Islandia se invita a los ciudadanos a que participen más estrechamente en la elaboración de políticas, la innovación y la investigación. Un informe provisional sobre el estado de la aplicación de esta política publicado a finales de 2019 indicaba que la organización de consultas públicas había permitido acercar las prioridades de investigación a las necesidades de los islandeses. Estas consultas revelaron que la situación medioambiental es la principal preocupación de los islandeses.

### Incrementar la autonomía regional gracias a la especialización inteligente

Uno de los retos al que tendrán que enfrentarse el conjunto de países será garantizar que el crecimiento económico nacional beneficie a todas las regiones. La investigación y la innovación suelen concentrarse en las aglomeraciones urbanas, pero existe un creciente interés por que la innovación, o especialización inteligente, tenga un enfoque territorial para dar mayor autonomía a las regiones.

En la Unión Europea, la recepción de los créditos del Fondo Europeo de Desarrollo Regional durante el periodo 2014-2020 estaba condicionada a que los Estados miembros elaboraran estrategias de especialización inteligente para sus regiones, y que la elección de las tecnologías recayera en los empresarios locales. Las regiones con una especialización similar han cooperado en plataformas temáticas sobre modernización industrial, energía y agroalimentación. La gran mayoría de las regiones han elegido la energía sostenible como uno de los ámbitos de su estrategia de especialización inteligente.

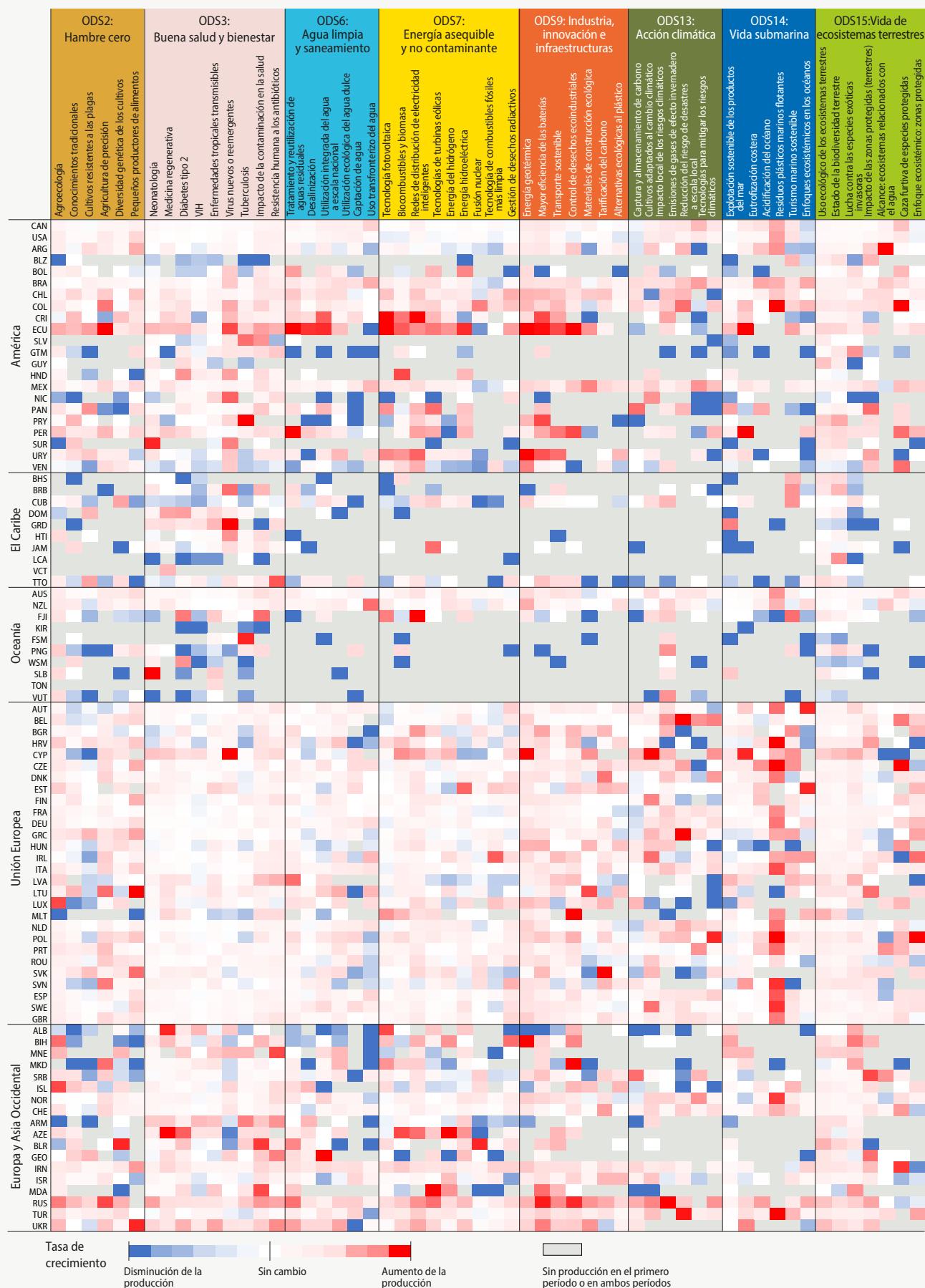
Los países del sureste de Europa están desarrollando sus propias estrategias de especialización inteligente en colaboración con la Comisión Europea, como requisito previo a su integración en la Unión Europea (véase el capítulo 10). La Comisión Europea también colabora con las Naciones Unidas en la integración de este concepto en la aplicación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (véase el capítulo 9).

El refuerzo de una mayor autonomía regional es una prioridad para la República de Corea, que es un Estado muy centralizado. En 2017, se invitó cada provincia a crear grupos temáticos especializados en torno a sus propias prioridades, en el marco del *IV Plan nacional de desarrollo regional de ciencia y tecnología 2013-2017*. El desarrollo de estos grupos se vio favorecido por el traslado de algunas instituciones públicas a las provincias, en particular las empresas estatales y los institutos de investigación respaldados por el Gobierno.

Panamá también ha adoptado un enfoque de especialización inteligente para definir los programas de innovación territoriales en su *Plan Estratégico 2019-2024*. Es importante destacar que el plan también propone duplicar el gasto interior bruto en I+D (GBID) hasta el 0,33% del PIB para 2024.



Figura 1.7: Matriz cromática que muestra la evolución de las publicaciones científicas sobre 56 temas relacionados con los Objetivos de Desarrollo Sostenible, 2012-2019

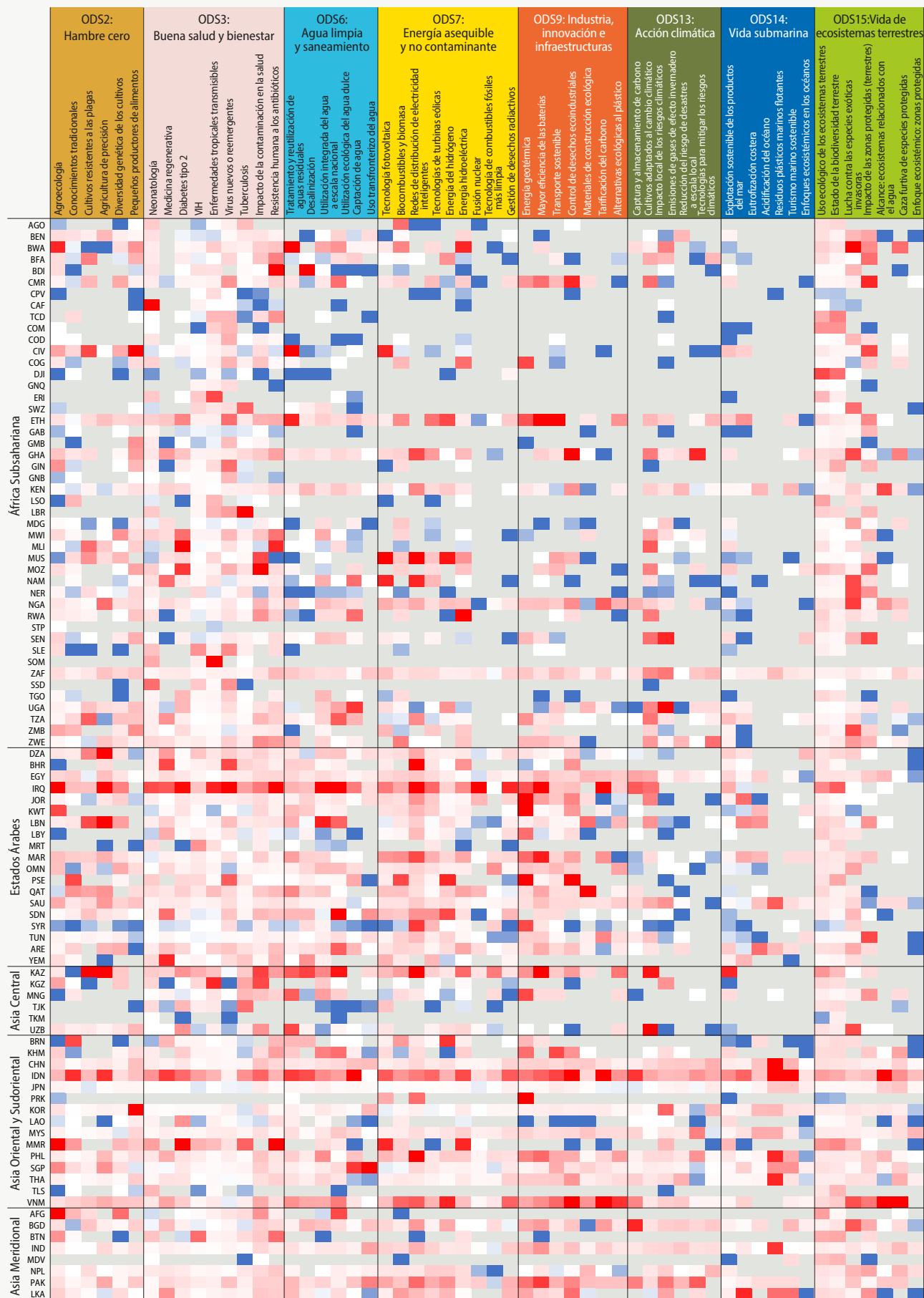


Nota: la tasa de crecimiento se calcula dividiendo el número de publicaciones de 2016-2019 por el número de publicaciones de 2012-2015.

Para los códigos de los países, véase la página [www.iso.org/iso-3166-country-codes.html](http://www.iso.org/iso-3166-country-codes.html). Los países con menos de 120 000 habitantes no se muestran.

Todos los datos están disponibles gratuitamente en el portal web del *Informe de la UNESCO sobre la Ciencia*.

Fuente: Scopus (Elsevier), incluyendo artes, humanidades y ciencias sociales; tratamiento de datos por Science-Metrix



Fuente: Scopus (Elsevier), incluyendo artes, humanidades y ciencias sociales; tratamiento de datos por Science-Metrix

La Federación de Rusia está descentralizando la investigación en determinadas regiones para crear una “nueva geografía de la ciencia rusa”. El objetivo es crear centros de investigación y educación de categoría mundial en determinadas regiones, con el fin de desarrollar nuevas tecnologías y productos competitivos y formar profesionales en función del perfil de especialización inteligente de cada región. Estos centros se organizarán en consorcios que agruparán a los principales institutos de investigación y universidades, en colaboración con las empresas interesadas (véase el capítulo 13).

### **Las políticas orientadas a la realización de misiones son un nuevo objetivo para Europa**

América Latina ha sido pionera en la adopción de políticas orientadas a la realización de misiones. Estas políticas fueron introducidas por primera vez por el Brasil hace 20 años en forma de fondos sectoriales, y luego emuladas por otros países de la región, como la Argentina, Colombia, México y el Uruguay. Los fondos sectoriales son una fuente fundamental de financiación pública para la investigación en sectores estratégicos, como la agricultura, la energía, el medio ambiente, el desarrollo de programas informáticos y la salud. La investigación en estos ámbitos específicos se financia mediante los impuestos gubernamentales recaudados en sectores concretos de la industria o los servicios, como las empresas de servicios energéticos o los casinos. En 2020, el Gobierno mexicano decidió eliminar sus fondos sectoriales como parte de una reducción de los recursos destinados a promover la innovación empresarial (véase el capítulo 7).

En 2020, la Unión Europea adoptó su propia modalidad de políticas orientadas a la realización de misiones. Su programa marco de siete años para la investigación e innovación de la UE hasta 2027, denominado Horizonte Europa, establece cinco misiones concretas, cada una de ellas acompañada de objetivos específicos: adaptación al cambio climático, incluidas las transformaciones sociales; lucha contra el cáncer; ciudades inteligentes e inocuas para el clima; salud de los océanos, los mares y las aguas costeras e interiores; y, por último, suelos, salud y alimentación. Uno de los objetivos es lograr 100 ciudades que sean inocuas desde una perspectiva climática en la Unión Europea de aquí a 2030; esta misión requerirá innovación en todos los sectores, en particular mediante la combinación de nuevas soluciones para el transporte, la gestión digital y los vehículos eléctricos (véase el capítulo 9).

Mientras tanto, la *Estrategia rusa para el desarrollo de la ciencia y la tecnología hasta 2035* (2016) ha sido presentada como un nuevo modelo de política nacional. Esta estrategia fija siete prioridades orientadas a la realización de misiones: la fabricación digital; las energías limpias; la medicina personalizada; la agricultura sostenible; la seguridad nacional; las infraestructuras de transporte y telecomunicaciones; y la preparación para el futuro (véase el capítulo 13).

## **TENDENCIAS DEL GASTO EN INVESTIGACIÓN**

### **La ciencia se ha convertido en sinónimo de modernidad**

En los últimos cinco años, la ciencia, la tecnología y la innovación se han convertido en sinónimos de competitividad económica y modernidad, ya que los países en desarrollo tratan de diversificar sus economías y hacerlas más intensivas en términos de conocimiento.

Quizás el ejemplo más llamativo de esta tendencia sea el programa espacial de los Emiratos Árabes Unidos, que lanzaron la sonda Hope hacia Marte en julio de 2020, apenas seis años después de la creación de la agencia espacial nacional. Como todavía no tiene capacidad para lanzar cohetes, este país se ha asociado con los líderes en tecnología espacial para llevar a cabo su programa, en particular con empresas de la República de Corea y el Japón. La sonda Hope fue diseñada y fabricada gracias a la colaboración entre el centro espacial Mohammed bin Rashid y el Laboratorio de física atmosférica y espacial de los Estados Unidos de América (véase el capítulo 17).

Los Emiratos Árabes Unidos casi duplicaron su actividad investigadora entre 2014 y 2018 para alcanzar el 1,30% del PIB (figura 1.2). En la actualidad, el país representa el 0,42% del gasto mundial en investigación. En el mismo periodo, el número de investigadores equivalentes a tiempo completo (ETC) aumentó un 20%, hasta llegar a los 2 379 por millón de habitantes (figura 1.3), muy por encima de la media mundial (1 368). La investigadora principal del proyecto Hope es la Dra. Sarah Al-Amiri, de 33 años, y la edad media del personal científico y técnico del centro espacial Mohammed bin Rashid ronda los 27 años. La proporción de publicaciones emiratíes sobre física y astronomía con coautores internacionales pasó del 76% al 80% entre 2015 y 2019, lo cual coincide con la tendencia mundial hacia una mayor colaboración científica internacional (figura 1.4).

### **La inversión en investigación supera el crecimiento económico**

Los Emiratos Árabes Unidos son uno de los 32 países que contribuyeron al crecimiento del gasto mundial en investigación entre 2014 y 2018. Durante este periodo, el gasto mundial en investigación (en miles de millones de dólares PPA, a precios constantes de 2005) aumentó un 19,2%, con lo que superó el crecimiento de la economía mundial (+14,8%). Esto se tradujo en un aumento de la actividad de investigación, que pasó del 1,73% al 1,79% del PIB.

Casi la mitad (44%) de este incremento fue impulsado solo por China (figura 1.8). Sin China, el crecimiento mundial del gasto en materia de investigación entre 2014 y 2018 (13,6%) también habría superado el crecimiento económico (12,0%), pero con un margen mucho menor.

La segunda mayor contribución al crecimiento del gasto mundial en investigación fue la de los Estados Unidos de América (19,4%), seguida de la Unión Europea (11%). La República de Corea (4,7%) y la India (3,8%) también hicieron

importantes contribuciones. El Japón, por su parte, solo contribuyó en un 0,3% al crecimiento mundial en materia de I+D.

La República de Corea es el segundo país del mundo con mayor actividad de investigación, después de Israel (figura 1.2). Se calcula que la inversión coreana en I+D contribuyó a cerca del 40% del PIB nacional durante el periodo 2013-2017 (véase el capítulo 25).

Varios gobiernos de la ASEAN están invirtiendo más que antes en I+D. Malasia va camino de alcanzar su objetivo de dedicar el 2% del PIB al gasto bruto en investigación y desarrollo en 2020. El Gobierno indonesio introdujo una reducción fiscal del 300% en los gastos de investigación de las empresas en 2019 (véase el capítulo 26).

Por su parte, Singapur destina ahora una financiación flexible para sectores emergentes o necesidades y oportunidades imprevistas, en el marco de su *Plan de investigación, innovación y empresa 2020* (2016). Esta medida se ha inspirado en el ejemplo del sector de la ciberseguridad, que creció durante el ciclo de financiación 2011-2015 del Gobierno. Este tipo de financiación de contingencia para la investigación industrial también podría activarse en caso de pandemia (véase el capítulo 26).

En la Unión Europea, los países líderes en innovación tienen, por término medio, una actividad de investigación cercana o superior al 3%; también son los más avanzados en su transición hacia economías ecológicas y digitales. Desde hace poco, Dinamarca y Alemania forman parte de este grupo de países. En cambio, otros 20 países de la UE no han alcanzado sus objetivos para 2020 en lo que se refiere a actividad investigadora (véase el capítulo 9).

De cara al futuro, el peso de la Unión Europea en términos de inversión en investigación disminuirá en los próximos años. Este cambio no se deberá a las políticas científicas, sino a una remodelación geopolítica: la salida del Reino Unido (Brexit) reduce el gasto en investigación de la UE en un 12%. Como el Reino Unido tiene una actividad de investigación menor (1,72%), la media de la Unión Europea pasará automáticamente del 2,03% al 2,18% del PIB (véase el capítulo 9).

Debido al descenso generalizado del PIB durante la fase inicial de la pandemia de COVID-19, la mayoría de los países verán una inflación artificial de su proporción de gasto bruto en investigación y desarrollo (GBID) en 2020, aunque se limiten a mantener los niveles actuales de gasto en investigación.

### **El gasto en investigación aumenta en la mayoría de las regiones**

En 2018, el 87% del gasto en investigación se concentró en tres regiones: Asia Oriental y Asia Sudoriental (40%) —que agrupa a los pesos pesados China, Japón y la República de Corea—, América del Norte (27%), y la Unión Europea (19%) [figura 1.8]. En 2014, estas tres regiones representaban el 85% del gasto mundial en investigación.

Aunque los avances fueron a veces modestos, el gasto en investigación aumentó en todas las regiones entre 2014 y 2018, excepto en dos: Asia Central y América Latina y el Caribe (figura 1.8).

A pesar de la voluntad declarada de los gobiernos de Asia Central de impulsar su esfuerzo de investigación y la inversión en parques científicos y tecnológicos, el gasto bruto en investigación y desarrollo (GBID) había descendido a menos del 0,15% del PIB en todos los países en 2018.

En América Latina, el fin del auge de las materias primas ha dado paso a un periodo de estancamiento del crecimiento económico, junto con una caída de la actividad investigadora de los pesos pesados de la región, la Argentina y México (figura 1.2). Durante el periodo de “bonanza” la inversión se orientó principalmente a la expansión económica, en lugar de destinarse al refuerzo de las infraestructuras existentes o el apoyo a la innovación y la asunción de riesgos.

### **Los progresos pueden ser frágiles**

Los países de renta media-baja han aumentado su porcentaje global en apenas un 0,13%, hasta el 4,3%, y el de los países de renta baja se ha estancado en el 0,10%, a pesar del mayor gasto en investigación de ambos grupos de países entre 2014 y 2018.

Además, estos progresos pueden ser frágiles. En 2018, Burkina Faso tenía uno de los índices de actividad investigadora más elevados de África (0,61% del PIB), pero duró poco; tras una oleada de atentados terroristas en 2019, el Gobierno se vio obligado a canalizar la mayor parte de esta financiación hacia el refuerzo de la seguridad nacional (véase el capítulo 18). Irán dedicó el 0,83% del PIB a I+D en 2017 y los bancos e instituciones de crédito iraníes aumentaron sus préstamos a empresas basadas en el conocimiento en un 75% en 2019. Sin embargo, la retirada de los Estados Unidos de América del *Plan de Acción Integral Conjunto*, o acuerdo nuclear, en 2018 y el posterior restablecimiento de las sanciones estadounidenses han generado dificultades económicas que pueden invertir esta tendencia (véase el capítulo 15). Los planes cubanos de aumentar los salarios de los investigadores recibieron un revés cuando se restablecieron las sanciones de los Estados Unidos de América en 2017, tres años después de que fueran levantadas (véase el capítulo 7).

### **La sostenibilidad financiera es un reto para las empresas emergentes africanas**

La sostenibilidad financiera es un reto para muchos de los 744 parques tecnológicos de África, que dependen de las subvenciones de los asociados para el desarrollo y de los donantes internacionales para sobrevivir, ante ausencia casi total de inversores privados locales y de capital inicial. Por ejemplo, casi el 80% de la inversión en los 101 centros tecnológicos de Nigeria procede de fuentes extranjeras. En 2019, el CcHub nigeriano adquirió el iHub keniano, creando la primera gran incubadora de empresas de África Occidental. Desde su creación en 2011, el CcHub ha impulsado más de 120 empresas en fase inicial. Mientras que el CcHub ha adoptado un modelo comercial, con el que cobra por el espacio de trabajo y ha creado su propio Fondo de capital para el crecimiento —el primer fondo de Nigeria destinado a la innovación social—, el modelo de iHub, financiado por

donantes, ha resultado finalmente insostenible (véase el capítulo 18).

La Ley de Empresas Emergentes de Túnez (2018) es supuestamente el primer marco legal del mundo que concede a los aspirantes a emprendedores un año de permiso financiado por el Estado para crear una nueva empresa; esta oportunidad está abierta tanto a los empleados del sector público como del privado (véase el capítulo 17).

En el marco del programa Educación 5.0 de Zimbabue (2018), se anima a las universidades públicas a trabajar con las comunidades y las empresas emergentes para resolver los problemas locales. El programa encarga a las universidades la creación de un fondo de innovación e industrialización que se nutre de las tasas académicas y es gestionado por personal no universitario (véase el capítulo 20).

### Esfuerzos para reforzar los vínculos entre la universidad y la industria

Las empresas suelen estar poco dispuestas a colaborar con las universidades y los institutos de investigación públicos. Así se desprende de un estudio realizado en 2013 por el Instituto de Estadística de la UNESCO sobre las empresas manufactureras dedicadas a la innovación en 53 países de todos los niveles de renta<sup>8</sup>. Desde entonces, la situación ha evolucionado poco. Un estudio de 2018 sobre las tendencias en Nueva Zelanda —que formó parte de los países estudiados en 2013— reveló que solo el 1,5% de las publicaciones científicas eran fruto de la colaboración de autores del sector académico y el empresarial (véase el capítulo 26). Otro estudio sobre el mismo tema (véase el capítulo 8) mostró una cifra similar en el caso de China durante el período 2015-2017. La proporción

de coautoría universidad-empresa fue mayor en la Unión Europea y el Brasil (2,4%), los Estados Unidos de América (2,8%), la República de Corea (3,9%), Alemania (4,4%) y Francia (4,5%).

En el Canadá, la actividad de investigación en el sector industrial disminuyó del 0,78% al 0,63% del PIB entre 2014 y 2019. El Gobierno canadiense insta a las empresas nacionales a que establezcan asociaciones de colaboración con instituciones públicas de investigación, con el fin de desarrollar estrategias de innovación “audaces y ambiciosas”. En 2017, el Gobierno asignó 950 millones de dólares canadienses para apoyar cinco conglomerados de empresas innovadoras durante los cinco años siguientes, con la condición de que el sector privado igualara la financiación gubernamental. Estos conglomerados de empresas se especializan en la fabricación de nueva generación, la economía de los océanos, las industrias de las proteínas, las tecnologías digitales y la inteligencia artificial. Estos dos últimos se han aprovechado para invertir en encontrar soluciones a la crisis de la COVID-19 (véase el capítulo 4).

En 2018, en el marco de su *Programa de proyectos específicos* (creado en 2010), Armenia publicó una convocatoria innovadora restringida a proyectos de investigación que contaran con la participación de instituciones públicas y socios industriales; estos últimos tenían que aportar al menos el 15% de la financiación del proyecto.

En Filipinas, en el marco del *Programa de investigación y desarrollo colaborativo para impulsar la economía* (2016), cualquier centro de educación superior o instituto de investigación que cree una asociación de investigación en colaboración con al menos una empresa recibe financiación

### Recuadro 1.1: Las lagunas en los datos impiden el seguimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible

Los datos disponibles sobre el gasto en investigación y el conjunto de investigadores no permiten ofrecer un panorama completo, ya que solo una minoría de países publica datos compatibles a nivel internacional.

A pesar de que en 2015 los países acordaron realizar un seguimiento de sus progresos en el incremento de la actividad investigadora (ODS 9.5.1) y de la densidad de investigadores (ODS 9.5.2), en virtud de su voluntad de alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible para 2030, este compromiso no se ha traducido en un incremento en la comunicación de datos.

Al contrario, un total de 99 países comunicaron datos sobre la inversión nacional en investigación en 2015, frente a solo 69 países en 2018. Del mismo modo, 59 países informaron sobre el número de investigadores (en equivalentes a tiempo completo) en 2018, frente a 90 países en 2015\*.

Entre 2015 y 2018, solo 107 países comunicaron datos de al menos uno de esos cuatro años sobre el número de investigadoras. Además, no se dispone de datos comparables a nivel internacional sobre países poblados como Bangladesh, el Brasil, China, la India, Nigeria y los Estados Unidos de América.

En numerosos casos, incluso los países que han creado observatorios para mejorar la recopilación y el análisis de datos tampoco estudian la innovación en el sector privado, por lo que no disponen de información para evaluar las ventajas y las necesidades no cubiertas del sistema nacional de innovación.

La situación con respecto a los indicadores de los ODS relacionados con el medio ambiente no es mejor. Los progresos realizados en el 68% de estos indicadores no puede evaluarse por falta de datos, según el informe titulado “Measuring Progress: towards Achieving the Environmental Dimension of the SDGs” (Evaluar los progresos realizados

en el cumplimiento de la dimensión medioambiental de los ODS), publicado por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente en 2019.

Estas lagunas deberían ser motivo de preocupación, ya que la formulación y revisión de las políticas debe basarse en datos fiables recabados de forma regular. No se puede hacer un seguimiento de aquello que no se puede evaluar.

Otro de los problemas a los que se enfrenta la formulación de políticas basada en datos es que, en numerosos contextos políticos, no se hace ninguna mención sobre los éxitos o fracasos experimentados por las estrategias anteriores. Esta omisión sugiere que las políticas podrían estar desaprovechando las lecciones aprendidas de experiencias pasadas.

Fuente: datos recopilados por los autores

\*En 2018, 50 países contabilizaron el número de investigadores (en personas físicas), frente a los 97 países que lo hicieron en 2015.

pública de hasta 5 millones de pesos filipinos (unos 100 000 dólares estadounidenses), y la empresa asociada debe aportar el 20% de los fondos del proyecto.

En Asia Meridional, el esfuerzo de desarrollo de infraestructuras e industrialización se está llevando a cabo en gran medida de manera independiente a las actividades de I+D, cuando ambos procesos podrían reforzarse mutuamente. Varios países procuran incentivar a las instituciones públicas de investigación para que establezcan vínculos con la industria (véase el capítulo 21).

Por ejemplo, el *Fondo de apoyo a la transferencia de tecnología de Pakistán* (2019) ofrece subvenciones a los laboratorios universitarios, que reciben una contribución equivalente de sus asociados de la industria (véase el capítulo 21).

En Sri Lanka, la transferencia de tecnología es una de las prioridades del *Marco normativo nacional para el desarrollo de las pymes* (2016), que va acompañado de un fondo nacional para el desarrollo tecnológico cofinanciado por el Gobierno y el sector privado (véase el capítulo 21).

En Bangladesh, la política de pymes (2019) reconoce la necesidad de que estas tengan un mayor acceso a la financiación, los mercados, la tecnología y la innovación. Esta medida contará con el apoyo del nuevo Consejo de investigación en ingeniería de Bangladesh para la comercialización de los resultados de la investigación y la adaptación de las tecnologías importadas, establecido por ley en septiembre de 2020 como fruto de la Política científica y tecnológica nacional (2011).

### **La industria espacial genera alianzas público-privadas**

La industria espacial demanda cada vez más alianzas público-privadas. En 2019, la inversión mundial en la economía espacial alcanzó un punto álgido, y más de la mitad (55%) procedía de empresas con sede en los Estados Unidos de América. A continuación, le seguían el Reino Unido (24%), Francia (7%) y China (5%) [véase el capítulo 5]. El valor del mercado espacial africano se estimó en 10 000 millones de dólares en 2014 (véase el capítulo 18).

La industria espacial abarca ámbitos que incluyen las telecomunicaciones, la vigilancia del medio ambiente y el control de los desechos espaciales (véase el capítulo 24). El 3 de enero de 2020, la corporación SpaceX se convirtió en la primera empresa privada en enviar a seres humanos al espacio cuando transportó a unos astronautas a la Estación Espacial Internacional<sup>9</sup>. La Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio de los Estados Unidos de América (NASA) contrata cada vez más a socios comerciales para el desarrollo de la economía espacial, con el fin de que la agencia pueda dedicar sus propios recursos a la exploración del espacio exterior (véase el capítulo 5).

El Japón es un país relativamente nuevo en el “negocio espacial”. Las empresas del sector siguen dependiendo de los contratos públicos para más del 80% de su volumen de negocios, pero esto está cambiando progresivamente. El nuevo servicio de promoción de empresas creado en 2016 por el Organismo de Exploración Aeroespacial del Japón (JAXA) ofrece a las empresas privadas acceso a los conocimientos, la propiedad intelectual y las instalaciones de JAXA para crear

nuevos productos. A su vez, las aplicaciones comerciales creadas por sus socios industriales generan nuevas patentes y otros derechos de propiedad intelectual de JAXA.

La industria aeronáutica también está ganando terreno en algunos países en desarrollo. Las exportaciones mexicanas de productos aeronáuticos aumentaron un 14% anual entre 2010 y 2016. En el mismo periodo, el número de empresas aeroespaciales en México pasó de 241 a 330. Desde 2019, el centro aeronáutico de Querétaro ha sido sede de FAMEX, la mayor feria del sector de América Latina<sup>10</sup> (véase el capítulo 7).

La *Estrategia espacial africana* (2017) tiene cuatro componentes: observación de la Tierra, sistemas de navegación y posicionamiento, comunicaciones por satélite, y ciencia y tecnología espacial. El objetivo final es crear una Agencia Espacial Africana con sede en Egipto. La Unión Africana firmó un acuerdo de cooperación con el programa Copérnico de la Unión Europea en 2018, como preámbulo del lanzamiento del Programa espacial africano en 2019 (véase el capítulo 19).

La militarización del espacio se está convirtiendo rápidamente en un problema geopolítico y de seguridad de cierto calado, que complica las relaciones internacionales. La Space Force es un nuevo servicio del ejército estadounidense, cuya creación se anunció en febrero de 2019, y que formará parte de la fuerza aérea de los Estados Unidos de América. Otros países, entre los que se encuentran China, Francia y la Federación de Rusia, han comunicado la creación de comandos espaciales similares (véase el capítulo 5).

### **Investigación básica: una nueva división del trabajo**

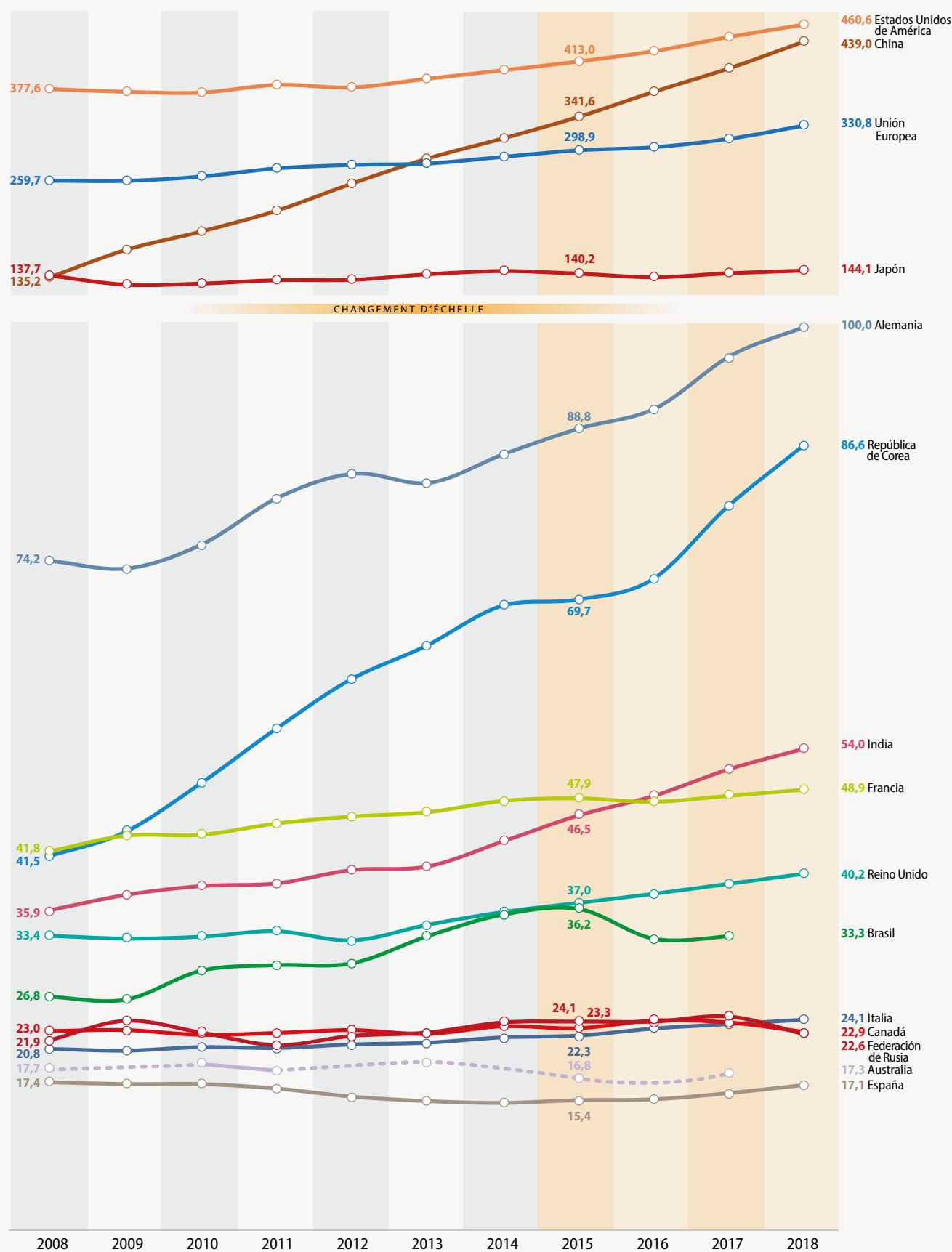
Dos líderes mundiales de la innovación, Suiza (véase el capítulo 11) y los Estados Unidos de América (véase el capítulo 5), han experimentado un notable cambio en la tradicional división del trabajo; el resultado es que el sector público se encarga de realizar y financiar la investigación básica, mientras que la investigación aplicada y el desarrollo experimental siguen siendo competencia del sector empresarial. En 2017, las empresas suizas invirtieron el 27% de sus gastos en investigación básica, el doble que en 2012. En los Estados Unidos de América, el sector empresarial financió el 30% de la investigación básica en 2017, frente al 23% en 2010; en términos monetarios, el gasto empresarial en investigación básica se ha duplicado desde 2007 en los Estados Unidos de América, aun cuando los niveles de financiación federales se han mantenido estables (desde 2011).

Esta tendencia puede ser consecuencia, en parte, de la avalancha de macrodatos que se genera a través de la investigación básica y que constituye un componente cada vez más vital de la I+D aplicada. Los macrodatos son fundamentales para las empresas tecnológicas que abarcan campos tan variados como las redes sociales, la industria automovilística y aeronáutica o incluso la farmacéutica. La inteligencia artificial se utiliza, por ejemplo, para determinar la estructura de los átomos y las moléculas utilizadas en aplicaciones industriales en el ámbito de las ciencias de los materiales y los productos farmacéuticos (diseño computacional de medicamentos).



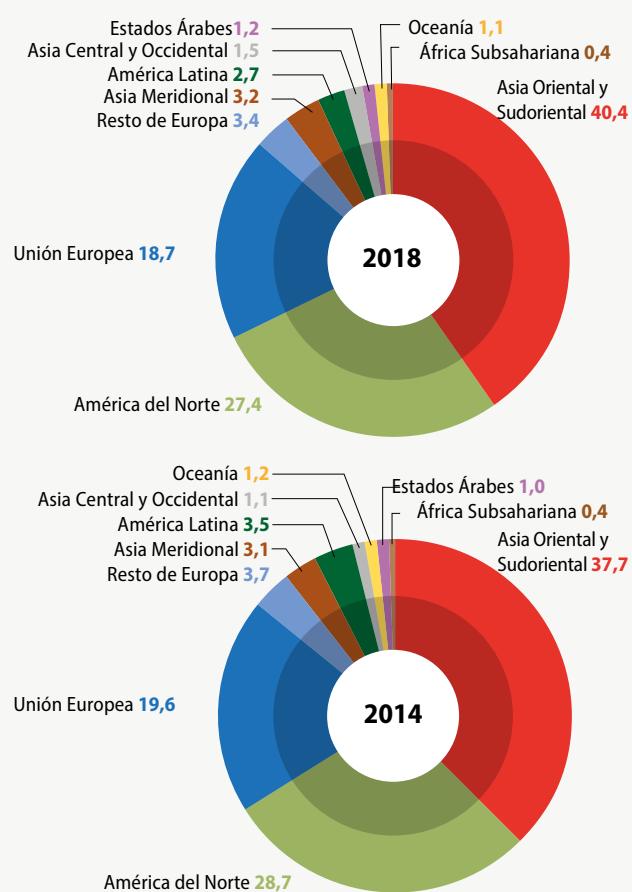
Figura 1.8: Tendencias en materia de gasto en investigación

Los 15 países con mayor gasto interno bruto en I+D, 2008-2018  
En miles de millones de dólares en PPA (precios constantes de 2005)



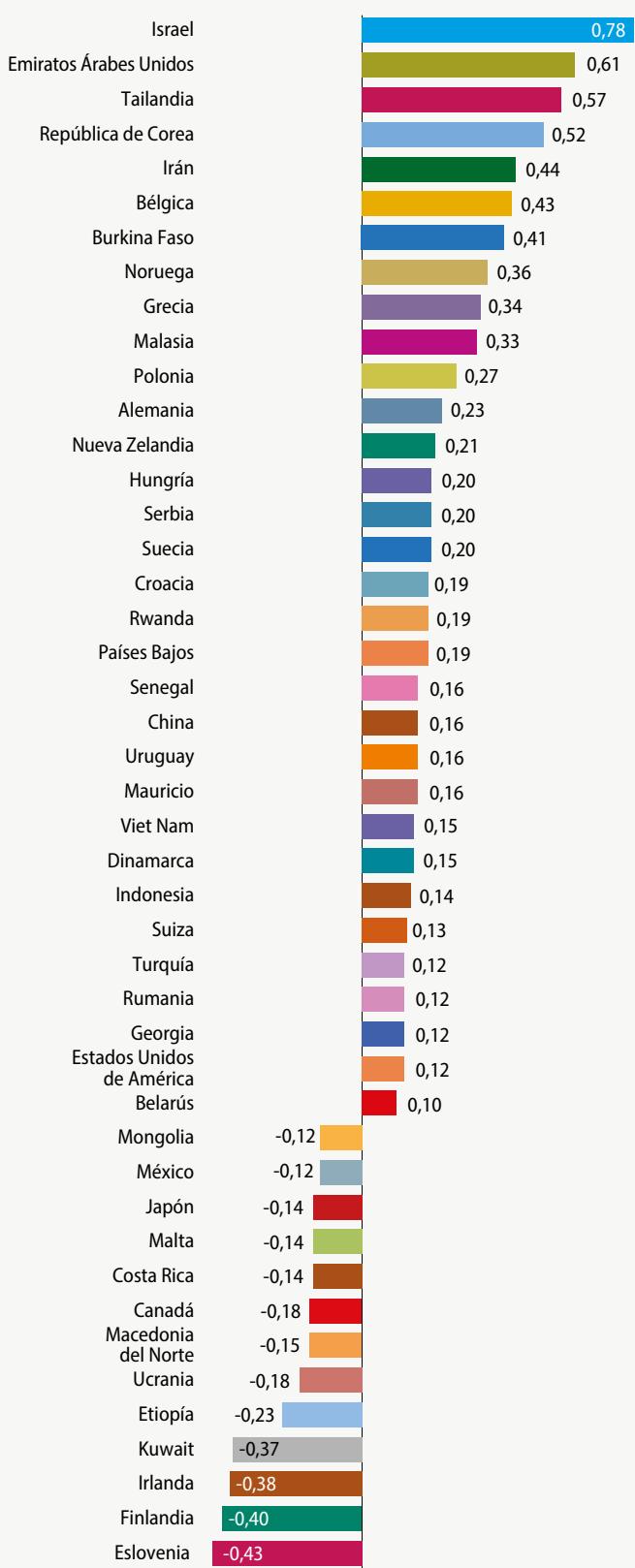
Nota: Alemania, Francia, Italia, España y el Reino Unido también se tienen en cuenta en el valor de la Unión Europea (UE).

### Parte mundial del GBID por región, 2014 y 2018 (%)



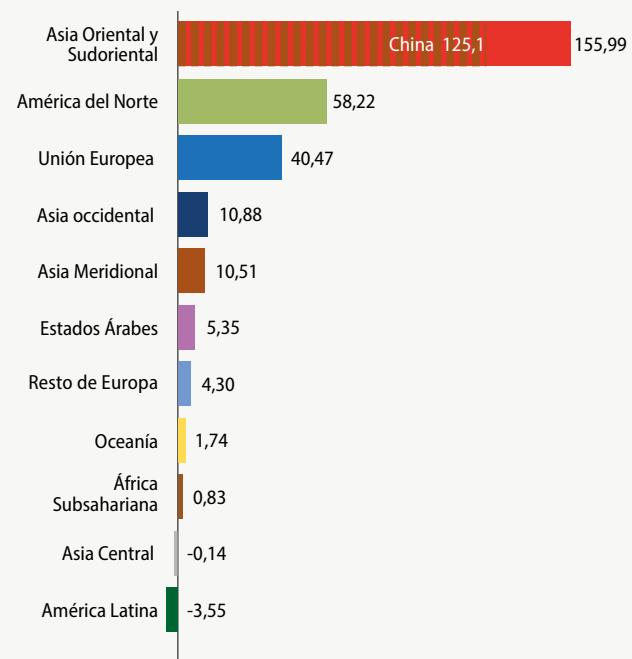
### Evolución del gasto en investigación como parte del PIB, 2014 y 2018 (%)

Entre los países que presentan una diferencia de al menos ±0,10% del PIB



### Evolución del gasto en investigación por región, 2014-2018

En miles de millones en PPA

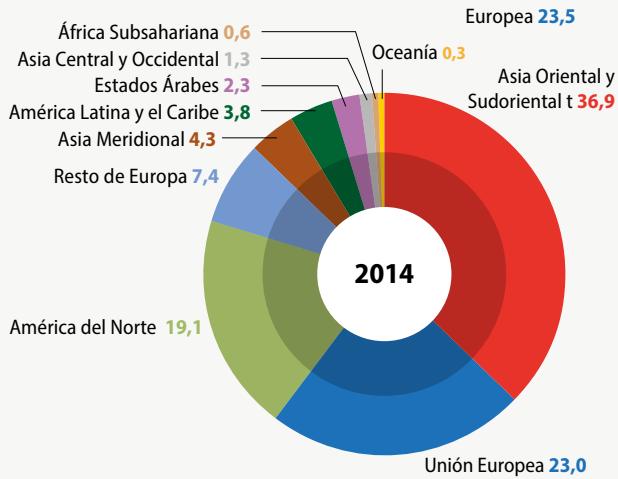
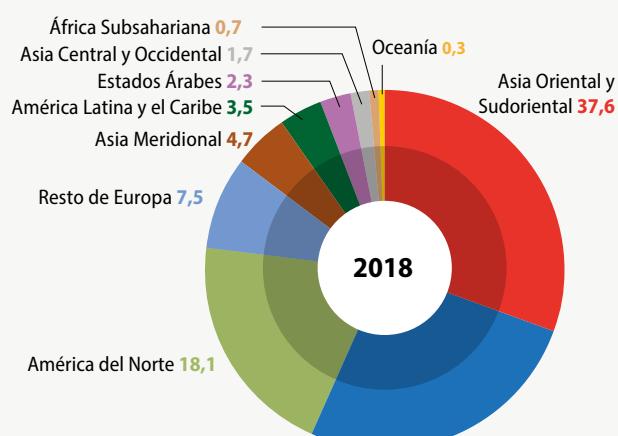


Fuente: estimaciones mundiales y regionales basadas en datos nacionales del Instituto de Estadística de la UNESCO, agosto de 2020, sin extrapolación.



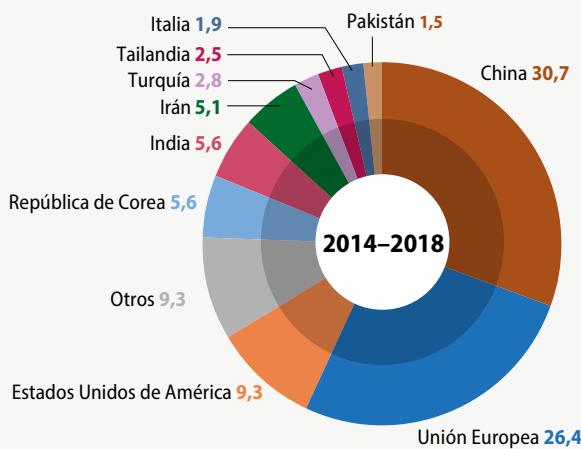
Figura 1.9: Tendencias mundiales en relación con los investigadores (ETC)

Parte del total mundial de investigadores por región, 2015 y 2018 (%)



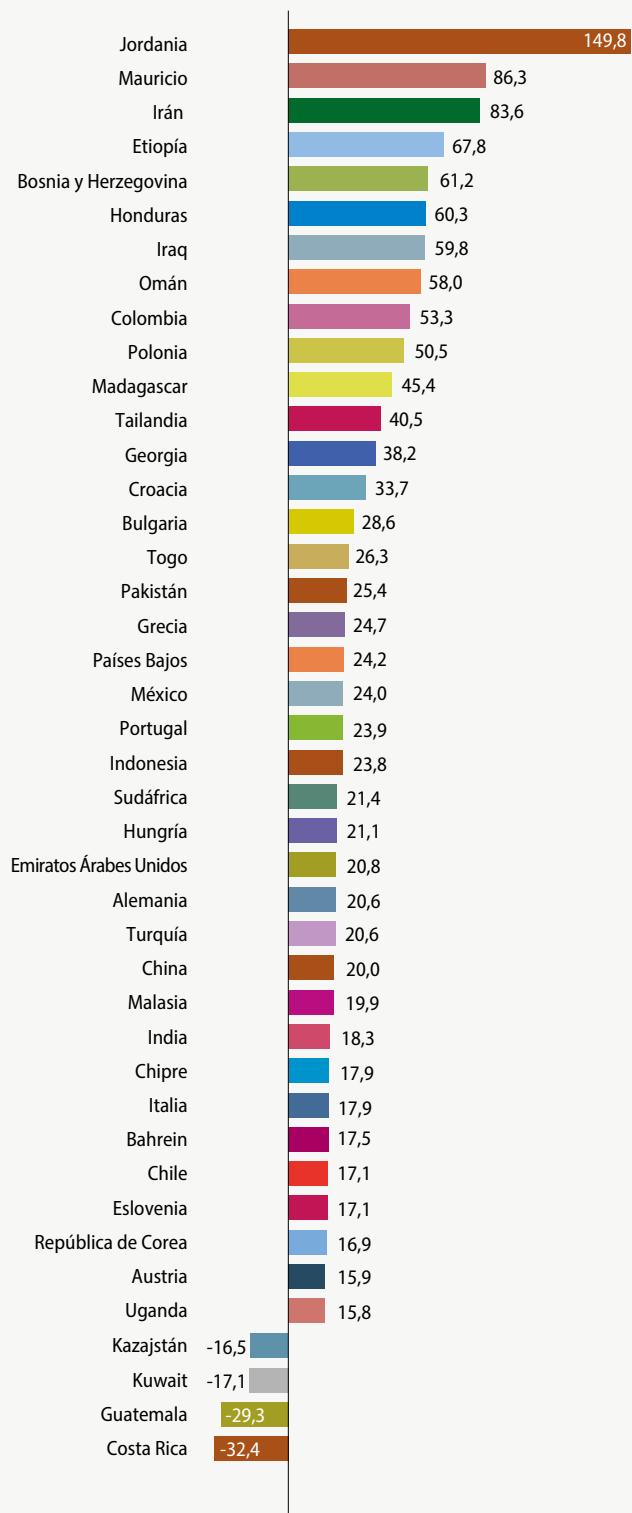
Contribución al incremento del número de investigadores en el mundo, 2014-2018 (%)

Los diez primeros contribuyentes y el resto del mundo



Evolución del número de investigadores (ETC) por millón de habitantes, 2014-2018 (%)

Entre los países que presentan una evolución de al menos un 15%



Fuente: estimaciones mundiales y regionales basadas en los datos nacionales del Instituto de Estadística de la UNESCO, agosto de 2020, sin extrapolación; para la población: indicador del desarrollo mundial del Banco Mundial, agosto de 2020.

Los macrodatos son un recurso esencial para el sector de la salud, que constituye un importante motor económico tanto para Suiza como para los Estados Unidos de América. A medida que el costo de la secuenciación del genoma se ha reducido gracias a la creciente sofisticación de las tecnologías relacionadas, los programas han producido torrentes de datos sobre genomas humanos individuales, lo que ha generado una industria farmacogenética que está en pleno auge. La medicina de precisión personaliza los tratamientos adaptándolos al genoma único del paciente. En 2019, el 25% de las 48 nuevas entidades moleculares aprobadas por el Centro de evaluación e investigación de medicamentos de la Administración de Alimentos y Medicamentos de los Estados Unidos de América fueron medicamentos personalizados, según la Personalized Medicine Coalition (Coalición de medicina personalizada). Para analizar este creciente volumen de datos, las empresas farmacéuticas dependerán en gran medida de la inteligencia artificial y la computación en la nube, lo que les obligará a colaborar cada vez más con los gigantes de los datos (véase el capítulo 5).

## TENDENCIAS EN RELACIÓN CON LOS INVESTIGADORES

### Aumento de la densidad de investigadores

Entre 2014 y 2018, el número de investigadores creció tres veces más rápido (13,7%) que la población global (4,6%). Esto se traduce en 8,854 millones de investigadores equivalentes a tiempo completo (ETC). Sin China, el aumento del número de investigadores (11,5%) habría sido solo el doble de la tasa de crecimiento demográfico (5,2%).

En 2018, China representaba el 21,1% de los investigadores mundiales, apenas por debajo del porcentaje de la UE, que era del 23,5%. Los Estados Unidos de América representaba el 16,2% (2017).

Las economías de bajos ingresos han experimentado el crecimiento más rápido en cuanto a densidad de investigadores (+36%) desde 2014, pero siguen representando solo el 0,2% de los investigadores del mundo.

Algunos de los cambios porcentuales más significativos se producen en países en desarrollo, como Jordania, Mauricio, Irán y Etiopía (figura 1.9).

En 2014, América Latina superó el umbral simbólico de 1 investigador por cada 1 000 empleados. Tres años después, la media regional había subido a 1,03. La Argentina tiene la mayor proporción de investigadores (2,91), seguida del Brasil, Chile, Costa Rica y el Uruguay. El estancamiento del crecimiento de la actividad investigadora en algunos países podría comprometer estos avances.

### Medidas para mejorar la condición de los investigadores

El éxodo intelectual sigue siendo un problema crónico para numerosos países cuyo gasto en investigación es bajo o está estancado. En Asia Central, los gobiernos que se enfrentan a este fenómeno y al envejecimiento de la comunidad investigadora intentan mejorar la situación de los investigadores con medidas como aumentos salariales, la concesión de becas de investigación competitivas y la

intensificación de los intercambios con socios institucionales del extranjero (véase el capítulo 14).

El éxodo intelectual es un grave problema en el sureste de Europa, ya que los jóvenes se ven atraídos por los países más prósperos de la Unión Europea. Ante esta infrautilización de las competencias científicas y técnicas, los gobiernos se comprometen a invertir más en investigación e innovación a partir de ahora. Serbia está a punto de alcanzar su objetivo del 1% de actividad de investigación (véase el capítulo 10).

Entre 2014 y 2018, el gasto en investigación de la Federación de Rusia cayó un 6% a precios constantes y el conjunto de investigadores (en ETC) se redujo un 9,5%. En 2018, la edad media de los investigadores rusos era de 47 años y casi uno de cada cuatro había alcanzado la edad de jubilación. La introducción de políticas de crecimiento salarial y de diversos programas de becas de investigación dirigidos al grupo de edad más joven tiene por objeto invertir esta tendencia (véase el capítulo 13).

### Las mujeres son minoría en los ámbitos de la Industria 4.0

Las mujeres representaban uno de cada tres (33%) investigadores en 2018. En las ciencias de la vida, las mujeres han alcanzado la paridad (en número) en diversos países y, en algunos casos, incluso son mayoría. Sin embargo, solo representan una cuarta parte (28%) de los titulados superiores en ingeniería y el 40% en informática. Solo el 22% de los profesionales que trabajan en el ámbito de la inteligencia artificial son mujeres. La ironía es que estos ámbitos no solo son el motor de la cuarta revolución industrial, sino que también se caracterizan por la escasez especialistas. Las mujeres siguen siendo una minoría en los puestos técnicos y de liderazgo en las empresas tecnológicas. En los Estados Unidos de América, la principal razón que esgrimen las mujeres para dejar su trabajo en el sector tecnológico es la sensación de estar infravaloradas (véase el capítulo 3).

En el sector empresarial, menos de uno de cada cuatro investigadores es una mujer, y cuando las mujeres crean su propia empresa tienen dificultades para acceder a la financiación. En 2019, solo el 2% del capital riesgo se destinó a empresas emergentes fundadas por mujeres. Determinados países han presentado medidas para apoyar a las mujeres empresarias. Por ejemplo, Chile introdujo en 2008 un programa de capital humano para la innovación en las empresas dirigidas por mujeres. Este plan ofrece a las empresas tecnológicas emergentes fundadas por mujeres una cofinanciación de hasta 30 millones de pesos (unos 40 000 dólares estadounidenses) con el fin de ayudarlas a contratar personal para un proyecto determinado; la financiación cubre el 80% del costo de contratación para los hombres y el 90% para las mujeres (véase el capítulo 3).

## TENDENCIAS EN MATERIA DE PATENTES

### China abre su mercado interior

En 2019, China fue el país que más patentes recibió de las cinco principales oficinas de patentes: 29% (figura 1.10). Los porcentajes de patentes de los Estados Unidos de América (20%) y la Unión Europea (14%) se mantuvieron estables,

mientras que la cuota del Japón cayó al 18%, frente al 23% en 2015. La tendencia observada en el Japón puede estar relacionada con la decisión de la Oficina de Patentes de este país de aumentar las tasas para incentivar los inventores a ser más selectivos en sus solicitudes de patentes.

Suele haber una estrecha correlación entre el tamaño de la actividad investigadora de un país y su rendimiento innovador. En la mayoría de los países con una alta actividad de investigación, el sector empresarial asume más de la mitad del gasto en investigación. En 2018, el Japón y la República de Corea registraron una actividad de investigación del 3,3% y el 4,5% respectivamente. El sector empresarial financió el 78% de la investigación en Japón y el 76% en la República de Corea (véanse los capítulos 24 y 25). Estos dos países concentran el mayor número de patentes del mundo (figura 1.11).

Mediante su Ley de Inversiones Extranjeras, que entró en vigor el 1 de enero de 2020, el Gobierno chino aprobó una legislación histórica que permite abrir el mercado nacional y garantizar unas condiciones equitativas a las empresas extranjeras que compiten con las empresas estatales y las sociedades privadas.

El tema de la protección y el cumplimiento de la propiedad intelectual ha complicado las negociaciones comerciales entre China y los Estados Unidos de América durante cierto tiempo, pero las propias industrias estratégicas chinas aspiran a una mejor protección de su propiedad intelectual por el Gobierno. En consecuencia, se modificaron las leyes sobre competencia desleal y sobre patentes en 2019 y 2020 respectivamente. Tras la creación de los primeros tribunales especializados en propiedad intelectual en Beijing, Shanghái y Guangzhou a finales de 2014, se instituyeron 20 tribunales de este tipo en varias provincias entre 2017 y 2020, y se estableció un nuevo tribunal nacional de propiedad intelectual en el Tribunal Supremo el 1 de enero de 2019 (véase el capítulo 23).

#### Reformas para facilitar la solicitud de patentes

El creciente interés por la innovación da lugar a que cada vez más gobiernos adopten leyes que faciliten la protección de la propiedad intelectual para las empresas emergentes y otras compañías (por ejemplo, en Liberia, Myanmar, Namibia, Uzbekistán y Viet Nam). En Liberia, la aprobación de la ley sobre la propiedad intelectual en 2016 se produjo tras la creación del Fondo de Innovación de Liberia para el Emprendimiento (2015), que fue financiado en colaboración con el Gobierno del Japón. Entre 2015 y 2019, las cinco principales oficinas de patentes concedieron 23 patentes a inventores liberianos. En 2018, los ministros de la Comunidad de África Meridional para el Desarrollo adoptaron un marco subregional de propiedad intelectual para fomentar la cooperación mutua en la reforma de los regímenes nacionales de propiedad intelectual.

En todo el mundo, los procedimientos de presentación de solicitudes de patentes pueden ser complejos y el costo de las patentes elevado. En la actualidad, las empresas

europeas tienen que solicitar la protección de patentes en los 27 Estados miembros. Una vez finalizado el proceso de ratificación del acuerdo ante un Tribunal Unificado de Patentes (2013), las empresas solo tendrán que presentar una solicitud en la Oficina Europea de Patentes. En consecuencia, se espera que se reduzcan las tasas procedimentales (véase el capítulo 9).

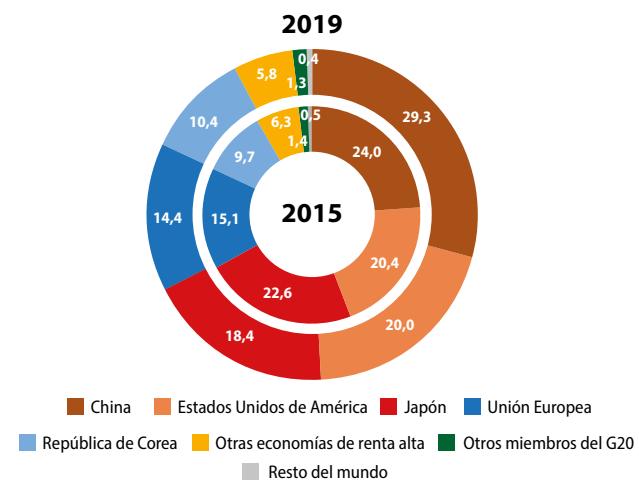
Entre 2015 y 2018, se produjo un descenso en el número de solicitudes de patentes presentadas por inventores nacionales en el Servicio Federal de Propiedad Intelectual de Rusia (Rospatent). Ante esta caída, el Gobierno redujo el importe de los derechos de patente para los solicitantes y ofreció recortes fiscales para aliviar los costos de patentes, préstamos y créditos garantizados por los derechos de propiedad intelectual. Estas ayudas también son válidas para los que presentan solicitudes de patentes en el extranjero (véase el capítulo 13).

En África, el elevado costo del registro de los derechos de propiedad intelectual y la falta de un sistema común están dificultando la obtención de patentes, a pesar del auge de los centros tecnológicos. Es poco probable que este problema se resuelva en un futuro próximo, ya que la Organización Panafricana de la Propiedad Intelectual está tardando más de lo previsto en ponerse en funcionamiento. El registro de una patente de 30 páginas y su mantenimiento durante los primeros diez años cuesta más de 37 000 dólares en la Organización Regional Africana de la Propiedad Intelectual y 30 000 dólares en



**Figura 1.10: Parte de las patentes IP5 en el mundo, 2015 y 2019 (%)**

*Los cuatro primeros países y los grupos específicos*



*Nota:* el número de patentes se calcula mediante el método de recuento completo, según los países de los inventores y los años de concesión de las patentes por las cinco oficinas de patentes, a saber, la Oficina de Patentes y Marcas de los Estados Unidos de América, la Oficina Europea de Patentes, la Oficina de Patentes de Japón, la Oficina de la Propiedad Intelectual de Corea y la Oficina Estatal de Propiedad Intelectual de la República Popular China. La suma de los países/regiones es superior al total mundial debido a que se tienen en cuenta los coinventores.

*Fuente:* PATSTAT; tratamiento de datos por Science-Metrix.

la Organización Africana de la Propiedad Intelectual. Son cifras desorbitadas si se comparan con los 5 216 dólares de Sudáfrica, los 4 330 dólares de Malasia o los 2 500 dólares del Reino Unido (véase el capítulo 19).

### **Las multinacionales extranjeras adquieren las empresas emergentes**

Menos de la mitad de las patentes obtenidas por inventores israelíes son propiedad de empresas de este país. Esto significa que los conocimientos se crean en Israel y luego se transfieren a empresas extranjeras. Cada vez más, los derechos de propiedad intelectual israelíes se obtienen mediante la adquisición de compañías y empresas emergentes israelíes. Desde 2014, los compradores corporativos más activos de empresas israelíes han sido Google, Microsoft e Intel. Esta tendencia creciente podría acarrear la migración de la producción y del empleo al extranjero (véase el capítulo 16).

En el Canadá, las empresas controladas por extranjeros representan un tercio de toda la I+D interna. La industria subcontrata cada vez más la investigación en el extranjero: el gasto en investigación externalizado por las empresas canadienses aumentó por tercer año consecutivo hasta alcanzar los 4 900 millones de dólares canadienses en 2017, según la Oficina de Estadística del Canadá. Aunque las condiciones macroeconómicas y el entorno reglamentario parecen favorecer la creación y el desarrollo de empresas, las prometedoras empresas emergentes del Canadá suelen ser adquiridas y desarrolladas en otros países. Además, los estudios realizados acerca de las empresas y los agentes del sector tecnológico del Canadá revelan asimismo que la falta de competencia y experiencia en materia de gestión de la expansión a escala internacional constituye un obstáculo fundamental (véase el capítulo 4).

Los países en desarrollo con industrias innovadoras también se ven afectados por este fenómeno. En la India, la mayoría de las patentes se refieren a productos farmacéuticos y a las tecnologías de la información. Alrededor del 85% de los cesionarios de patentes emitidas por la Oficina de Patentes de la India y la Oficina de Patentes y Marcas de los Estados Unidos de América son inventores extranjeros, normalmente representados por empresas multinacionales especializadas en tecnologías digitales (véase el capítulo 22).

**Renuncia a los derechos de patente por el bien común**  
Algunas empresas tecnológicas líderes como IBM donan algunas de sus patentes a iniciativas de código abierto, siguiendo la tendencia mundial a favor de un mayor intercambio de conocimientos (véase el capítulo 20 y el ensayo titulado “The time for open science is now”).

El 29 de mayo de 2020, Costa Rica y la Organización Mundial de la Salud pusieron en marcha un fondo común voluntario de acceso a la tecnología para luchar contra la COVID-19, que insta a la comunidad mundial a poner en común los conocimientos, la propiedad intelectual y los datos relacionados con la pandemia en un repositorio en línea (véase el capítulo 7).

## **TENDENCIAS EN MATERIA DE PUBLICACIÓN CIENTÍFICA**

### **Fuerte crecimiento de las tecnologías transversales**

La investigación sanitaria sigue dominando la producción científica, con un 33,9% de las publicaciones en 2019. De entre los principales ámbitos de investigación, las ciencias ambientales mostraron el crecimiento más rápido entre 2015 y 2019 (+45,7%), a pesar de que partían de un nivel bajo: 3,6% de la producción mundial en 2015.

A lo largo de este periodo se observa una tendencia general de incremento de la publicación científica, con una producción mundial que sube un 21% en 2019 con respecto a las cifras de 2015. Las publicaciones dedicadas a las tecnologías estratégicas transversales incluso aumentaron un 33% (figura 1.12).

Estas tendencias se manifiestan asimismo en los países de ingreso medio-bajo y de renta baja, que registraron algunas de las tasas de crecimiento más rápido en ambas categorías de publicación. En general, la producción científica creció un 71% en los países de renta baja y se disparó un 170% en el caso de las tecnologías transversales (figura 1.12).

En 2019, las tecnologías transversales representaron el 18% de la producción científica mundial, encabezada por la inteligencia artificial y la robótica (figura 1.13).

Entre 2015 y 2019, los porcentajes de publicaciones de China, la Unión Europea y los Estados Unidos de América en materia de inteligencia artificial y robótica retrocedieron a medida que los países en desarrollo impulsaban su propia producción en este ámbito (figuras 1.6 y 1.13).

A continuación, las tecnologías transversales más populares están relacionadas con la energía, seguida de la ciencia de los materiales (figuras 1.5, 1.14 y 1.15). La energía es el ámbito principal en China, Egipto, la República de Corea, la Arabia Saudita y Sudáfrica. La ciencia de los materiales ocupa el primer lugar tanto en Indonesia como en la Federación de Rusia.

El cuarto ámbito de mayor crecimiento es el de las nanociencias y la nanotecnología, gracias en gran medida a China, que produjo algo menos de la mitad de todas las publicaciones sobre este tema en 2019 (figura 1.6).

En 2019 se contabilizaron apenas 18 000 publicaciones más en el ámbito de la biotecnología que en 2015. Compárese esta cifra con las 148 000 publicaciones adicionales que se produjeron sobre inteligencia artificial y robótica durante el mismo periodo, y a las que contribuyeron países de todos los grupos de ingresos.

### **Rápida transformación del panorama de la publicación científica**

En 2019, la Unión Europea (28,6%), China (24,5%) y los Estados Unidos de América (20,5%) representaban conjuntamente las tres cuartas partes de la producción científica mundial. Otros 13 países aportaban el 1% o más de las publicaciones: la India (6,1%), el Japón (4,5%), la Federación de Rusia (3,7%), el Canadá (3,6%), Australia (3,3%), la República de Corea (3,1%), el Brasil (2,8%), Irán (2,3%), Turquía (1,6%), Suiza (1,5%), Indonesia (1,4%), Malasia (1,1%) y la Arabia Saudita (1,0%)<sup>11</sup>.

De cara al futuro, la Unión Europea sentirá más la pérdida del Reino Unido por el Brexit en términos de producción científica, ya que este país posee la mayor densidad de publicación de la UE. A cambio de una contribución financiera inicial, los científicos del Reino Unido seguirán teniendo derecho a competir por subvenciones en investigación básica del Consejo de Investigación Europeo (CEI) a partir de 2021, pero ya no podrán influir en la configuración de este programa de investigación fundamental. Entre 2014 y 2020, el Reino Unido fue el mayor beneficiario de las subvenciones del CEI y atrajo al talento europeo: el 43% de los beneficiarios del CEI con sede en el Reino Unido en 2020 eran ciudadanos de este país y otro 37% eran ciudadanos de la UE (véase el capítulo 9).

En América Latina, la producción científica del Ecuador fue la que más creció (152%). En los períodos 2012-2015 y 2016-2019, el número de publicaciones ecuatorianas en materia de inteligencia artificial y robótica se multiplicó por nueve, lo que representa una de las tasas de crecimiento más altas del mundo (figura 1.13).

Se ha producido un aumento sustancial de la participación de Indonesia en la producción mundial (0,15% en 2011 y 0,3% en 2015) y de la Arabia Saudita (0,43% en 2011 y 0,81% en 2015).

En 2017, el Gobierno indonesio vinculó la publicación de trabajos de investigación en revistas internacionales indexadas a la revisión del rendimiento de la carrera de los científicos. A medida que la producción indonesia subía, el

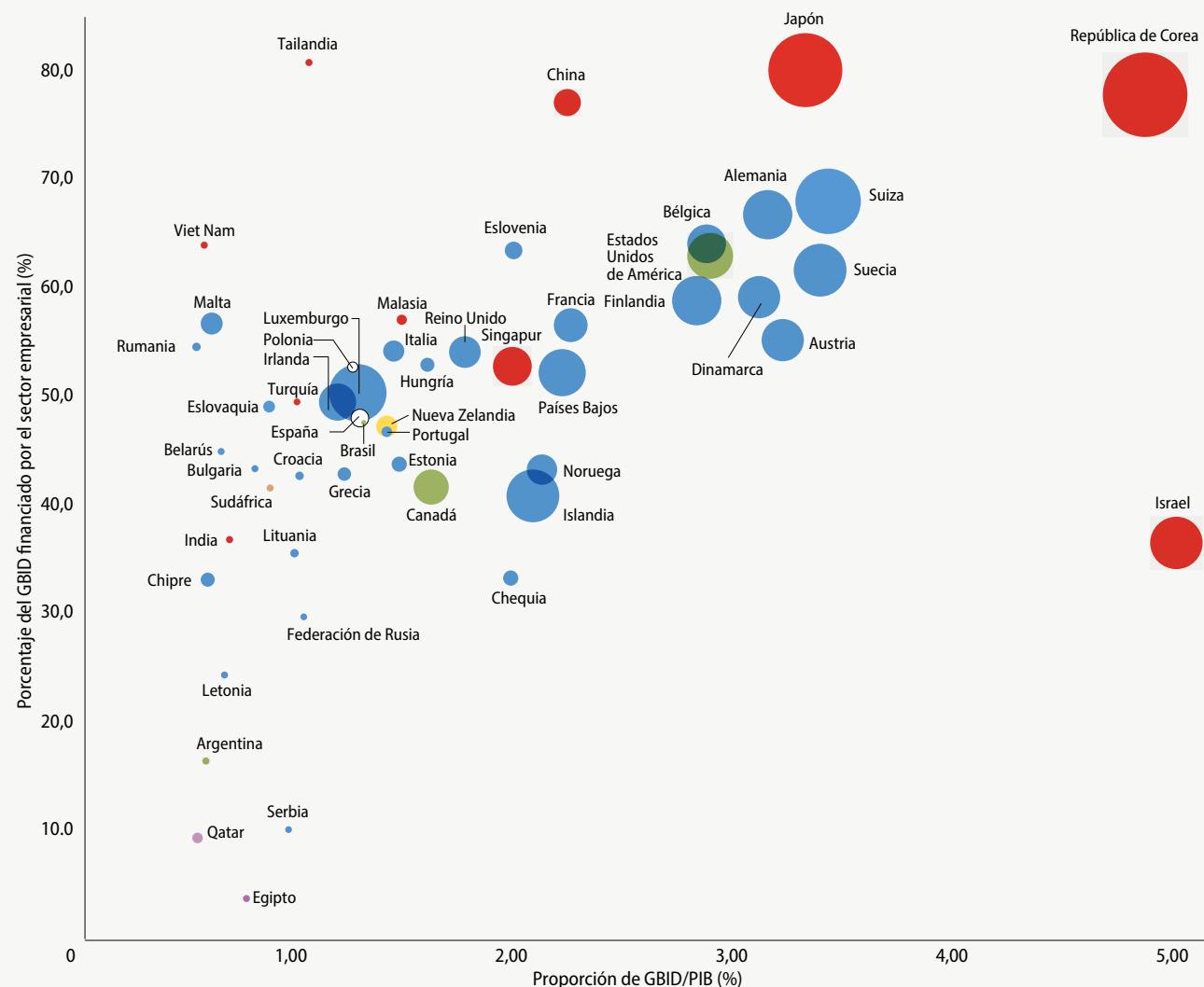


### Figura 1.11: Efecto de refuerzo mutuo en las patentes de una fuerte inversión en investigación por el gobierno y la industria, 2018 o año más próximo



**Entre los países que han registrado al menos 100 patentes IP5 y cuya actividad de investigación representaba al menos el 0,5% del PIB en 2018.**

El tamaño de los círculos es proporcional al número de patentes IP5 por millón de habitantes



porcentaje de publicaciones con colaboradores extranjeros se redujo, lo que aceleró el descenso ya precipitado desde el pico del 55% en 2012 a solo un 17% de publicaciones con coautores extranjeros en 2019.

El fuerte crecimiento de las publicaciones científicas en la Arabia Saudita (+43% entre 2015 y 2019) puede estar relacionado con la política de las universidades saudíes que contratan a científicos extranjeros muy citados. En 2019, el 76% de las publicaciones saudíes se habían elaborado en colaboración con autores extranjeros.

Según un estudio de la base de datos Web of Science, de los casi 6 100 investigadores con un elevado número de citas en todo el mundo en 2018, solo 90 tenían su sede en universidades del mundo árabe, la mayoría en la Arabia Saudita, y solo seis investigadores altamente citados eran originarios de la región árabe (véase el capítulo 17).

## TENDENCIAS EN MATERIA DE COLABORACIÓN CIENTÍFICA INTERNACIONAL

### Intensificación de la colaboración científica internacional

A nivel mundial, la tasa de colaboración científica internacional aumentó del 22% al 24% entre 2015 y 2019 (figura 1.4). Esta media oculta grandes disparidades entre grupos de ingresos y países. El crecimiento fue más rápido en los países de renta alta (del 30% al 36%). En la Unión Europea, la proporción de trabajos en coautoría con terceros países pasó del 41% al 47%. En los Estados Unidos de América, la colaboración científica internacional subió del 36% al 41% y ahora está a la par con la media de América Latina; esto parece indicar que la colaboración científica no se ha visto afectada por la retirada de los Estados Unidos de América del sistema multilateral, que se inició en 2017 siguiendo la política del America First (véase el capítulo 5). China y los Estados Unidos de América siguen siendo recíprocamente los principales socios científicos internacionales, a pesar de las tensiones en materia de comercio y tecnología (véanse los capítulos 5 y 23).

En los países de bajos ingresos, el nivel de colaboración científica internacional sigue siendo elevado (del 72% al 70%). Los modestos porcentajes de China (23%) y la India (19%) en 2019 (figura 1.4) explican la media más baja de los países de renta media alta y media baja respectivamente. Cabe destacar que China se ha convertido en uno de los cinco principales socios científicos de la India (véase el capítulo 22).

La Federación de Rusia no ha seguido la tendencia mundial, ya que su nivel de colaboración científica internacional ha descendido del 27% al 24% durante el periodo 2015-2019 (figura 1.4).

Asia Oriental y Sudoriental tienen los niveles más bajos de colaboración científica internacional, con una media inferior al 25%. Irán ha estrechado sus lazos científicos internacionales desde 2015 y la proporción de publicaciones en coautoría ha pasado del 21% al 28% (figura 1.4); esta tendencia puede ser consecuencia del levantamiento de las

sanciones económicas en 2016. Malasia (44% en 2019), el Pakistán (56%) y Singapur (71%) presentan algunos de los índices más altos de colaboración científica internacional en Asia; además, los tres han experimentado una subida de al menos el 5% desde 2015.

### El mercado de talentos y la diáspora como motores del cambio

Los países en desarrollo, deseosos de enriquecer o acrecentar su producción científica, están intentando atraer a los científicos más citados. Ha surgido un lucrativo mercado de talentos que está incrementando la remuneración de los científicos más reconocidos. Esta tendencia impulsa al alza las estadísticas nacionales en materia de publicación científica y colaboración internacional.

Otro factor que contribuye es el creciente tamaño de la diáspora. El hecho de que la Arabia Saudita sea el segundo socio científico de Pakistán se explica principalmente por los vínculos con la diáspora (véase el capítulo 21).

La diáspora incluye a los científicos que huyen de las zonas de conflicto. La producción de los científicos afiliados a instituciones sirias creció un 29% en el periodo 2015-2019. En Yemen, donde más de 43 centros científicos gubernamentales afiliados a universidades yemeníes han tenido que suspender sus operaciones tras los daños estructurales sufridos por sus instalaciones, la producción en materia de investigación pasó de 281 publicaciones en 2015 a 614 en 2019 (véase el capítulo 17 y el ensayo titulado "The integration of refugee and displaced scientists creates a win-win situation").

En Filipinas, en cambio, se ha producido una caída drástica de la colaboración científica internacional desde 2014, cuando seis de cada diez artículos tenían un coautor extranjero. El refuerzo de la Ley sobre el retorno de los científicos<sup>12</sup>, aprobada en 2018, puede explicar el descenso significativo de la coautoría con instituciones extranjeras, que pasó del 49% en 2018 al 41% solo un año después, si asumimos que gran parte de la colaboración científica internacional fue gracias a los vínculos con la diáspora.

### Las ciencias ambientales son sumamente colaborativas

La colaboración internacional es más común en el ámbito de las geociencias, donde un tercio de las publicaciones mundiales (36%) contaba con autores de más de un país en 2019, frente al 33% en 2015. Le sigue la colaboración en otras ciencias ambientales (figura 1.16); en 2019, seis de cada diez publicaciones (59%) de la Unión Europea se llevaron a cabo en el marco de asociaciones con terceros países, una proporción similar a la observada en el caso de los científicos subsaharianos (64%).

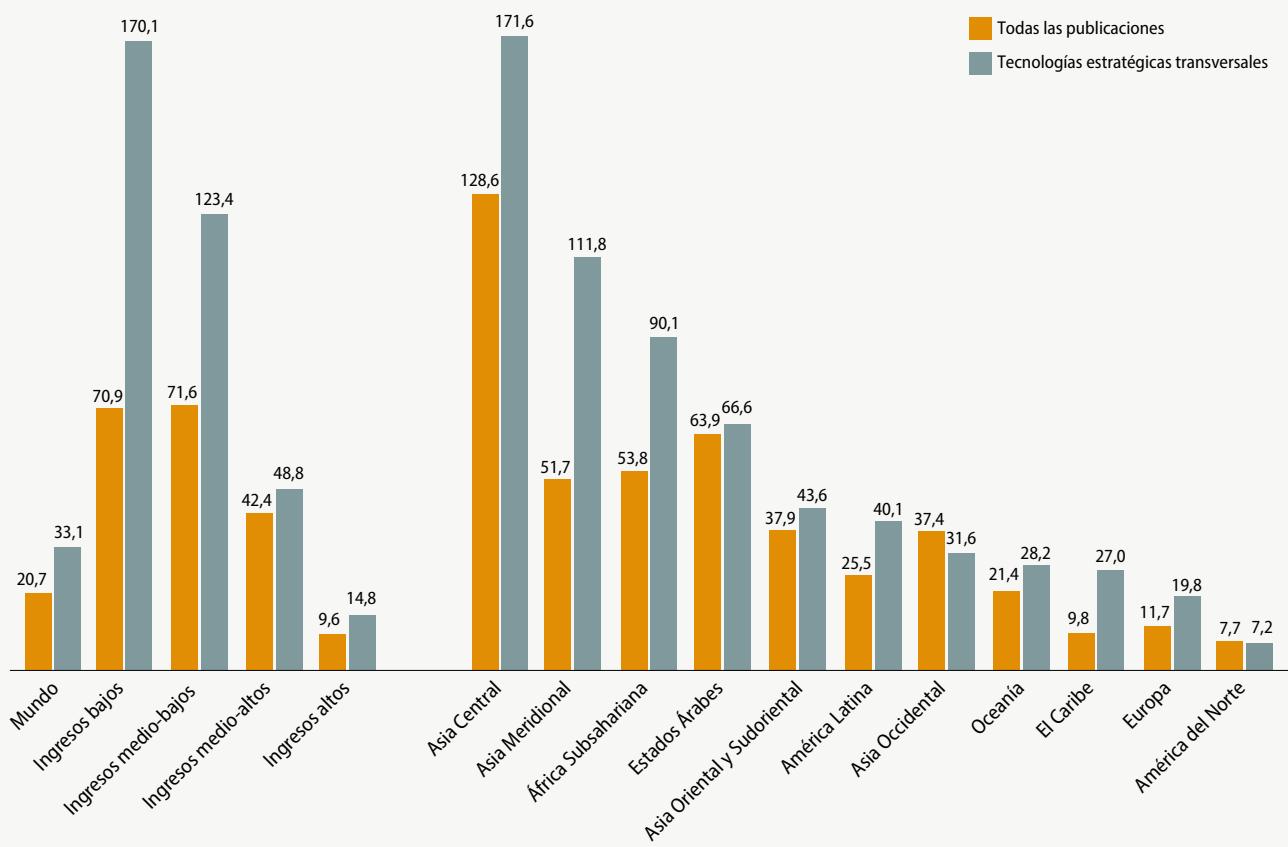
El porcentaje de colaboraciones internacionales en publicaciones sobre tecnologías estratégicas transversales e ingeniería ronda el 20% desde 2015. Las economías de renta alta han impulsado su colaboración con países de otros grupos de ingresos en relación con las tecnologías estratégicas transversales, y han pasado del 31% de las publicaciones en 2015 al 37% en 2019.



Figura 1.12: Tendencias mundiales en materia de publicaciones científicas

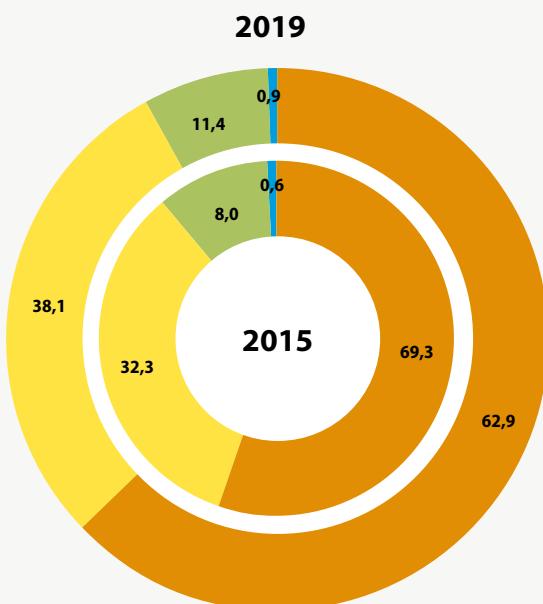
**Evolución del volumen de la producción, 2015-2019 (%)**

Por grupo de ingresos y por región



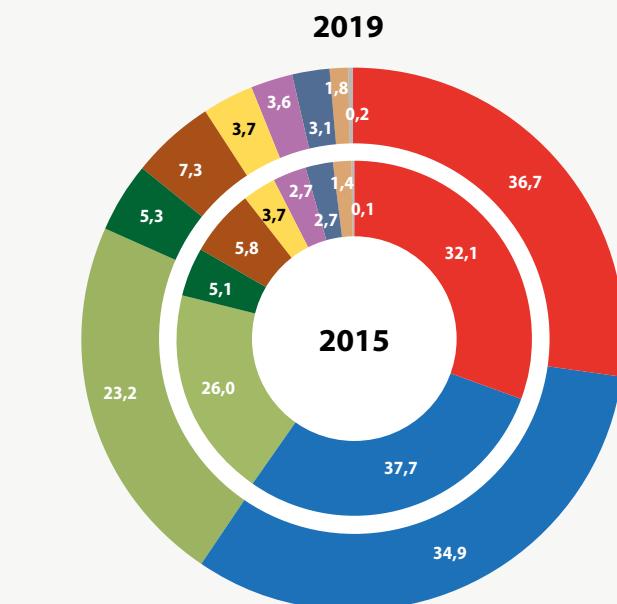
**Parte de las publicaciones científicas en el mundo, 2015 y 2019 (%)**

Por grupo de ingresos y por región



■ Ingresos altos  
■ Ingresos medio-bajos

■ Ingresos medio-altos  
■ Ingresos bajos



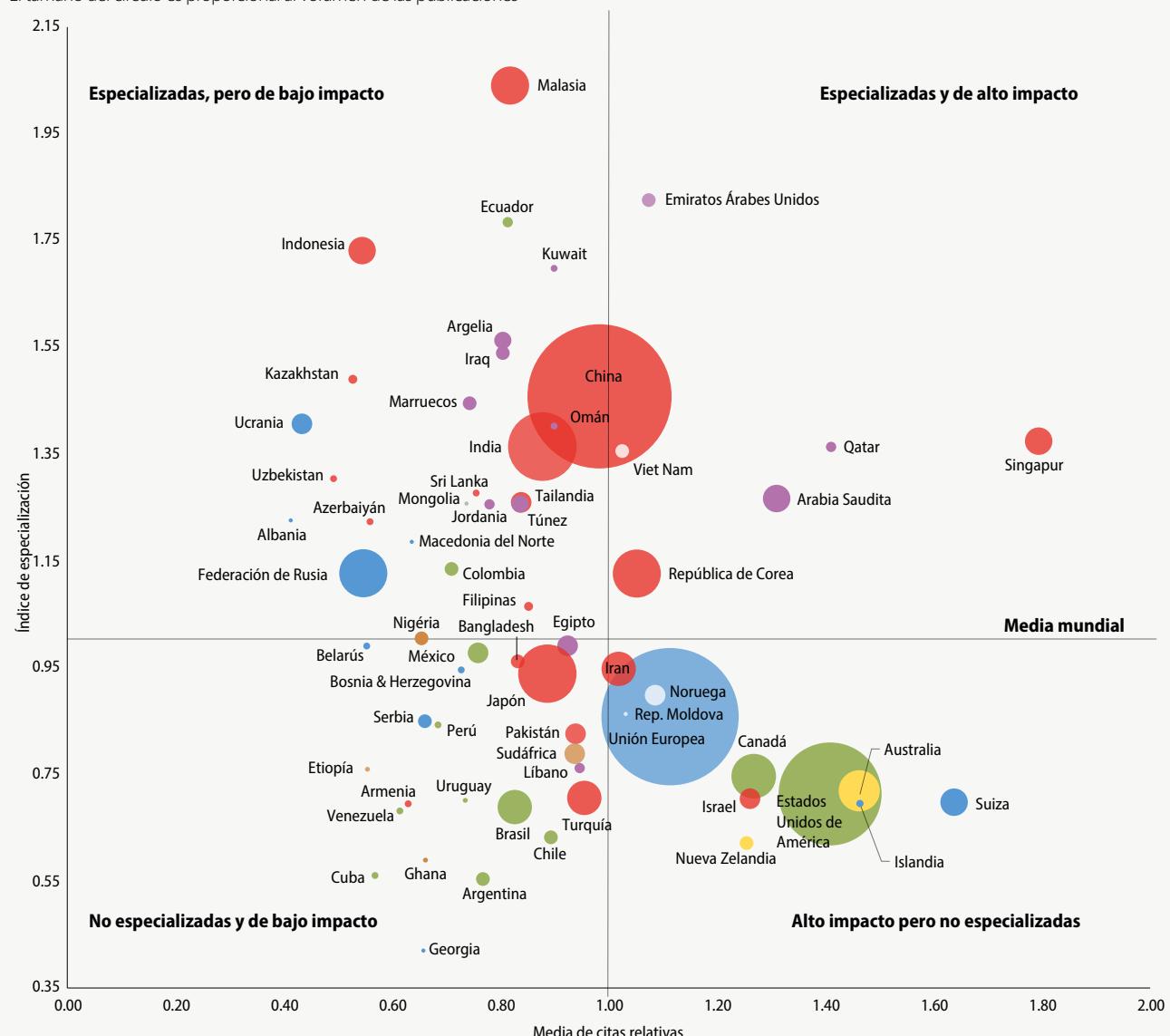
■ Asia Oriental y Sudoriental  
■ Europa  
■ América del Norte  
■ América Latina y El Caribe  
■ Asia Meridional  
■ Oceania  
■ Estados Árabes  
■ Asia Occidental  
■ África Subsahariana  
■ Asia Central

Fuente: Scopus (Elsevier), excepto artes, humanidades y ciencias sociales; tratamiento de datos por Science-Metrix.

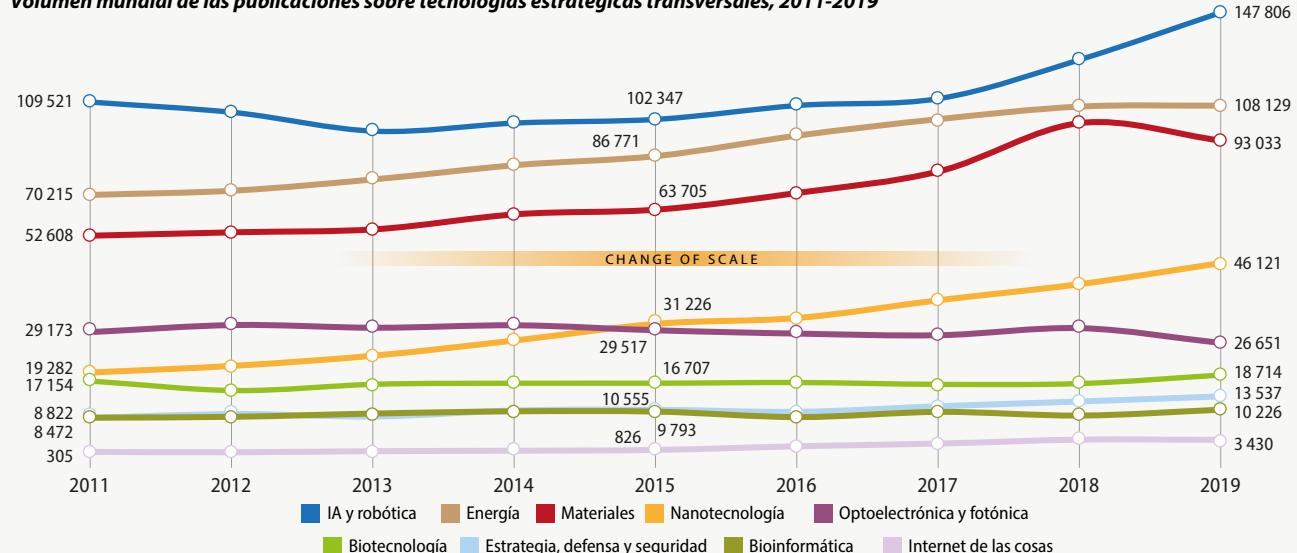
### Especialización y promedio de las citas relativas de las publicaciones sobre tecnologías estratégicas transversales, por país y por región, 2011-2019

Entre los países con al menos 1 000 publicaciones en este vasto sector en 2011-2019

El tamaño del círculo es proporcional al volumen de las publicaciones



### Volumen mundial de las publicaciones sobre tecnologías estratégicas transversales, 2011-2019



Nota: la suma de los valores regionales es superior número mundial porque los trabajos realizados por varios autores procedentes de diferentes regiones se contabilizan en cada una de las regiones en cuestión. Las tecnologías estratégicas transversales incluyen la inteligencia artificial y la robótica, la bioinformática, la biotecnología, la tecnología de cadenas de bloques, la energía, Internet de las cosas, los materiales, la nanociencia y la nanotecnología, la optoelectrónica y la fotónica, así como los estudios estratégicos, de defensa y de seguridad. Ninguna revista indexada en Scopus y especializada en tecnología de cadenas de bloques publicó artículos antes de 2018. IA es la sigla de "inteligencia artificial".

Fuente: Scopus (Elsevier), excepto artes, humanidades y ciencias sociales; tratamiento de datos por Science-Metrix.

## La ciencia puede servir a una causa común

En el Ártico, región a la que se destina una décima parte de la inversión económica rusa, la Unión Europea y la Federación de Rusia han colaborado en cuestiones como la gestión de las aguas residuales y el tratamiento de los desechos nucleares. En mayo de 2017, los ocho Estados del Ártico —el Canadá, Dinamarca, los Estados Unidos de América, la Federación de Rusia, Finlandia, Islandia, Noruega y Suecia— firmaron el Acuerdo sobre la Mejora de la Cooperación Científica Internacional en el Ártico (véase el capítulo 13).

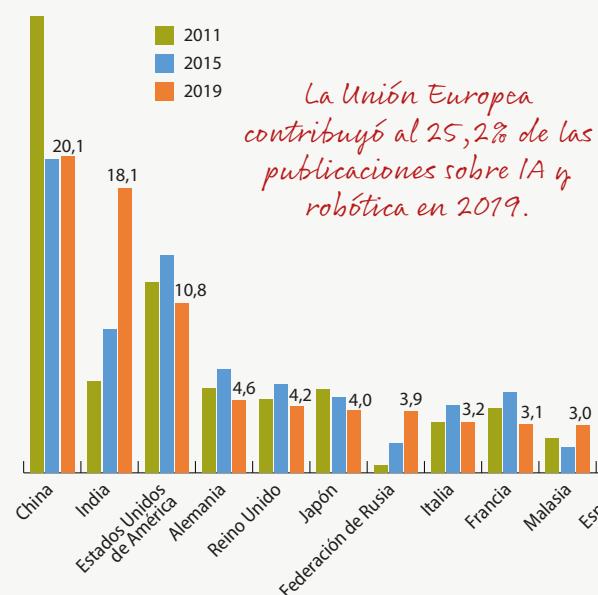
El presupuesto 2020-2021 de Nueva Zelanda asigna 35 millones de dólares neozelandeses al Catalyst Fund, que apoya las relaciones internacionales en el ámbito de la investigación. Nueva Zelanda ya participa en la Alianza Global de Investigación sobre Gases Agrícolas de Efecto Invernadero. En 2018, el país aumentó su asistencia oficial para el desarrollo en un 30%, en respuesta a las necesidades de financiación de los países en desarrollo para cumplir con la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. Alrededor del 60% de esta ayuda se destina a la región del Pacífico, donde Nueva



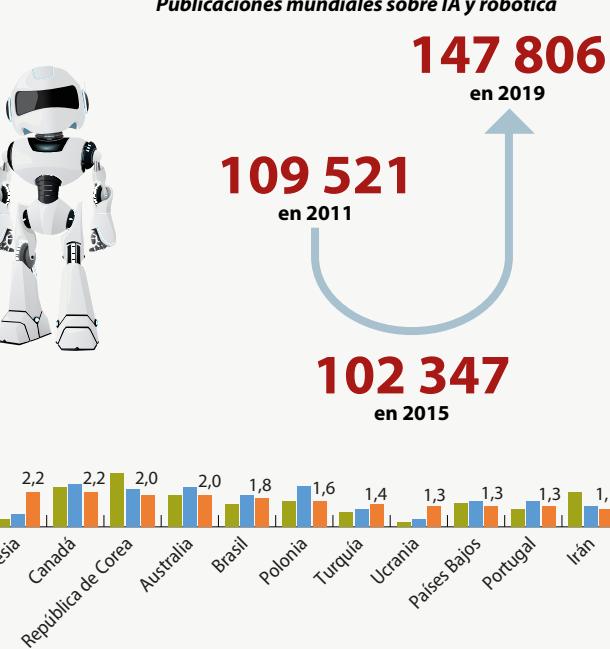
## Figura 1.13: Tendencias en relación con las publicaciones científicas sobre inteligencia artificial y robótica

### Parte de las publicaciones mundiales sobre IA y robótica, 2011, 2015 y 2019 (%)

Entre los países que contribuyeron al menos al 1% en 2019; las etiquetas de datos se refieren al año 2019.

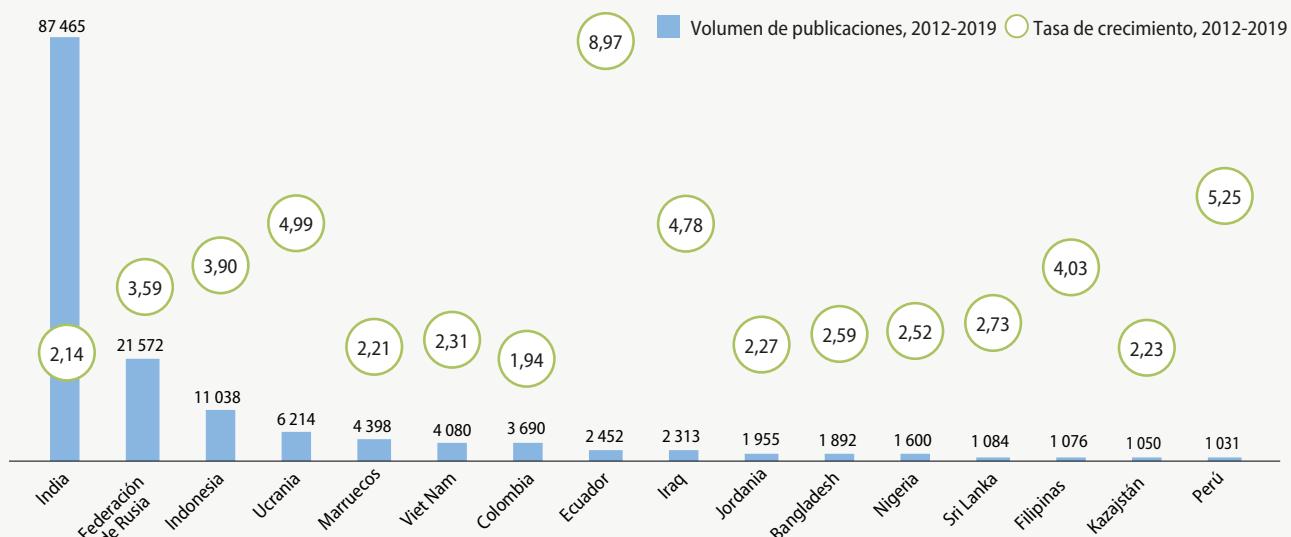


### Publicaciones mundiales sobre IA y robótica



### Los 15 países con mayor tasa de crecimiento de las publicaciones científicas sobre IA y robótica, 2012-2019

Entre los países con al menos 500 publicaciones, por orden de volumen



Nota: la tasa de crecimiento se calcula dividiendo el número de publicaciones de 2016-2019 por el número de publicaciones de 2012-2015.  
Fuente: Scopus (Elsevier), excepto artes, humanidades y ciencias sociales; tratamiento de datos por Science-Metrix.

Zelandia fue uno de los cinco principales socios científicos de las Islas Cook, Fiji, Palau, Tonga y Samoa durante el período 2017-2019. Los científicos neozelandeses fueron coautores del 64% de las publicaciones con socios extranjeros en 2019, frente al 59% anteriormente.

En el marco del *Plan de Acción de Cooperación en Ciencia, Tecnología e Innovación de la Iniciativa de la Franja y la Ruta*, anunciado por China en mayo de 2017, se crearán cinco plataformas de transferencia de tecnología en países pertenecientes a la Asociación de Naciones de Asia Sudoriental (ASEAN), el mundo árabe, Asia Central y Europa Central y Oriental, así como una serie de centros de investigación conjuntos de África (véase el capítulo 23).

A lo largo de los dos períodos 2014-2016 y 2017-2019, el número de casos en los que un país de la ASEAN fue uno de los cinco principales colaboradores de otro pasó de cinco a ocho. Durante este período de seis años, China se mantuvo como uno de los cinco principales asociados de seis países, y Australia de ocho de los diez países de la ASEAN.

#### **Mayor colaboración científica intrarregional**

En general se observa una tendencia a una mayor colaboración científica intrarregional. Por ejemplo, el Brasil y el Perú figuran entre los cinco principales socios científicos de Colombia. Ghana se convirtió en uno de los cinco principales colaboradores de Burkina Faso, Liberia y Sierra Leona en 2017-2019. Uganda estuvo entre los cinco primeros colaboradores de ocho países subsaharianos, y Sudáfrica de hasta 23 países en el mismo período.

En Sudáfrica, el porcentaje de publicaciones con coautoría internacional pasó del 54% al 57% desde 2015. La Fundación Nacional de Investigación de Sudáfrica es uno de los tres patrocinadores de la Iniciativa de Consejos de Subvención Científica creada en 2016, junto con el Centro de Investigaciones para el Desarrollo Internacional del Canadá y el Departamento de Desarrollo Internacional del Reino Unido. En el marco de esta iniciativa, el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de Malawi publicó convocatorias de colaboración para la investigación agrícola con Mozambique y Zimbabwe en 2019. En agosto de 2020, el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología lanzó una convocatoria trilateral de propuestas de investigación sobre energías renovables con Zambia y Mozambique (véase el capítulo 20). En Burkina Faso, el Fondo Nacional de Investigación e Innovación para el Desarrollo (FONRID, creado en 2011) se ha asociado con Senegal para obtener subvenciones de investigación conjuntas en materia de alimentación y agricultura a través de la Iniciativa de Consejos de Subvención Científica (véase el capítulo 18).

La propia Comunidad Económica de los Estados de África Occidental (CEDEAO) fomenta la colaboración y la movilidad científica subregional. Desde 2018, su programa de apoyo a la investigación y la innovación concede subvenciones anuales mediante concursos a equipos de investigación de la subregión, y se centra en la investigación para la resolución de problemas (véase el capítulo 18).

## **ANÁLISIS DETENIDO DE LOS PAÍSES Y REGIONES**

En el **Canadá** (capítulo 4) se está reactivando la infraestructura pública de investigación tras años de declive. El Gobierno ha invertido en nuevas instalaciones de investigación, y se están poniendo a prueba formas novedosas de cooperación entre los laboratorios federales, el mundo académico y las empresas.

El gasto en I+D industrial como porcentaje del PIB solo representa la mitad de la media de la OCDE. El Gobierno ha puesto en marcha diversas iniciativas para corregir esta situación. En el marco del Plan de Innovación y Competencias (2017) se creó el Fondo de Innovación Estratégica, con miras a fomentar la innovación mediante proyectos a gran escala con la industria. A principios de 2020, este había financiado más de 65 proyectos por un total de 2 200 millones de dólares canadienses.

En 2017, el Gobierno instó a las empresas canadienses a asociarse con instituciones de investigación para formular estrategias de innovación “audaces y ambiciosas”, como parte de la iniciativa de supercentros de innovación, centrada en la economía oceánica, la manufactura de nueva generación, la tecnología digital, las industrias de proteínas y la inteligencia artificial (IA).

De acuerdo con los grupos industriales, el Gobierno federal y los gobiernos provinciales actúan según una visión lineal de la innovación basada en la oferta. Este problema resulta particularmente difícil de resolver debido a la falta de una estrategia nacional de CTI, que hace que las provincias y los territorios apliquen sus propias estrategias y programas.

El Comité de Coordinación de la Investigación del Canadá, de reciente creación, se propone mejorar la coordinación a nivel federal, en particular por conducto del Fondo de nuevas fronteras en la investigación, destinado a aumentar el apoyo federal a la investigación de alto riesgo, que puede resultar muy innovadora.

Mediante la *Estrategia Pancanadiense de Inteligencia Artificial* (2017) se destinan fondos al incremento del número de investigadores y licenciados cualificados destacados en materia de IA. El Canadá lucha por asumir un papel de liderazgo en el diálogo internacional sobre las posibles repercusiones sociales de la IA.

El Canadá se fijó el objetivo de alcanzar la neutralidad en emisiones de carbono de aquí a 2050, con hitos quinqueniales establecidos por ley. Se prevé eliminar gradualmente el carbón de aquí a 2030, pero cabe esperar que la producción de petróleo crudo aumente en un 50% entre 2018 y 2040. El Gobierno pretende imponer un impuesto de 50 dólares canadienses por cada tonelada de emisiones contaminantes de dióxido de carbono de aquí a 2022.

En 2016, el Gobierno adoptó un Plan de Protección de los Océanos dotado con un total de 1 500 millones de dólares canadienses. En 2018, casi el 14% de las zonas marinas y costeras estaban protegidas, en comparación con cerca del 1% en 2015.

El Canadá también creó un *Marco Normativo para las Regiones Septentrionales y Árticas* (2019). Polar Knowledge Canada, una entidad federal, financia proyectos de investigación innovadores para respaldar la adaptación al cambio climático y la atenuación de sus efectos, entre otras cosas por conducto de observatorios comunitarios para la investigación conjunta con las comunidades indígenas.

En los **Estados Unidos de América** (capítulo 5), la adopción de la prioridad *America First* en 2017 trajo consigo nuevos objetivos políticos sectoriales, como la reducción del déficit de la balanza comercial de bienes estadounidenses con sus principales socios comerciales mediante la imposición de aranceles.

El conflicto comercial con China desde 2018 se ha extendido a los sectores de la alta tecnología, la transferencia de tecnología y la protección de la propiedad intelectual, lo que plantea un riesgo real de desvinculación de ambos países en términos de tecnología y talentos.

En términos más generales, existe un amplio consenso entre los organismos federales y los poderes ejecutivo y legislativo sobre la necesidad de que los Estados Unidos se adapten a un entorno internacional cada vez más competitivo.

En consecuencia, el Gobierno federal ha dado prioridad a las tecnologías digitales clave que se consideran fundamentales para la competitividad económica y la ciberseguridad del país, como la inteligencia artificial (IA), la información y



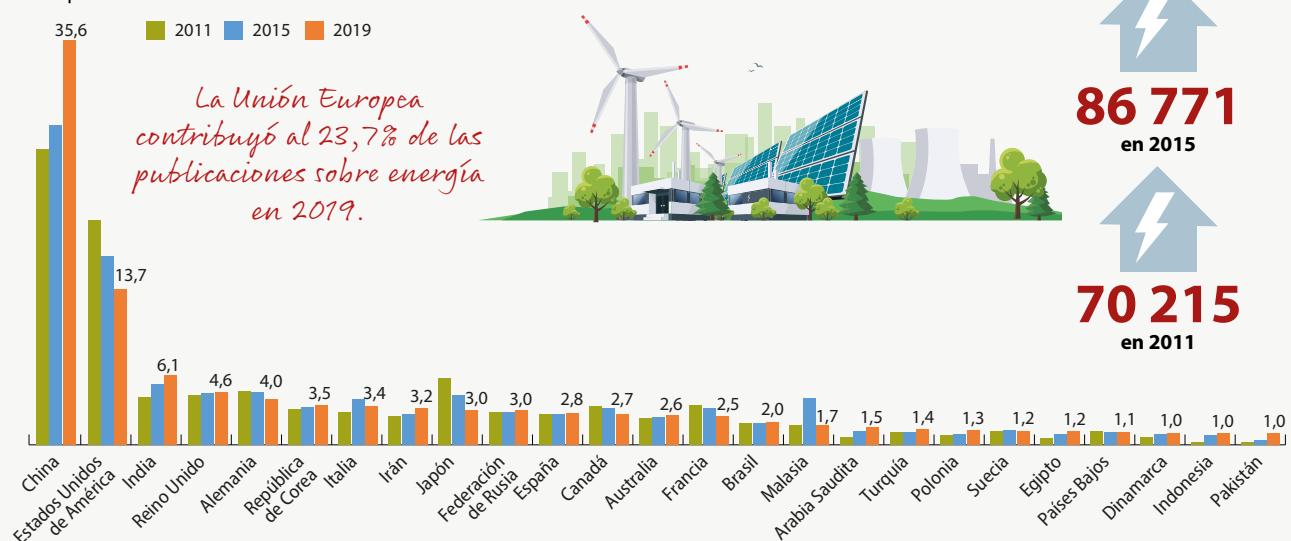
### Figura 1.14: Tendencias en relación con las publicaciones científicas sobre energía

#### Parte de las publicaciones mundiales sobre energía, 2011, 2015 y 2019 (%)

Entre los países que contribuyeron al menos al 1% en 2019; las etiquetas de datos se refieren al año 2019.

35,6 2011 2015 2019

La Unión Europea contribuyó al 23,7% de las publicaciones sobre energía en 2019.



#### Publicaciones mundiales sobre energía

108 129  
en 2019



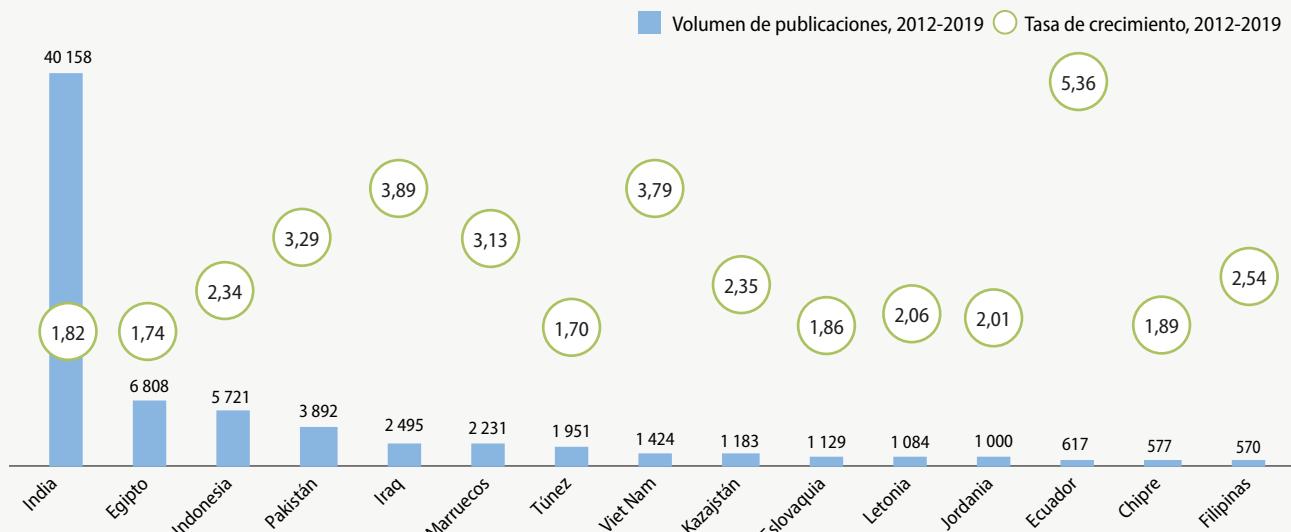
86 771  
en 2015



70 215  
en 2011

#### Los 15 países con mayor tasa de crecimiento de las publicaciones científicas sobre energía, 2012-2019

Entre los países con al menos 500 publicaciones, por orden de volumen



Nota: la tasa de crecimiento se calcula dividiendo el número de publicaciones de 2016-2019 por el número de publicaciones de 2012-2015.

Fuente: Scopus (Elsevier), excepto artes, humanidades y ciencias sociales; tratamiento de datos por Science-Metrix

comunicación cuántica y la tecnología avanzada de redes móviles. El primer *Plan Estratégico Nacional de Investigación y Desarrollo sobre Inteligencia Artificial* se publicó en 2016. Cuatro años más tarde, el Gobierno federal anunció que se había propuesto duplicar en 2022 la inversión pública en investigación sobre información y comunicación cuántica e IA con respecto al año de referencia 2019.

El sector espacial ha vuelto a convertirse en una prioridad, tal y como se refleja en la política espacial nacional de 2017. La NASA fue uno de los únicos cuatro organismos que se beneficiaron de un aumento de la financiación pública en la propuesta presupuestaria para 2021. Las alianzas público-privadas en las que participa la NASA han sido cruciales para el desarrollo de la industria espacial privada.

La política *America First* ha llevado a los Estados Unidos a retirarse de varios acuerdos multilaterales, incluido el Acuerdo de París. No obstante, varios Estados decidieron respetar su propio compromiso en favor de la acción climática, y la nueva administración hizo que los Estados Unidos volvieran al Acuerdo de París en febrero de 2021.

Entre 2017 y 2019, el Gobierno anuló más de 90 dispositivos de protección ambiental. Estas decisiones, sumadas a los avances tecnológicos que han reducido el precio del gas natural y las energías renovables, dieron un mayor impulso al petróleo, el gas natural y las energías renovables, respaldado por generosos incentivos fiscales y un aumento del 22% del presupuesto de investigación del Departamento de Energía entre 2015 y 2020.

A pesar de que la atención sanitaria haya representado alrededor del 18% del PIB en 2017, los problemas de acceso y equidad persisten. Lo que es más, se espera que la parte de la asistencia sanitaria financiada por el Gobierno federal y los gobiernos estatales y locales se incremente hasta el 47% de aquí a 2028, una evolución que resulta insostenible. La medicina de precisión está abriendo una amplia gama de posibilidades terapéuticas, pero se acompaña de una subida de los costos de la atención médica. Habida cuenta del auge de la farmacogenética, las empresas farmacéuticas tendrán que estrechar su colaboración con los gigantes de los datos en el futuro.

En 2020 se estaban realizando exámenes antimonopolio independientes de los cinco principales gigantes de la tecnología digital, en respuesta a la preocupación creciente que suscita su influencia en la sociedad, la economía y la política.

La pandemia de COVID-19 ha causado la muerte de más de medio millón de ciudadanos estadounidenses. A pesar de la pandemia, y de que el volumen del capital riesgo disponible para las empresas emergentes se redujo, el número de nuevas empresas registradas se disparó en 2020.

El costo creciente de los desastres naturales ha sentado las bases para que la Comunidad del Caribe (**CARICOM**, capítulo 6) emprenda iniciativas colectivas audaces en diversas esferas, como la resiliencia ante el clima y la innovación ecológica. Para aliviar la carga financiera y ecológica de las costosas importaciones de combustibles fósiles, el Fondo Verde para

el Clima está respaldando, por ejemplo, un proyecto de ocho años para el desarrollo de recursos geotérmicos en Dominica, Granada, Saint Kitts y Nevis, Santa Lucía y San Vicente y las Granadinas.

Guyana tiene previsto aprovechar las reservas de petróleo y gas costa afuera descubiertas recientemente por ExxonMobil para desarrollar fuentes de energía renovables. Para ello, el Gobierno creó en 2019 un fondo soberano de inversión financiado principalmente por los ingresos derivados del petróleo. Uno de los proyectos, llevado a cabo con el apoyo del Centro para el Cambio Climático de la Comunidad del Caribe, consiste en convertir la ciudad de Bartica en un "modelo piloto de ciudad ecológica".

Los marcos estratégicos se ajustan estrechamente a la *Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible*, pero para su ejecución se necesitan hojas de ruta detalladas y mecanismos sostenibles de financiación, seguimiento y evaluación.

Los Estados Miembros adoptaron la Agenda digital 2025 de la CARICOM y aprobaron una hoja de ruta en 2017 para la creación de un Espacio único de las TIC para la CARICOM, con miras a fomentar un espacio sin fronteras fundamentado en las TIC. Dada la escasez de ingenieros de software y la baja producción científica en este ámbito, la formación será un elemento clave.

Aunque el aumento de las publicaciones científicas que se ha observado pone de relieve una cultura de investigación más dinámica, el énfasis actual en la investigación en materia de salud no preparará a las sociedades caribeñas para las economías digitales y ecológicas del futuro.

La ausencia casi total de datos sobre I+D perjudica la gestión de la ciencia en el plano nacional y regional. Por ejemplo, ha obstaculizado la aplicación del *Plan Estratégico para la Comunidad del Caribe* (2015-2019). En 2018, la CARICOM creó, con el apoyo del Banco de Desarrollo del Caribe, un sistema de gestión basada en los resultados para guiar la recopilación, análisis y uso sistemáticos de datos, así como la presentación de informes sobre los avances hacia la integración y el desarrollo regionales.

Habida cuenta de la necesidad que tienen las empresas innovadoras de un apoyo sistemático y continuo, el nuevo programa de Jamaica para impulsar la innovación, el crecimiento y el ecosistema empresarial podría servir de modelo para la región.

Durante el auge de los productos básicos, la inversión en **América Latina** (capítulo 7) se destinó principalmente a la expansión económica, y no al refuerzo de las infraestructuras existentes o el apoyo a la innovación y la asunción de riesgos.

En consecuencia, tras el fin de ese auge comenzó un período de estancamiento del crecimiento económico, acompañado de una disminución de la intensidad de la investigación entre los pesos pesados de la región, esto es, la Argentina y México.

La idea de un sistema de innovación está ahora ampliamente integrada en las políticas de CTI. Sin embargo, la demanda de conocimientos en el sector productivo sigue siendo baja. Las empresas latinoamericanas que están presentes en más de un país (*multilatinas*) están

desempeñando un papel más importante que antes, pero no están estrechamente vinculadas con los sistemas nacionales de innovación. Las multinacionales con filiales en la región suelen utilizar los conocimientos existentes, en lugar de dedicarse a la investigación local.

Un mayor número de países está formulando políticas propias basadas en la experimentación, en lugar de adaptar políticas elaboradas en el extranjero. Estas políticas hacen hincapié en la innovación social en favor del desarrollo sostenible, e integran cada vez más los sistemas de conocimiento locales e indígenas.

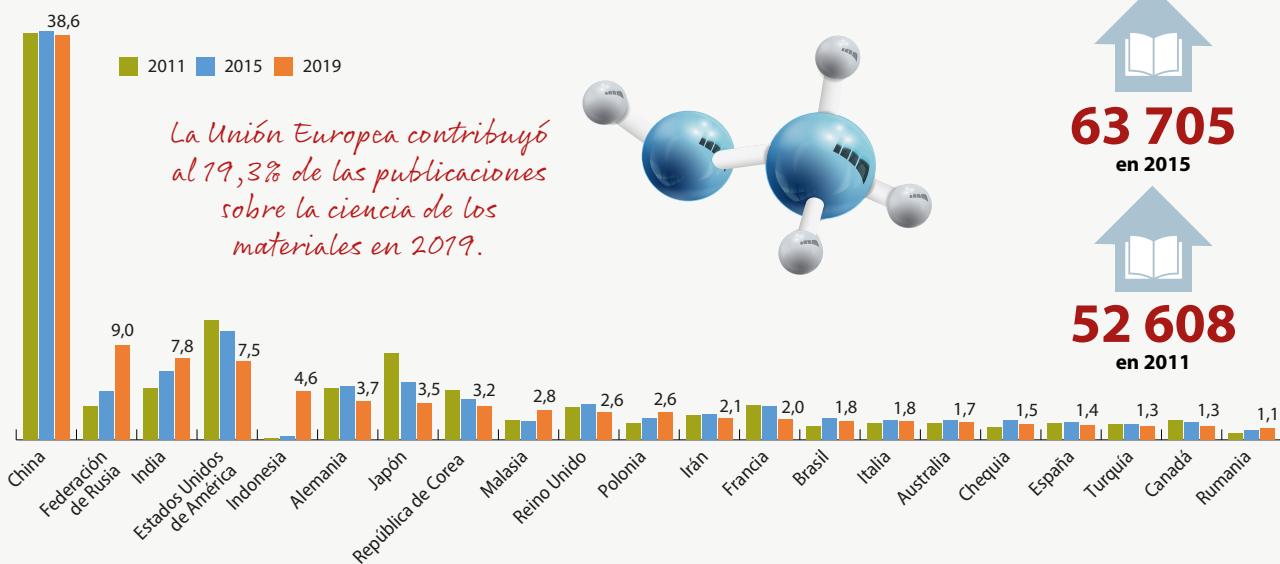
No obstante, la formulación de políticas sigue caracterizándose por cambios bruscos de dirección, que impiden la planificación a largo plazo. Esto puede socavar la confianza de los inversores y obstaculizar la innovación. Por su parte, algunos países están dando marcha atrás en cuanto a la amplia participación pública en la toma de decisiones.

La ciencia de la sostenibilidad se está convirtiendo en un foco de investigación regional. Un ejemplo es el programa Colombia Bio, que tiene por finalidad fomentar una cultura de respeto a la biodiversidad. Está enriqueciendo el limitado registro taxonómico y respaldando la bioprospección para



## Figura 1.15: Tendencias en relación con las publicaciones científicas sobre la ciencia de los materiales

**Parte de las publicaciones mundiales sobre la ciencia de los materiales, 2011, 2015 y 2019 (%)**  
Entre los países que contribuyeron al menos al 1% en 2019; las etiquetas de datos se refieren al año 2019



### Los 15 países con mayor tasa de crecimiento de las publicaciones científicas sobre la ciencia de los materiales, 2012-2019

Entre los países con al menos 500 publicaciones, por orden de volumen



Nota: la tasa de crecimiento se calcula dividiendo el número de publicaciones de 2016-2019 por el número de publicaciones de 2012-2015.

Fuente: Scopus (Elsevier), excepto artes, humanidades y ciencias sociales; tratamiento de datos por Science-Metrix.

promover la elaboración de productos y servicios de alto valor añadido.

El número de publicaciones científicas en las revistas más destacadas ha aumentado en todos los países, excepto Cuba y Venezuela. Esta tendencia puede deberse en parte a la mejora de los estudios de posgrado en algunos países. La disminución de la producción científica cubana puede estar relacionada con el restablecimiento del bloqueo estadounidense en 2017, que ha repercutido negativamente en los recursos que el país destina a la I+D, incluidos los aumentos salariales previstos para desalentar la fuga de cerebros tras el levantamiento de las restricciones a los viajes internacionales en 2012. En Venezuela se está produciendo un grave éxodo intelectual, ya que más de 3 millones de ciudadanos emigraron a Colombia, el Perú, el Ecuador y el Brasil en 2019.

Un ejemplo de colaboración multilateral activa es el Sistema de la Integración Centroamericana (SICA), que ha fortalecido la resiliencia ante el cambio climático. En mayo de 2020, el SICA firmó un acuerdo con el Centro de Investigaciones para el Desarrollo Internacional del Canadá, relativo a un proyecto de refuerzo de la capacidad de formulación de políticas de los organismos nacionales de investigación e innovación de todos los Estados Miembros.

En el plano regional, también se han puesto en marcha iniciativas ascendentes en ámbitos como la biotecnología, la ciencia espacial y la ciencia abierta.

El **Brasil** (capítulo 8) ha alcanzado una serie de logros en los últimos cinco años. Por ejemplo, Sirius, una de las fuentes de radiación de sincrotrón más sofisticadas del mundo, está a punto de finalizarse.

Por otra parte, las tecnologías digitales se están adoptando cada vez más tanto en el sector público como en las empresas, en esferas como la salud, la banca y la agricultura. En la cibersalud, los macrodatos médicos y la IA se emplean para elaborar modelos de predicción y nuevos medicamentos.

Asimismo, la comunidad científica brasileña se movilizó rápidamente durante el brote del virus de Zika en 2015-2018 y durante la pandemia de COVID-19 que se vive desde 2020.

Los centros de innovación tecnológica de las universidades han prosperado, sobre todo en lo que respecta al registro de patentes, la colaboración con la industria y la incubación de empresas emergentes innovadoras.

Otro aspecto positivo ha sido el incremento de la proporción de la energía eólica y solar, los biocombustibles y la biomasa de la producción total de electricidad, que pasó del 14,7% al 19,5% entre 2015 y 2018. El Brasil tiene una de las matrices energéticas más limpias del mundo, ya que las energías renovables representaban el 85% de la producción de electricidad en 2020, de las cuales dos tercios procedían de la hidroenergía.

En 2018, el Gobierno anunció el fin de los proyectos de megacentrales hidroeléctricas en el Amazonas por razones ambientales. Una serie de roturas de presas y la creciente incidencia de incendios forestales en la selva amazónica y la región del Pantanal demuestran la insuficiencia del sistema de vigilancia ambiental y prevención de desastres. En los dos

últimos años se han dejado de aplicar diversos dispositivos de protección del medio ambiente.

Varios indicadores están alertando con respecto al sistema nacional de innovación. La inversión empresarial está disminuyendo globalmente, al igual que la parte dedicada a la I+D. Las empresas están solicitando menos patentes. Paralelamente, los desembolsos presupuestarios de los organismos federales de investigación se han reducido considerablemente. El gasto nacional en investigación se contrajo en un 16% entre 2015 y 2017. La proporción de la producción industrial en el PIB y la participación del Brasil en el comercio exterior, especialmente en lo que respecta a productos manufacturados, también están en declive.

A mediados de 2020 el Gobierno publicó su *Plan Estratégico 2020-2030*, que sustituyó a la *Estrategia Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2016-2022*, la cual se inspiraba en la *Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible*. Aunque el nuevo plan considera el desarrollo sostenible un objetivo global, la lista de indicadores y metas conexas contiene pocos objetivos socioeconómicos y ninguno relacionado con el medio ambiente. Un enfoque integrado de la planificación de la innovación había sido uno de los puntos fuertes de la política brasileña.

La salida del Reino Unido de la **Unión Europea** (capítulo 9) en enero de 2020 no alterará la esencia del proyecto europeo, que está orientado a reforzar la integración.

La nueva estrategia de crecimiento del bloque europeo, que se plasma en el *Pacto Verde Europeo* (2020), aspira a acelerar la transición “verde” en los cinco sistemas socioeconómicos (energía, agroalimentación, industria manufacturera, transporte y construcción) haciendo converger la movilización de recursos y las reformas, ya sean reglamentarias o de otro tipo.

La finalidad es alcanzar de aquí a 2050 la neutralidad en carbono, velando por que los puestos de trabajo que se pierdan en una industria puedan crearse nuevamente en otra. Un mecanismo de transición justa ayudará a los países vulnerables a hacer frente a la transición, como en el caso de que se produzcan pérdidas de empleo generalizadas tras la eliminación gradual de una industria contaminante.

Los dos motores de esta transición serán la especialización inteligente por regiones y las nuevas políticas orientadas a misiones concretas, aplicadas dentro del programa marco de investigación e innovación Horizonte Europa (2021-2027). Otra novedad es el Consejo Europeo de Innovación, que está en pleno funcionamiento desde 2021, y cuyo papel consiste en cubrir el déficit de financiación de las empresas emergentes y pymes innovadoras.

El *Pacto Verde Europeo* se acompaña de una estrategia industrial adoptada en marzo de 2021 centrada en una transición doble, es decir, ecológica y digital, aprovechando al tiempo el mercado único para establecer normas sociales y ambientales globales. Un nuevo marco normativo fijará principios de sostenibilidad para todos los productos. La UE apoyará asimismo el desarrollo de tecnologías instrumentales clave, como la robótica, la microelectrónica, la tecnología de cadenas de bloques, las tecnologías cuánticas, la biomedicina, las nanotecnologías y los productos farmacéuticos.

Según la Comisión Europea, solo una de cada cinco empresas está digitalizada. La estrategia digital europea, titulada Una Europa Adaptada a la Era Digital (2019), permite a las empresas de todos los tamaños “probar antes de invertir” en tecnologías digitales por conducto de los centros de innovación digital, gracias a la financiación competitiva proporcionada por el programa Horizonte 2020 y su sucesor, Horizonte Europa. En febrero de 2020, 16 países habían publicado estrategias nacionales de IA y otros cinco contaban ya con un borrador bien avanzado.

El *Plan de Acción de Educación Digital 2021-2027* hará mayor hincapié en el aprendizaje permanente, con el fin de preparar a la mano de obra para la economía digital del futuro.

Por su parte, la nueva Iniciativa “Universidades Europeas” se esfuerza por crear redes de establecimientos de enseñanza superior que permitan a los estudiantes obtener un título combinando sus estudios en varios países de la UE, reforzando al tiempo el sentimiento de identidad europea.

La UE tiene la intención de fortalecer su autonomía estratégica y su poder blando en los próximos años, especialmente mediante sus políticas comerciales y digitales, así como de defensa.

Para los países de **Europa Sudoriental** (capítulo 10), entrar en la UE sigue siendo un objetivo político primordial. Hay algunas señales positivas, ya que la región ha superado la meta relativa al porcentaje de personas altamente cualificadas de la población activa que se había fijado, y está cerca de alcanzar su meta sobre la balanza comercial y la tasa de empleo global.

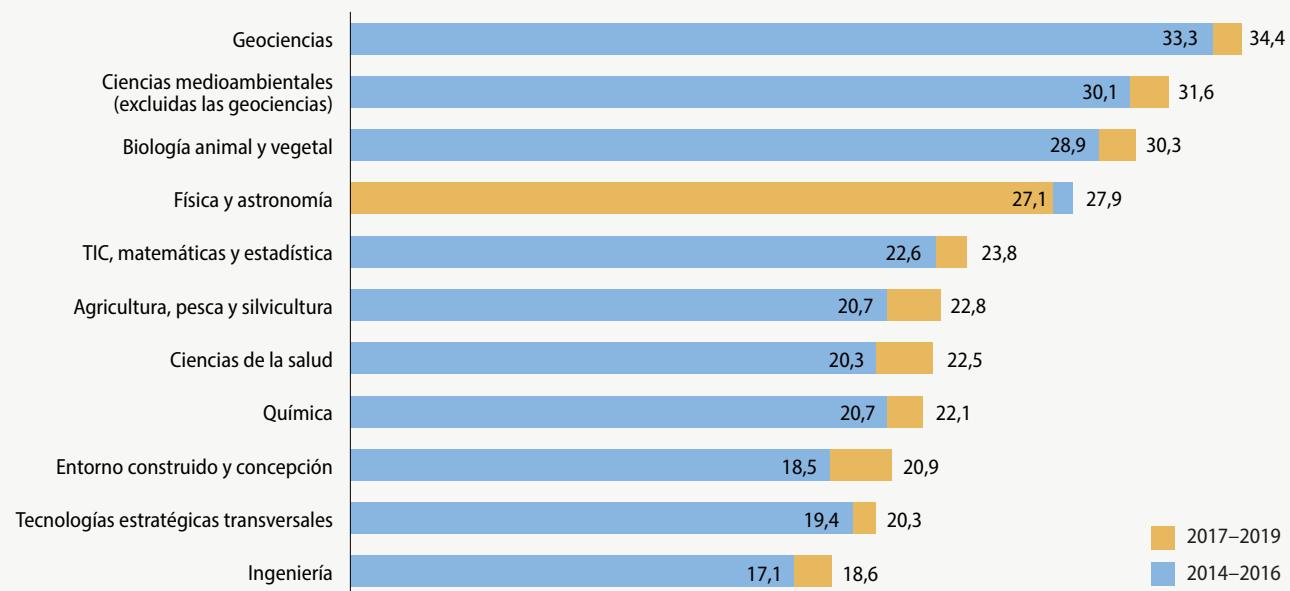
Sin embargo, se ha dado más prioridad a la reforma económica que a la formulación de políticas de CTI, lo que ha mermado la capacidad de investigación y obstaculizado la adopción del modelo de innovación basado en la ciencia de la UE. Por esa razón, la fuga de cerebros hacia los países de la UE sigue siendo un problema crónico. Dentro de Europa Sudoriental, la *Estrategia Regional de Investigación y Desarrollo para la Innovación de los Balcanes Occidentales* (2013) ha creado pocas oportunidades de cooperación.

A pesar de ello, desde 2015 se han desplegado esfuerzos para alinearse con el Espacio Europeo de Investigación. Cada país aplica la Directiva de eficiencia energética y la Directiva sobre fuentes de energía renovables de la UE, y formula políticas energéticas conformes al reglamento europeo relativo al seguimiento de las emisiones de gases de efecto invernadero (nº 525/2013). Los cinco países de Europa Sudoriental que no son miembros de la UE han tratado de obtener financiación para la investigación en el marco del programa Horizonte 2020.

Los países también están elaborando sus propias estrategias de especialización inteligente, un requisito previo *de facto* para adherirse a la UE. El primero en finalizarla fue Montenegro en 2019, seguido por Serbia en 2020. Estas estrategias podrían ser el eslabón faltante para los países que tienen dificultades para integrar su sector de la investigación y su sector económico. Ciertamente, los sistemas de innovación de la región están orientados hacia un modelo lineal anticuado, y la limitada actividad del sector empresarial de la región se refleja en los bajos niveles de registro de patentes.



Figura 1.16: Parte de las publicaciones científicas que implican una colaboración internacional por ámbito general, 2014-2016 y 2017-2019 (%)



Fuente: Scopus (Elsevier), excepto artes, humanidades y ciencias sociales; tratamiento de datos por Science-Metrix.

Hay indicios de que los instrumentos normativos activos están invirtiendo esta tendencia. Así pues, Serbia y Albania crearon fondos de innovación, y Serbia abrió su primer parque tecnológico en 2015, seguido de otros dos en Novi Sad y Nis en 2020.

De los cuatro miembros de la **Asociación Europea de Libre Comercio** (capítulo 11), todos menos Liechtenstein participaron en el programa de investigación de la UE Horizonte 2020. Se espera que Noruega e Islandia mantengan su condición de “países asociados” con su sucesor, Horizonte Europa. La condición de Suiza dependerá del resultado de las negociaciones en curso con la UE sobre un acuerdo marco institucional global.

Noruega, Islandia y Suiza tienen la ambición osada de lograr la neutralidad en carbono de aquí a 2030, 2040 y 2050, respectivamente. Noruega e Islandia imponen un elevado impuesto sobre el carbono y están ampliando la electrificación del transporte por carretera. Además, están llevando a cabo proyectos piloto innovadores de captura y almacenamiento de carbono. Uno de ellos es el primer proyecto a escala industrial de este tipo, mientras que el otro, relativo al almacenamiento de dióxido de carbono en rocas basálticas del subsuelo, ha resultado exitoso. Un desafío considerable para Noruega será conciliar el objetivo de la neutralidad en carbono con los planes de intensificar la exploración petrolera.

El innovador *Plan de Políticas y Acción 2017-2019* de Islandia menciona la Industria 4.0 y amplía el concepto de crecimiento económico al “crecimiento de calidad”. Destaca el papel que puede desempeñar la I+D para garantizar un “crecimiento de calidad”, teniendo en cuenta las posibles consecuencias negativas de las tecnologías para los futuros usuarios.

Las empresas suizas invierten alrededor del 7% de su volumen de negocios en I+D, la proporción más alta del mundo. Ahora bien, la mayor parte de estas empresas pertenece al sector farmacéutico y químico. Si estas empresas multinacionales decidieran trasladarse a otro lugar, Suiza perdería la mayor parte de sus actividades de investigación. Consciente de esta vulnerabilidad, el país ha tomado medidas para promover las empresas emergentes y las pymes, incluida una reforma fiscal que favorece a las empresas con una inversión intensiva en investigación y la apertura del Parque suizo de innovación en 2016, al que pueden acceder las empresas especializadas en fabricación avanzada, edificios inteligentes y robótica.

Las empresas suizas se dedican cada vez más a la investigación básica, y Suiza ha logrado obtener subvenciones del Consejo Europeo de Investigación, conocido por su compromiso en favor de ese tipo de investigación. Encontrar un equilibrio entre la investigación básica y la investigación orientada a misiones específicas sigue siendo complejo para los cuatro países.

Los siete **países de la cuenca del Mar Negro** analizados (capítulo 12), esto es, Armenia, Azerbaiyán, Belarús, Georgia, la República de Moldova, Turquía y Ucrania,

consideran que la economía digital es un motor del crecimiento. Por ejemplo, la tecnología de la información representa más del 40% de las exportaciones de servicios de Ucrania. La creación de un “lugar de trabajo digital” ha sido una de las cuestiones tratadas en el documento nacional de reflexión para el desarrollo de una economía y una sociedad digitales para el período 2018-2020.

Los países de la región han puesto en marcha iniciativas para fomentar la innovación. Azerbaiyán, por ejemplo, creó en 2018 un organismo de innovación que proporciona capital riesgo a empresas innovadoras, incluidas las emergentes. Belarús está reformando su sistema nacional de innovación desde 2015. En 2018 hubo más de 90 actos jurídicos relacionados directa o indirectamente con la I+D. En 2016, el Gobierno agrupó sus 25 fondos de innovación en un único fondo republicano centralizado de innovación, que funciona como un organismo público.

A pesar de estos esfuerzos, para los países resulta complejo incentivar la experimentación, el dinamismo y la creación de nuevos conocimientos en el sector económico. En los países de la ex Unión Soviética, las restricciones de las estructuras oligárquicas impiden recompensar la innovación.

En Turquía, los desequilibrios estructurales se encuentran en otros ámbitos. Los datos recientes relativos a las empresas demuestran que las empresas turcas con una utilización intensiva de tecnología realizan pocas actividades de I+D en relación con su tamaño. Este panorama contrasta sobremanera con la gran importancia que tiene para el Estado respaldar la innovación; así pues, según el Instituto de Estadística de Turquía, las reducciones de impuestos para las empresas con una utilización intensiva de tecnología se triplicaron en moneda local entre 2015 y 2018. Sin embargo, las empresas de los sectores de los servicios y la construcción, que representaban el 64% del PIB en 2018, siguen muy protegidas de la competencia y pueden, por tanto, permitirse ignorar los programas gubernamentales de apoyo a la I+D y a la innovación centrada en la fabricación.

Todos los países, excepto Belarús, se están integrando en las estructuras y redes europeas. Armenia, Georgia y Ucrania se asociaron oficialmente al programa Horizonte 2020 de la UE en 2015-2016. Los investigadores ucranianos y georgianos presentaron sus primeras propuestas de proyectos al Consejo Europeo de Investigación en 2015 y 2017, respectivamente.

El sector geotérmico de Turquía se ha beneficiado de un entorno reglamentario favorable a la inversión empresarial, así como de la experiencia adquirida por las empresas turcas de energía geotérmica gracias a su participación en el programa Horizonte 2020 de la UE por conducto de consorcios. Entre 2009 y 2019, el número de centrales geotérmicas en Turquía aumentó bruscamente de tres a 49.

En la **Federación de Rusia** (capítulo 13), la economía sigue dependiendo en gran medida del petróleo, el gas, los metales, los productos químicos y los productos

agrícolas. Además, sigue habiendo un desajuste entre la oferta y la demanda en cuanto a conocimientos científicos y tecnología.

La política que aplica el Gobierno desde 2015 demuestra su voluntad de corregir estos desequilibrios estructurales. Esto se ve reflejado en los 13 proyectos nacionales de gran envergadura previstos hasta 2024, con una financiación total de unos 26 billones de rublos (aproximadamente 1 billón de dólares PPA) a lo largo de seis años, centrados en la colaboración entre la ciencia y la industria.

Las tecnologías cuánticas y la IA forman parte de las esferas prioritarias del Proyecto Nacional de Economía Digital. Este se completa con la *Estrategia Nacional para el Desarrollo de la Inteligencia Artificial* que abarca el período 2020-2030.

El Proyecto Nacional para la Ciencia da prioridad a la creación de instalaciones de megaciencia y a la aparición de una “nueva geografía” de la ciencia rusa, que se acompaña del establecimiento de centros de investigación y educación de categoría mundial en regiones seleccionadas. El Gobierno también ha reconocido la necesidad de promover una cultura de innovación en las estructuras gubernamentales, mediante formaciones especializadas y procedimientos estratégicos de selección.

Las grandes empresas del sector de la energía se han adherido al Proyecto Nacional de Ecología del Gobierno invirtiendo en tecnologías ecológicas, pero el uso de energías renovables se ve obstaculizado por la gestión centralizada del sector energético, los altos precios al consumo y el clima frío del país. No obstante, el consumo de carbón y productos derivados del petróleo, como porcentaje del balance energético y de combustible, disminuyó ligeramente entre 2015 y 2018.

Ante la disminución del número de investigadores, el Gobierno ha cumplido su promesa de aumentar la remuneración de los investigadores de aquí a 2018. Esto ha ayudado a atraer a la profesión a más investigadores menores de 39 años.

El Ártico no solo tiene un interés estratégico para la Federación de Rusia, sino también para el Canadá, China, los Estados Unidos y la UE. Esto lo convierte en un punto central de la diplomacia científica. El Acuerdo sobre la Mejora de la Cooperación Científica Internacional en el Ártico (2017), firmado por la Federación de Rusia y otros siete Estados árticos, aspira, entre otras cosas, a promover la inclusión de los conocimientos locales y tradicionales.

La inversión insuficiente crónica en I+D en **Asia Central** (capítulo 14), que se refleja en el hecho de que ningún país haya gastado más del 0,13% del PIB en I+D en 2018, ha generado una serie de desafíos sistémicos que están frenando la investigación y la innovación, como una crisis vocacional en la comunidad de investigadores y un éxodo de competencias.

Otra dificultad es la brecha cultural que existe entre el mundo empresarial y la comunidad científica. El desinterés por la ciencia del mundo empresarial se ha

traducido en una falta de demanda de tecnología, que crea una pesada carga para el presupuesto del Estado. Por su parte, la comunidad científica, que apenas se comunica con la industria manufacturera, no se da cuenta de las necesidades de la economía real.

La escasa protección de la propiedad intelectual y los complejos regímenes fiscales, unidos a la falta de reducciones de impuestos y préstamos para las empresas, desalientan la innovación y hacen que las empresas innovadoras resulten poco atractivas para los inversores y prestamistas.

Los gobiernos de Asia central están tomando medidas para superar estos obstáculos. Desean mejorar el clima de inversión para las empresas y utilizar la innovación para modernizar la industria. Uzbekistán incluso ha hecho del desarrollo basado en la innovación una de sus principales prioridades políticas.

Cada vez hay más parques tecnológicos que se benefician de regímenes fiscales favorables. Los gobiernos también se esfuerzan por mejorar la situación de los investigadores con medidas como aumentos salariales, subsidios de investigación por concurso, la modernización de los equipos de investigación y la realización de proyectos de investigación conjuntos con asociados institucionales de países como Belarús, China, la India y la República de Corea.

Los científicos e ingenieros gozan de una mayor notoriedad internacional que antes. Por ejemplo, el programa internacional de “aceleración”, Startup Kazakhstan, está abierto a participantes de la Comunidad de Estados Independientes y de Europa.

Por otra parte, los gobiernos están trabajando con asociados internacionales para acceder a la financiación verde. Ante la creciente escasez de agua y el envejecimiento de las infraestructuras energéticas, están invirtiendo en programas de energías renovables, como las “subastas de energía solar” en Kazajistán y Uzbekistán o la construcción de la presa de Rogun en Tayikistán. Uno de los retos consistirá en hallar un equilibrio entre las necesidades de innovación contrapuestas del sector minero, que constituye la base de las economías de Asia central.

Los países están adoptando la economía digital y la gobernanza electrónica. La iniciativa global Kazajistán Digital abarca sectores como la energía, el transporte, las finanzas, la infraestructura, la minería, la agricultura y la educación. Tanto el parque de tecnologías innovadoras Alatau como el centro de innovación Tech Garden de Kazajistán están adoptando tecnologías de la Industria 4.0.

Kirguistán se está enfocando en los servicios públicos digitales por conducto de su programa Taza Koom (nación inteligente). Los jóvenes del país se interesan cada vez más por la programación informática, como demuestra el crecimiento reciente de las empresas emergentes especializadas en tecnología y las empresas de software.

En el **Irán** (capítulo 15) ha habido un crecimiento exponencial de las empresas, incluidas las emergentes,

basadas en el conocimiento. Esta tendencia es el resultado de una mayor demanda interna, sumada a la multiplicación de incubadoras y aceleradores de tecnología desde el establecimiento de los primeros centros públicos de innovación del país en 2015.

En 2020 se habían creado 49 aceleradores de innovación con capital privado, así como 113 centros de innovación en asociación con parques científicos y grandes universidades. Las incubadoras de tecnología, por su parte, han ofrecido a los empresarios titulados espacios compartidos de trabajo y servicios de tutoría en el campus para ayudarles a crear su propia empresa emergente.

El Gobierno ha alentado a las empresas emergentes a diversificarse en ámbitos basados en el conocimiento. Una serie de leyes y políticas adoptadas desde 2015 ha eliminado los obstáculos a la competencia y ha mejorado el sistema de apoyo financiero a la innovación.

Entre 2014 y 2017, las exportaciones de bienes basados en el conocimiento se multiplicaron por cinco, antes de desplomarse en 2018 después de que los Estados Unidos se retiraran del Plan de Acción Integral Conjunto (2015), comúnmente denominado acuerdo nuclear, y volvieran a imponer sanciones, sometiendo así a la economía a una gran presión.

No obstante, el hecho de imponer nuevamente sanciones también ha motivado a las empresas a trabajar con proveedores locales de bienes y servicios basados en el conocimiento. Uno de los sectores a los que se ha dado prioridad es el de las energías renovables, pero, a pesar de los esfuerzos por impulsar la fabricación y el empleo en el plano nacional, las energías renovables siguen representando menos del 1% de la canasta de energía.

Los incentivos del mercado no han bastado para estimular la inversión de las empresas en I+D, que cayó del 35% al 28% del gasto nacional en investigación entre 2014 y 2016.

Será imprescindible adaptar los programas académicos a las necesidades del mercado laboral. A pesar del incremento del número de personas con títulos de máster y doctorado, hay un alto porcentaje (39%) de desempleo entre los titulados universitarios.

A **Israel** (capítulo 16), el lugar con más empresas emergentes per cápita del mundo, se le conoce como el “país de las empresas emergentes”. Únicamente entre 2011 y 2019 se fundaron más de 6 000 empresas emergentes.

Israel es el primer país del mundo en cuanto a intensidad de la investigación. En 2017, las multinacionales y centros de investigación extranjeros financiaron más de la mitad del gasto interno bruto en investigación, seguidos por el sector empresarial israelí.

Una tendencia que suscita preocupación es el ritmo creciente de transferencia de propiedad intelectual, conocimientos técnicos y tecnología israelíes a centros de investigación extranjeros. Menos de la mitad de las

patentes obtenidas por inventores de Israel son propiedad de empresas de ese país.

La Industria 4.0 es una prioridad que cobra importancia, tanto en el sector de las empresas emergentes como en las políticas gubernamentales en general. Mediante la iniciativa Israel Digital, el Gobierno está realizando grandes inversiones en tecnologías como la IA, la ciencia de los (macro)datos, la movilidad inteligente y la gobernanza electrónica. El objetivo consiste en aprovechar la experiencia israelí en tecnologías digitales para acelerar el crecimiento, mejorar la inclusión y reforzar la gobernanza.

Las universidades israelíes han creado programas educativos y centros de investigación en ámbitos de vanguardia, como el Centro de estudios del aprendizaje automático y la inteligencia artificial de la Universidad Hebreo de Jerusalén.

Esta atención que se presta a la innovación y la tecnología se ha trasladado a la política industrial. El *Plan Estratégico Nacional para la Fabricación Avanzada en la Industria* (2018) del Gobierno define un marco para la inversión, el desarrollo de aptitudes, el refuerzo de la infraestructura y la ampliación del acceso al conocimiento, especialmente para las pymes. En los últimos diez años ha surgido un sector tecnológico automovilístico dinámico, respaldado por la iniciativa sobre la elección del combustible y la movilidad inteligente puesta en marcha en 2010. Actualmente hay 25 centros de investigación en el sector del automóvil.

Sin embargo, la disminución de la calidad y la cantidad de agua dulce en Israel ha hecho imprescindible adoptar nuevos enfoques de la gestión de los recursos hídricos. El consumo de agua desalinizada aumenta, pero éste se ha vinculado a una deficiencia de magnesio en la alimentación humana y a la intrusión de agua salina en los acuíferos.

La idea de que el desarrollo sostenible es una necesidad, y no un lujo, ha tenido eco entre los responsables políticos, que integraron los Objetivos de Desarrollo Sostenible en la planificación estratégica del Gobierno en 2019.

A pesar de ser un grupo heterogéneo, los **Estados árabes** (capítulo 17) tienen prioridades comunes. La escasez de agua, la erosión del suelo y la degradación ambiental constituyen graves problemas, que cada vez más gobiernos tratan de resolver adoptando soluciones basadas en la ciencia, como las granjas verticales interiores, la desalinización y las centrales solares a gran escala.

Los países están invirtiendo en centros urbanos sostenibles de alta tecnología. Egipto, por ejemplo, expuso una serie de principios de sostenibilidad para sus nuevas ciudades, que incluyen un umbral mínimo de superficie per cápita y la instalación de paneles solares.

Los países árabes están desplegando esfuerzos para desarrollar su industria manufacturera, en particular en ámbitos de alta tecnología como la aeronáutica, la biotecnología agrícola y la industria espacial, pero siguen dependiendo de las importaciones de productos tecnológicos y de las alianzas con los líderes de la tecnología espacial.

Aprovechar la cuarta revolución industrial se ha convertido en una prioridad política explícita. La Arabia Saudita y los Emiratos Árabes Unidos han adoptado estrategias nacionales de IA, y al menos Argelia, Egipto y Túnez ya tienen planes al respecto. Marruecos creó un programa de investigación sobre la IA.

Los Estados del Golfo estuvieron entre los primeros del mundo en ofrecer redes 5G comerciales. La Arabia Saudita abrió un centro para la cuarta revolución industrial y los Emiratos Árabes Unidos se esfuerzan por incorporar la tecnología de cadenas de bloques en los servicios y operaciones públicos.

Uno de los retos será garantizar que los sistemas educativos tengan la capacidad de formar una mano de obra cualificada endógena, incluida una masa crítica de técnicos para la Industria 4.0. Al parecer, los sistemas de enseñanza secundaria no son tan eficaces como en los países vecinos.

En los últimos cinco años se ha producido una ampliación considerable de la enseñanza superior, pero, a pesar de la generosa financiación pública que han recibido las universidades, la proporción destinada a la I+D sigue siendo reducida en la mayoría de los países. En consecuencia, los países árabes rara vez desarrollan o exportan tecnologías innovadoras. Incluso las economías más prósperas de la región dependen masivamente de la compra en el extranjero de insumos de tecnología transferida en bloque. Parece incluso que ha habido un retroceso en la transferencia de tecnología en los últimos años. Esto hace suponer que es necesario dar prioridad a la creación de comunidades de investigación endógenas, cuya producción esté determinada por la demanda de la sociedad.

En muchos países donde no se recogen ni analizan datos con regularidad, falta información para fundamentar las políticas. Además, las encuestas sobre I+D existentes suelen excluir el sector empresarial, creando un “ángulo muerto” en las políticas. Había planes de elaborar un cuadro de indicadores sobre la innovación para los países árabes, aunque aún no se han concretizado.

Debido a las características meteorológicas cada vez más caprichosas que ponen en peligro la seguridad alimentaria, los países de **África Occidental** (capítulo 18) están desarrollando conocimientos especializados sobre climatología gracias al respaldo internacional. Por ejemplo, la Comunidad Económica de los Estados de África Occidental (CEDEAO) se asoció con el Gobierno alemán para crear el Centro de Servicios Científicos sobre el Cambio Climático y el Uso Adaptado de la Tierra de África Occidental, que comprende un programa de investigación sobre el clima, un programa de estudios de posgrado y redes de observación.

A medida que se perfila en el horizonte la Zona de Libre Comercio Continental Africana, los países hacen todo lo posible por reestructurar sus economías. En el Senegal, el Fondo Soberano de Inversión Estratégica (FONSIS, 2012) utiliza los ingresos estatales del petróleo y el gas para invertir en fondos de capital destinados a las pymes de sectores prioritarios, como la energía solar, la agricultura y la salud. Una de sus filiales, SOGENAS, se especializa en la producción y comercialización de vacas lecheras

modificadas genéticamente para resistir a un clima caluroso y seco.

Existe un gran potencial de mercado para los productos de origen vegetal. La Universidad Félix Houphouët-Boigny de Côte d'Ivoire está creando plaguicidas biológicos de origen vegetal, así como fitomedicamentos de bajo costo para el mercado africano.

Burkina Faso (10), Ghana (36), Côte d'Ivoire (30), Nigeria (101), Malí (11), el Senegal (22) y el Togo (21) acogen un número creciente de centros tecnológicos, pero la casi ausencia de inversores providenciales locales y de capital inicial sigue representando un desafío para las empresas emergentes.

En el marco de sus programas de desarrollo digital, ciertos países como Cabo Verde, Gambia, Ghana, Nigeria y el Senegal se están preparando para el momento en que gran parte del comercio intraafricano se realice en Internet, entre otras cosas mediante la creación de centros de datos locales.

Como más de la mitad de la población tiene menos de 20 años, los gobiernos están invirtiendo en universidades físicas y virtuales para hacer frente a la demanda creciente de educación superior. Burkina Faso se inspira en el modelo del Senegal para crear su propia universidad virtual.

Nueve de los 15 países cuentan ahora con políticas explícitas de CTI, pero solo cinco han comunicado datos recientes sobre las tendencias en materia de investigación.

La *Política sectorial de investigación e innovación* (2018-2027) de Burkina Faso introdujo el concepto de “programas federativos de investigación”, puestos en marcha en colaboración con otros ministerios para mejorar su ejecución. El Ministerio de Salud y el Ministerio de Agricultura dirigen cada uno un programa en cooperación con el Ministerio de Enseñanza Superior, Investigación Científica e Innovación. Por otra parte, el Gobierno había elevado el gasto en investigación hasta el 0,61% del PIB, antes de que una serie de atentados terroristas en 2019 le obligara a reasignar fondos a la seguridad nacional.

Los países de **África Central y Oriental** (capítulo 19) están aprovechando la ampliación de las infraestructuras de telecomunicaciones para introducir la gobernanza electrónica, con miras a mejorar los servicios públicos y facilitar los negocios, como parte de los preparativos de la futura Zona de Libre Comercio Continental Africana. Este proyecto se suma a los esfuerzos por reducir el costo de las telecomunicaciones, mejorar el suministro eléctrico y ampliar las carreteras, ferrocarriles, aeropuertos y puertos.

Etiopía fundó la Academia Ferroviaria Africana para formar a los ingenieros que se encargarán del funcionamiento de la línea ferroviaria entre Addis Abeba y Djibouti construida por asociados chinos, una vez que estos últimos se retiren en 2023.

Se están realizando denodados esfuerzos para crear proyectos a pequeña o gran escala de hidroenergía, parques de energía solar y eólicos, y centrales geotérmicas. La Gran Presa del Renacimiento Etiópe está a punto de finalizarse. En Kenia, la energía geotérmica llega ya al 35% de los hogares.

La agricultura inteligente desde el punto de vista del clima, la agroecología, la protección de la biodiversidad, la medicina y la gestión de los recursos hídricos forman parte

de la misión de los centros de excelencia establecidos en Etiopía, Kenya y Uganda en 2017 en el marco de un proyecto del Banco Mundial. En Etiopía, uno de los centros, que acoge desde 2016 el Centro Africano de Control y Prevención de Enfermedades, se especializa en la creación de nuevos fármacos y tiene previsto desarrollar una industria farmacéutica.

Por su parte, los centros de excelencia del Banco Mundial en Rwanda (2017) se centran en la investigación energética, las matemáticas, la Internet de las cosas y la ciencia de los datos. Rwanda también alberga el Instituto de Investigación Fundamental de África Oriental, creado en 2018 en el marco de un proyecto con el Centro Internacional Abdus Salam de Física Teórica de la UNESCO, cuyo enfoque de investigación y enseñanza abarca los ámbitos vinculados con la IA.

Cinco de los 15 países tienen políticas explícitas de CTI (Burundi, Etiopía, Kenya, Rwanda y Uganda). Muchos de ellos cuentan con políticas de CTI más implícitas, como las relativas a la energía, la educación o la economía digital. Algunos ejemplos son la *Política de integración de las TIC en la educación de Rwanda* (2016), el *Plan Estratégico Camerún Digital 2020 del Camerún* (2017), la *Estrategia Nacional 4IR de Uganda* (2020) y la *Política energética del Chad* (2019) que destaca el potencial del país en materia de energías renovables.

En África Subsahariana, el Camerún es el país con la mayor cantidad de publicaciones por millón de habitantes sobre IA y robótica, así como sobre cuestiones relativas a la energía. En ambos temas, su intensidad de publicación es incluso cuatro veces superior a la de Sudáfrica.

En 2019, el Camerún contaba con 28 centros tecnológicos activos, mientras que otros países centroafricanos no suelen tener más de cinco centros. Las economías de esos países siguen dependiendo excesivamente del petróleo y otras materias primas, lo que retrasa la necesaria diversificación económica.

En total, en 2020 había 166 centros tecnológicos activos en 12 países de África central y oriental. Kenya, por sí solo, acogía cuatro de cada diez (42%). Los gobiernos deben respaldar el dinamismo de este ecosistema de empresas emergentes, entre otras cosas facilitando y abaratando el registro de la propiedad intelectual de los inventores en África.

Aunque en **África Meridional** (capítulo 20) el sector de los servicios domina la economía, se ha determinado que la industria manufacturera es uno de los motores clave de crecimiento.

Se han adoptado medidas para lograr una mayor integración. Así pues, en 2017 se puso en marcha un fondo de desarrollo regional, y en el proyecto de protocolo sobre la industria se prevé conferir a la Secretaría de la Comunidad de África Meridional para el Desarrollo (SADC) un mandato legal para ejecutar programas industriales regionales. Aunque en 2008 se estableció una zona de libre comercio, no todos los países miembros participan en ella.

Varios países, como Madagascar y Namibia, están estudiando el potencial de la gobernanza electrónica para

mejorar la prestación de servicios públicos y facilitar la actividad empresarial. Sin embargo, la falta de competencia del sector privado ha hecho que los servicios digitales sean inasequibles para muchos ciudadanos y empresas, a pesar de que la cobertura geográfica de las infraestructuras de comunicación se haya ampliado.

Sudáfrica es el único país con un buen desempeño en cuanto al número de patentes. Malawi y Namibia han tomado medidas para reforzar su régimen de propiedad intelectual. La ley aprobada por Eswatini en 2018 para establecer un tribunal de propiedad intelectual no se había acompañado de un decreto de aplicación un año después. En 2018, los ministros adoptaron el *Marco y las Directrices Regionales sobre Derechos de Propiedad Intelectual de la SADC* para fomentar la cooperación mutua en torno a la reforma de los regímenes nacionales de propiedad intelectual.

Desde 2010, la mitad de los países<sup>13</sup> ha publicado políticas explícitas de CTI. Otros países, como Malawi, Lesotho, la República Democrática del Congo, Tanzania y Zambia tienen previsto formular o actualizar sus propias estrategias.

Únicamente Mauricio, Seychelles y Sudáfrica tienen una tasa de electrificación superior al 50%. Desde que la SADC abrió en 2015 un centro para las energías renovables y la eficiencia energética en Namibia, la parte de las energías renovables en el suministro eléctrico de la región ha pasado del 24% al 39% (2018).

Gracias a las alianzas con el Banco Africano de Desarrollo, el Banco Mundial, entre otros, los países están ampliando la red eléctrica y los sistemas de electricidad sin conexión a la red. Los planes de la República Democrática del Congo de construir la enorme presa de Grand Inga han suscitado inquietudes en cuanto a las repercusiones sociales y ambientales.

La energía hidroeléctrica representaba alrededor del 81% de la capacidad instalada de generación en Zambia en 2019, pero la escasez de lluvias la ha convertido en un recurso poco fiable. En 2019, el Gobierno introdujo un sistema de tarifas reguladas para los proyectos de centrales solares y energía hidroeléctrica en pequeña escala. En 2020, adoptó una *política nuclear nacional* para ayudar a reducir la dependencia de la energía hidroeléctrica.

Se ha dado mayor prioridad a las prácticas agrícolas con un enfoque climático inteligente en las políticas públicas tras graves episodios de sequía o inundaciones. El Plan de Inversión en Agricultura Climáticamente Inteligente (2019) de Zambia predice que el rendimiento de los principales cultivos podría disminuir en un 25% debido al cambio climático, pero, lo que es más importante, que la agricultura inteligente desde el punto de vista del clima podría aumentar el rendimiento de los cultivos en un 23%.

Sudáfrica está liderando la creación de una plataforma africana de ciencia abierta para facilitar la colaboración internacional y la investigación con un uso intensivo de datos. Asimismo, alberga el mayor telescopio del mundo, el *Square Kilometre Array*. El país encierra un gran potencial para estimular la movilidad científica, así como

la colaboración y las aplicaciones científicas intraafricanas en ámbitos como la IA y los macrodatos.

Los países de **Asia Meridional** (capítulo 21) son los principales beneficiarios de los préstamos concedidos en el marco de la Iniciativa de la Franja y la Ruta de China para financiar importantes proyectos de renovación de infraestructuras. Un proyecto emblemático es el corredor económico China-Pakistán, que está mejorando infraestructuras como carreteras, puertos y centrales alimentadas por carbón y petróleo.

El esfuerzo de desarrollo de infraestructuras y de industrialización se produce a menudo de forma paralela a la investigación y el desarrollo. La insuficiencia crónica del gasto en I+D hace que la región dependa en gran medida de los conocimientos y tecnología científicos extranjeros.

Bangladesh, Nepal, el Pakistán y Sri Lanka cuentan con políticas explícitas de CTI, pero la falta de instrumentos adecuados impide su aplicación. Debido a la limitación de los presupuestos públicos de investigación y al reducido número de investigadores, también existe el riesgo de que los fondos se dispersen demasiado entre los centros de investigación que se ocupan de distintos ámbitos.

Una de las prioridades es fomentar la transferencia de tecnología a las pymes. En Sri Lanka, por ejemplo, el *Marco Normativo Nacional para el Desarrollo de las Pymes* (2016) va acompañado de un fondo nacional de desarrollo tecnológico, financiado conjuntamente por el Gobierno y el sector privado.

Las industrias farmacéuticas de Bangladesh, el Pakistán y Sri Lanka tienen cierto potencial, pero siguen dependiendo de las importaciones de materias primas. En Bangladesh, se espera que el parque industrial de Munshiganj para la fabricación de principios farmacéuticos activos esté operativo en 2023. Este permitirá a las empresas producir por sí mismas los principales componentes químicos de los medicamentos, reduciendo así el costo de los fármacos nacionales e impulsando su competitividad internacional.

En Sri Lanka, las exportaciones de productos farmacéuticos estaban estancadas desde 2016, pero el estímulo de la demanda producido por la COVID-19 llevó al Gobierno y al sector privado a invertir 30 millones de dólares estadounidenses en una nueva planta de elaboración de productos farmacéuticos en 2020.

Las economías digitales se están abriendo paso. Por ejemplo, en Bhután ya existe un laboratorio de fabricación para desarrolladores de proyectos digitales, y el Pakistán cuenta con varios “unicornios tecnológicos”, es decir, empresas emergentes valoradas en más de mil millones de dólares estadounidenses. Este auge ha llevado a algunos gobiernos a preparar proyectos de infraestructuras “inteligentes”, como ciudades y escuelas. Uno de los retos será garantizar que estos proyectos tengan en cuenta los principios de sostenibilidad.

En 2016, el aumento del costo de las importaciones de combustibles fósiles, unido a la disminución de las

precipitaciones que hizo de la energía hidroeléctrica una opción poco viable, motivó a Sri Lanka a poner en marcha un proyecto comunitario (*Soorya Bala Sangramaya*, esto es, batalla por la energía solar) que promueve la instalación de pequeñas centrales solares en los tejados de los hogares y las empresas gracias a alianzas público-privadas.

En la **India** (capítulo 22), el Gobierno puso en marcha el programa India Digital en 2015 para transformar el ecosistema de los servicios públicos. La tecnología de cadenas de bloques está ahora ampliamente integrada en la administración central.

En 2016, el Gobierno emprendió una de las iniciativas económicas más audaces de los tiempos modernos al desmonetizar dos de los mayores billetes en circulación, con miras a reducir la magnitud de la economía informal. El Gobierno se centró entonces en la creación de una economía sin dinero en efectivo. La proporción de indios con una cuenta bancaria subió del 53% al 80% entre 2014 y 2017. Esta evolución se ha producido en un contexto de considerable ampliación del acceso a Internet, que ha impulsado la economía digital, incluido el comercio electrónico.

El programa emblemático *Make in India* (fabricar en la India) ha procurado, por ejemplo, fomentar la inversión en la industria manufacturera y las infraestructuras conexas. Aunque puede haber ayudado a mejorar el entorno empresarial, ha tenido pocas repercusiones concretas en la propia industria manufacturera. Desde la crisis de la COVID-19, la industria manufacturera desarrolla tecnologías “sobrias” (de bajo costo), como respiradores.

Desde 2016, la iniciativa *Start-up India* ha impulsado el número de empresas emergentes, pero estas siguen concentradas en el sector de los servicios, en general, y en el desarrollo de software, en particular.

La intensidad global de la investigación sigue estancada y, a pesar de un ligero aumento, la densidad de científicos e ingenieros sigue siendo una de las más bajas de los países del grupo BRICS.

El Gobierno redujo el incentivo fiscal para las empresas que realizan actividades de I+D, lo que concuerda con la conclusión de la edición anterior del Informe de la UNESCO sobre la Ciencia (2015), según la cual el régimen fiscal no había difundido una cultura de innovación en las empresas e industrias. La mayor parte de las patentes sigue siendo de productos farmacéuticos y programas informáticos. Aunque la actividad inventiva de los inventores indios ha crecido mucho, la gran mayoría de las patentes pertenece aún a empresas multinacionales extranjeras.

El fenómeno del “crecimiento sin empleo” que afecta a la India desde 1991 se ha agravado. Además, en 2017, la población activa del país disminuyó por primera vez desde la independencia. Otra preocupación es la baja empleabilidad de los graduados, incluso los que cursan carreras de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas, aunque este indicador mejoró entre 2014 y 2019. La

ambiciosa Misión nacional para el desarrollo de aptitudes tiene por finalidad formar a unos 400 millones de indios entre 2015 y 2022.

En 2018, la inversión en las energías renovables superó a la de los combustibles fósiles. Los esfuerzos de la India se consideran compatibles con el objetivo de 2 °C, pero insuficientes para cumplir la meta de 1,5 °C del *Acuerdo de París*.

El Gobierno tiene previsto incrementar en 46 GW la capacidad generada con la ayuda de carbón de aquí a 2027, a pesar de que los proyectos de otras centrales de carbón se cancelaran en 2017 por considerarse poco rentables.

La contaminación del aire y del agua sigue siendo una amenaza para la vida en la India. El Gobierno se esfuerza por acelerar la electrificación universal y la difusión de vehículos eléctricos e híbridos.

En **China** (capítulo 23), el plan *Made in China 2025* (2015) tiene por finalidad ayudar a diez industrias estratégicas a reducir la dependencia del país de ciertas tecnologías extranjeras básicas mediante subvenciones públicas, la movilización de empresas estatales y la adquisición de propiedad intelectual. Los coches eléctricos, la ingeniería aeroespacial, la biomedicina, la robótica avanzada y la IA forman parte de estos sectores manufactureros de vanguardia.

De aquí a 2030, China desea ser "el principal centro mundial de innovación en materia de IA". Si bien ya es el mayor propietario de patentes de IA del mundo, carece de talento de primer nivel en este ámbito. El Gobierno ha puesto en marcha programas de gran envergadura de ciencia e ingeniería para el año 2030, que abarcan la informática cuántica y las ciencias del cerebro.

La alta tecnología, la transferencia de tecnología y la protección de la propiedad intelectual son algunas de las fuentes de tensión en el conflicto comercial actual entre China y los Estados Unidos. La Ley de Inversiones Extranjeras (2020) busca facilitar los negocios en China.

Las propias industrias estratégicas chinas desean una mayor protección de su propiedad intelectual por parte del Gobierno. La Ley de Competencia Desleal fue modificada en abril de 2019 y la Ley de Patentes en 2020, a fin de ofrecer una mejor protección de los secretos comerciales y de los derechos de los titulares de patentes, respectivamente. Por otra parte, China creó sus primeros tribunales especializados en propiedad intelectual.

La Ley de Promoción de la Transformación de los Logros Científicos y Tecnológicos (1993), también conocida como Ley Bayh-Dole, fue modificada en 2015 para ayudar a las universidades e institutos públicos de investigación a transferir tecnología a la industria. Esto debería alentar tanto al Gobierno central y los gobiernos locales, así como a las empresas, a aumentar la inversión en investigación básica, que en 2018 solo representaba el 6% del GBID.

China se fijó el objetivo de lograr la neutralidad en carbono en 2060. Para alcanzar su meta del 20%

de consumo de energía no fósil de aquí a 2030, está desarrollando la energía nuclear, hidroeléctrica, eólica y solar. Paralelamente, el número de permisos concedidos para nuevas centrales de carbón ha aumentado desde 2019.

Se está incitando a las empresas chinas a entablar una cooperación científica con los países asociados de la Iniciativa de la Franja y la Ruta. La adopción de una serie de directrices en 2017 busca dirigir esta iniciativa hacia una trayectoria "más verde".

Tras el brote de COVID-19 en la ciudad de Wuhan, la Asamblea Popular Nacional adoptó medidas en febrero de 2020 que restringen el comercio de especies silvestres y prohíben el consumo de carne de caza y la venta en el mercado de animales salvajes de cría, como las civetas.

El **Japón** (capítulo 24) se enfrenta a un conjunto de dificultades estructurales bastante singular. La reducción del mercado japonés como consecuencia del envejecimiento de la población lleva a las empresas a adquirir empresas en el extranjero para "comprar tiempo y mano de obra". Por lo tanto, la inversión está abandonando las costas japonesas, socavando la base industrial del país. Para empeorar la situación, las entradas de inversión extranjera siguen siendo bajas, lo que sugiere que el entorno empresarial podría estar perdiendo su atractivo en el extranjero.

Para hacer frente a estos desafíos, el Gobierno aprobó en 2017 un proyecto de sociedad superinteligente denominado Sociedad 5.0. Se trata de la pieza central de la nueva estrategia de crecimiento del país, que prevé una evolución hacia un sistema socioeconómico sostenible e inclusivo basado en las tecnologías digitales, incluidas la IA y la robótica. Por ejemplo, podrían desplegarse vehículos autónomos y drones para garantizar servicios clave, como servicios de correos y atención a ancianos, en zonas despobladas. Se está estudiando la "agricultura inteligente" para compensar la escasez de mano de obra. La IA ya se está utilizando para mejorar la preparación y respuesta a desastres.

La subida del precio de la energía eléctrica en la industria plantea un grave problema. Tras el gran terremoto del Japón oriental en 2011, las centrales nucleares suspendieron su funcionamiento para efectuar inspecciones y mejoras obligatorias durante 2013 y 2015. Para compensar esta situación aumentaron las importaciones de petróleo, gas y carbón, pero la autosuficiencia ha disminuido. Desde 2016, el Gobierno ha reiniciado los reactores nucleares a fin de reforzar su seguridad energética. Los proyectos de construcción de nuevas centrales eléctricas de carbón podrían poner en riesgo el logro de los objetivos de reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero. La prefectura de Fukushima, por su parte, tiene previsto alimentarse totalmente con energías renovables de aquí a 2040.

La disminución del gasto público en investigación refleja la difícil situación fiscal. La industria fue el único sector que

registró un aumento del gasto en investigación entre 2014 y 2017. En particular, hubo un fuerte crecimiento del gasto en el sector espacial, debido al interés creciente de las empresas por el “negocio del espacio”.

En 2019, el Gobierno puso en marcha un programa denominado “Moonshot” para desarrollar tecnologías disruptivas, haciendo hincapié en la resolución de problemas vinculados a situaciones complejas como los desastres naturales a gran escala, el ciberterrorismo y el calentamiento global. Estableciendo objetivos ambiciosos, el programa espera atraer a investigadores de todo el mundo.

Las universidades han estrechado sus lazos con el sector privado, como se refleja en el número creciente de empresas emergentes universitarias entre 2013 y 2018. Esta tendencia se inscribe en los esfuerzos desplegados desde 2004 para reformar el sistema universitario, que han llevado a la semiprivatización de las universidades nacionales.

Estas reformas también han repercutido en el rendimiento académico al diversificar la carga de trabajo de los investigadores. El Japón es uno de los pocos países cuyo volumen de publicaciones científicas ha disminuido desde 2011.

Al mismo tiempo, la matriculación en programas de máster y doctorado se ha reducido, un posible indicio de la desilusión de los jóvenes con respecto a los estudios universitarios.

La **República de Corea** (capítulo 25) se enorgullece de ocupar el segundo lugar del mundo en cuanto a intensidad de investigación. Se estima que la parte de la inversión en investigación alcanzó un 40% del PIB nacional entre 2013 y 2017.

Desde 2017, el Gobierno aplica una estrategia de crecimiento impulsado por la innovación y los ingresos, siguiendo parcialmente la política del Gobierno anterior<sup>14</sup>. Se revisó la estrategia titulada Visión de futuro para la ciencia y la tecnología: hacia 2040 (2010) con miras a poner de relieve la calidad de vida, el consumo basado en valores sociales y el apoyo a las pymes.

En la estrategia revisada no se hace ninguna referencia a la tecnología nuclear, lo que refleja las dudas cada vez mayores sobre la seguridad de la energía nuclear<sup>15</sup>, a pesar de que la República de Corea es uno de los principales fabricantes de reactores nucleares. El Gobierno actual se interesa por las tecnologías del hidrógeno y las pilas de combustible, ya que las considera una forma de compensar la pérdida de energía nuclear.

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) relativos a una energía asequible y limpia y a la acción climática (ODS 7 y 13) suponen un desafío. Así pues, el logro de las ambiciosas metas para 2040 sobre producción de energía renovable requerirá una considerable inversión en infraestructuras. Uno de los planes que está preparando el Gobierno consiste en ayudar a los agricultores a transformar las zonas agrícolas degradadas en huertas solares.

De acuerdo con la estrategia *I-Korea 4.0* (2017) para la Industria 4.0, el país comenzó a instalar una red específica para la Internet de las cosas y está comercializando la tecnología 5G. La Ley de Protección de Datos Personales (2017) fue modificada en enero de 2020 para autorizar el uso y análisis de la información personal con fines comerciales.

Preocupa en cierta medida la pérdida de competitividad científica y tecnológica desde 2010, a pesar de que el gasto en investigación haya aumentado.

En consecuencia, el Gobierno se ha esforzado por reestructurar el ecosistema de la innovación, en particular mediante la creación de una oficina nacional de ciencia, tecnología e innovación en 2017 para mejorar la coordinación del sistema. Otras medidas son la fusión de los sistemas administrativos en línea para la investigación; el fortalecimiento de la autonomía de los investigadores permitiéndoles crear sus propios proyectos de ciencias básicas; una evaluación de la investigación centrada en el proceso, y no en el resultado; y un giro hacia la “innovación disruptiva” para recuperar cierta competitividad.

El afianzamiento de la autonomía regional ha sido otra prioridad política. El Gobierno ha creado centros nacionales de innovación enfocados en las prioridades regionales. Se han trasladado instituciones públicas y empresas estatales a las provincias para apoyar este esfuerzo. El Ministerio de las Pequeñas y Medianas Empresas (creado en 2017) respalda esta iniciativa y, de forma más general, hay planes para reforzar el papel que desempeñan las pymes en la innovación nacional.

En **Asia Sudoriental y Oceanía** (capítulo 26), el Acuerdo de Asociación Económica Integral Regional firmado en noviembre de 2020 podría estrechar aún más los vínculos entre las economías de los países de la Asociación de Naciones de Asia Sudoriental (ASEAN) y Australia, China, el Japón, la República de Corea y Nueva Zelanda.

Las cifras más recientes del número de publicaciones demuestran que se han forjado lazos bilaterales más fuertes entre las comunidades científicas de la ASEAN desde la instauración de la Comunidad Económica de la ASEAN en 2015. Sin embargo, a nivel multilateral ha habido pocas iniciativas eficaces desde 2015 para colmar la brecha de capacidad, ya que el presupuesto operacional de la ASEAN es limitado y los Estados miembros no suelen compartir los recursos.

La intensidad de la investigación ha disminuido en Australia y Singapur, pero ha progresado en Malasia, Nueva Zelanda, Tailandia y Viet Nam, creando así una mayor convergencia.

Cada vez se hace más claro que la transformación digital inherente a la Industria 4.0 supone un gran reto para las empresas, los poderes públicos y la sociedad en general. En los países menos adelantados, la prioridad es afianzar la capacidad técnica y administrativa de la población activa y acelerar la penetración de Internet para aprovechar al máximo esta “revolución”.

Varios países de la ASEAN han puesto en marcha iniciativas para integrar las tecnologías de la Industria 4.0 en la industria manufacturera. Por ejemplo, la estrategia *Making Indonesia 4.0* está orientada a aumentar el rendimiento industrial facilitando la transición hacia actividades especializadas de alta tecnología y gran valor añadido. El Gobierno introdujo una reducción fiscal del 300% de los gastos de investigación para las empresas en 2019.

Otro ejemplo es el inventario de las normas de Singapur para la creación de un índice de preparación para la industria inteligente, que define las buenas prácticas en materia de fiabilidad, interoperatividad, seguridad y ciberseguridad en esferas relacionadas con la Industria 4.0.

Varios países, como Camboya, Tailandia e Indonesia, han depositado sus esperanzas en las zonas económicas especiales para atraer inversiones y fomentar la innovación. El corredor económico oriental de innovación de Tailandia tiene por finalidad establecer vínculos dentro del sistema nacional de innovación, en especial en la bioindustria.

Al esforzarse por incrementar la facilidad para hacer negocios, todos los gobiernos tendrán que velar por preservar un marco regulatorio que proteja el medio ambiente y la mano de obra.

La mayoría de los países ha preparado un plan estratégico o un marco de seguimiento de los resultados para los Objetivos de Desarrollo Sostenible, pero pocos han sido capaces de rendir cuentas de manera detallada sobre sus avances. Aunque los encargados de la formulación de políticas reconocen la necesidad de fortalecer las capacidades en materia de energías renovables, dejar los combustibles fósiles supone un desafío.

Los países insulares del Pacífico se encuentran entre los más interesados por la energía solar y eólica. Creen en la promesa tentadora de una mayor independencia energética y una menor dependencia de las costosas importaciones de combustible que encierran estas tecnologías.

**Susan Schneegans** (nacida en 1963 en Nueva Zelanda) es redactora jefa de la serie de Informes de la UNESCO sobre la Ciencia. En 2013 y 2014, codirigió tres informes en los que se presentaban los sistemas nacionales de innovación de Botsuana, Malawi y Zimbabwe en el Observatorio Mundial de Instrumentos de Política de Ciencia, Tecnología e Innovación de la UNESCO. De 2002 a 2013, fue redactora de la revista *Un Mundo de Ciencia*, publicada por la UNESCO, de la que también es fundadora. Tiene un máster de la Universidad de Auckland (Nueva Zelanda).

**Jake Lewis** (nacido en 1994 en el Reino Unido) es redactor adjunto del Informe de la UNESCO sobre la Ciencia. Es licenciado en Filosofía por la Universidad de Cambridge (Reino Unido). En 2018-2019, fue editor y gestor de la comunidad de InsSciDE, un proyecto de investigación sobre diplomacia científica en el marco del Programa Horizonte 2020 de la Unión Europea.

**Tiffany Straza** (nacida en 1987 en el Canadá) es redactora adjunta y estadística del Informe de la UNESCO sobre la Ciencia. Es doctora en Oceanografía por la Universidad de Delaware (los Estados Unidos de América), con una especialización en ecología microbiana marina. Su labor se ha centrado en la difusión científica y la creación de sistemas inclusivos para la gestión ambiental, lo que la llevó a prestar apoyo técnico en la gestión racional de los océanos y las islas en la región de las Islas del Pacífico de 2013 a 2019.

## NOTAS FINALES

- 1 Véase: <https://tinyurl.com/covid-health-innovation-afr>
- 2 Finalmente, ZTE evitó la quiebra tras pagar la consiguiente multa y aceptar que el Gobierno estadounidense supervisara sus operaciones.
- 3 En febrero de 2021, 66 pymes y empresas de nivel intermedio pertenecientes a sectores tradicionales como el turismo, el negocio inmobiliario, la educación y la sanidad recibieron una subvención para la automatización inteligente, como parte del Plan Nacional de Recuperación Económica (Penjana) del Gobierno en respuesta a la pandemia de COVID-19 (véase el capítulo 26).
- 4 La mayoría de los Estados miembros de la Unión Europea han publicado estrategias nacionales sobre inteligencia artificial, al igual que la Arabia Saudita, el Canadá, China, los Emiratos Árabes Unidos, los Estados Unidos de América, la Federación de Rusia, la India, el Japón, Mauricio y Viet Nam. Otros países, como Bangladesh, Malasia y Túnez, trabajan actualmente en la elaboración de su estrategia en materia de inteligencia artificial.
- 5 Para que la Convención de Malabo entre en vigor, es necesario que 15 países africanos la ratifiquen. En mayo de 2020, solo ocho lo habían hecho los siguientes: Angola, Ghana, Guinea, Mauricio, Mozambique, Namibia, Rwanda y Senegal.
- 6 En la India, la mayoría de los robots se han instalado en cuatro sectores, en orden descendente: automoción; productos químicos, caucho y plásticos; metalurgia; y componentes eléctricos y electrónica.
- 7 Bhután es el único país del mundo con emisiones negativas de carbono. Su Constitución exige que "un mínimo del 60% de la superficie total del país se mantenga siempre bajo cubierta forestal".
- 8 Véase: [https://en.unesco.org/sites/default/files/usr15\\_tracking\\_trends\\_in\\_innovation\\_and\\_mobility.pdf](https://en.unesco.org/sites/default/files/usr15_tracking_trends_in_innovation_and_mobility.pdf)
- 9 Gracias al desarrollo del Space Launch System (Sistema de lanzamiento espacial) de nueva generación, la NASA devuelve las capacidades de vuelo espacial humano a los Estados Unidos de América por primera vez en casi una década. Este sistema está ya casi terminado y debería ser muy superior al anterior transbordador espacial (véase el capítulo 5).
- 10 El centro aeronáutico de Querétaro (México) se creó en 2012, cuando unas empresas multinacionales, que incluyen a Airbus, Delta y Bombardier, unieron sus fuerzas con empresarios y centros de investigación locales, así como con la Universidad de Querétaro especializada en aeronáutica para formar este polo de innovación (véase el capítulo 7).
- 11 Puesto que gran parte de estas publicaciones se han producido en el marco de una colaboración científica internacional, el total de las publicaciones mundiales sumará más del 100%.
- 12 La Ley sobre el retorno de los científicos (Balik) de 2018 se basa en el programa científico Balik (1975), y en ella se prevé sufragar los gastos de repatriación de los profesionales filipinos de la ciencia, la tecnología y la innovación. En virtud del programa Balik, el Ministerio de Ciencia y Tecnología espera atraer a 235 científicos en el período 2018-2022 (véase el capítulo 26).
- 13 Angola, Botsuana, Eswatini, Namibia, Seychelles, Sudáfrica, Tanzania y Zimbabwe.
- 14 Como se señaló en la edición anterior del Informe de la UNESCO sobre la Ciencia (2015), el Gobierno de Park Guen-hye se había orientado hacia el logro de una economía creativa, promoviendo un mayor espíritu empresarial.
- 15 Estas dudas surgieron tras el accidente de la central nuclear de Fukushima Dai-ichi en 2011 en el Japón (véase el capítulo 24).

## APÉNDICE

Cuadro 1.1: Tendencias mundiales en materia de población, PIB y tasas de penetración de Internet, 2015 y 2018

	Población (millones)		Porcentaje de la población mundial (%)		PIB (miles de millones de dólares PPA constantes de 2017)		Porcentaje del PIB mundial (%)		Usuarios de Internet por cada 100 habitantes	
	2015	2018	2015	2018	2015	2018	2015	2018	2015	2019
<b>Mundo</b>	<b>7 371,65</b>	<b>7 623,14</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>111 572,24</b>	<b>123 921,67</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>41,68</b>	<b>48,40</b>
Altos ingresos	1 317,84	1 336,22	17,88	17,53	58 393,14	62 180,54	52,34	50,18	78,87	87,99
Ingresos medio-altos	2 489,47	2 547,57	33,77	33,42	34 635,03	39 839,99	31,04	32,15	51,57	60,38
Ingresos medio-bajos	2 679,21	2 792,32	36,34	36,63	16 470,51	19 425,00	14,76	15,68	23,45	29,06
Ingresos bajos	885,12	947,04	12,01	12,42	2 073,55	2 476,14	1,86	2,00	12,83	17,53
<b>América</b>	<b>975,79</b>	<b>1 001,65</b>	<b>13,24</b>	<b>13,14</b>	<b>29 586,63</b>	<b>31 384,17</b>	<b>26,52</b>	<b>25,33</b>	<b>62,44</b>	<b>75,32</b>
América del Norte	356,90	364,17	4,84	4,78	20 474,17	21 918,82	18,35	17,69	76,11	89,41
América Latina	581,05	598,77	7,88	7,85	8 841,44	9 163,95	7,92	7,39	55,69	67,91
Caraíbes	37,84	38,71	0,51	0,51	271,01	301,40	0,24	0,24	37,23	57,66
<b>Europa</b>	<b>822,27</b>	<b>829,46</b>	<b>11,15</b>	<b>10,88</b>	<b>28 681,87</b>	<b>30 779,74</b>	<b>25,71</b>	<b>24,84</b>	<b>72,23</b>	<b>82,16</b>
Unión Europea	508,56	511,68	6,90	6,71	21 093,72	22 607,01	18,91	18,24	77,77	85,05
Europa Sudoriental	17,90	17,72	0,24	0,23	231,31	254,15	0,21	0,21	63,23	74,80
Asociación Europea de Libre Comercio	13,86	14,24	0,19	0,19	886,25	939,28	0,79	0,76	91,26	95,11
Europa Oriental	281,95	285,82	3,82	3,75	6 470,59	6 979,30	5,80	5,63	61,89	76,81
<b>África</b>	<b>1 180,80</b>	<b>1 274,21</b>	<b>16,02</b>	<b>16,71</b>	<b>5 612,87</b>	<b>6 130,69</b>	<b>5,03</b>	<b>4,95</b>	<b>23,96</b>	<b>24,20</b>
África Subsahariana	953,42	1 033,08	12,93	13,55	3 555,34	3 834,12	3,19	3,09	20,52	18,21
Estados árabes de África	227,38	241,13	3,08	3,16	2 057,53	2 296,58	1,84	1,85	38,40	50,04
<b>Asia</b>	<b>4 353,78</b>	<b>4 477,14</b>	<b>59,06</b>	<b>58,73</b>	<b>46 311,07</b>	<b>54 127,88</b>	<b>41,51</b>	<b>43,68</b>	<b>35,81</b>	<b>42,94</b>
Asia Central	71,48	75,22	0,97	0,99	774,47	876,02	0,69	0,71	42,81	54,04
Estados árabes de Asia	153,42	162,22	2,08	2,13	3 400,25	3 571,97	3,05	2,88	55,69	70,07
Asia Occidental	103,04	107,09	1,40	1,40	1 535,48	1 799,86	1,38	1,45	51,25	72,94
Asia Meridional	1 749,36	1 814,01	23,73	23,80	8 996,76	10 979,85	8,06	8,86	16,22	20,21
Asia Oriental y Sudoriental	2 276,49	2 318,60	30,88	30,42	31 604,10	36 900,18	28,33	29,78	48,74	57,31
<b>Oceanía</b>	<b>39,03</b>	<b>40,72</b>	<b>0,53</b>	<b>0,53</b>	<b>1 379,94</b>	<b>1 499,34</b>	<b>1,24</b>	<b>1,21</b>	<b>65,64</b>	<b>69,41</b>
<b>Otros grupos</b>										
Menos adelantados	942,30	1 011,00	12,78	13,26	2 433,00	2 815,98	2,18	2,27	13,71	17,74
Todos los Estados árabes	380,80	403,35	5,17	5,29	5 457,78	5 868,55	4,89	4,74	45,37	58,09
OCDE	1 275,10	1 296,63	17,30	17,01	55 038,06	58 890,90	49,33	47,52	76,50	85,62
G20	4 723,61	4 826,67	64,08	63,32	91 421,33	101 355,99	81,94	81,79	47,63	54,84
Organización de Cooperación Islámica	1 734,69	1 838,15	23,53	24,11	15 927,97	17 885,89	14,28	14,43	30,36	38,14
<b>Países específicos</b>										
Alemania	81,79	83,12	1,11	1,09	4 183,10	4 448,72	3,75	3,59	87,59	88,10
Arabia Saudita	31,72	33,70	0,43	0,44	1 551,67	1 604,01	1,39	1,29	69,62	95,70
Argentina	43,08	44,36	0,58	0,58	1 032,32	1 012,07	0,93	0,82	68,04	74,29 <sup>2</sup>
Australia	23,93	24,90	0,32	0,33	1 143,65	1 238,54	1,03	1,00	84,56	86,55 <sup>2</sup>
Brasil	204,47	209,47	2,77	2,75	3 079,19	3 057,47	2,76	2,47	58,33	70,43 <sup>1</sup>
Canadá	36,03	37,07	0,49	0,49	1 705,54	1 813,03	1,53	1,46	90,00	91,00 <sup>2</sup>
China	1 406,85	1 427,65	19,08	18,73	17 403,45	21 229,73	15,60	17,13	50,30	54,30 <sup>2</sup>
Egipto	92,44	98,42	1,25	1,29	977,16	1 118,72	0,88	0,90	37,82	57,30
Estados Unidos de América	320,88	327,10	4,35	4,29	18 768,63	20 105,79	16,82	16,22	74,55	88,50 <sup>1</sup>
Federación de Rusia	144,99	145,73	1,97	1,91	3 743,06	3 915,64	3,35	3,16	70,10	82,60
Francia	64,45	64,99	0,87	0,85	2 898,40	3 051,03	2,60	2,46	78,01	83,30
India	1 310,15	1 352,64	17,77	17,74	7 146,03	8 787,69	6,40	7,09	17,00	20,10 <sup>1</sup>
Indonesia	258,38	267,67	3,51	3,51	2 622,49	3 043,74	2,35	2,46	21,98	47,70
Irán	78,49	81,80	1,06	1,07	996,70	—	0,89	—	45,33	70,00 <sup>1</sup>
Israel	7,98	8,38	0,11	0,11	315,37	351,25	0,28	0,28	77,35	86,80
Italia	60,58	60,63	0,82	0,80	2 456,24	2 549,69	2,20	2,06	58,14	74,39 <sup>1</sup>
Japón	127,99	127,20	1,74	1,67	5 044,06	5 197,07	4,52	4,19	91,06	91,28 <sup>1</sup>
Malasia	30,27	31,53	0,41	0,41	750,49	868,20	0,67	0,70	71,06	84,20
México	121,86	126,19	1,65	1,66	2 350,43	2 522,84	2,11	2,04	57,43	70,10
Reino Unido	65,86	67,14	0,89	0,88	2 924,55	3 077,77	2,62	2,48	92,00	92,50
República de Corea	50,82	51,17	0,69	0,67	1 982,96	2 162,01	1,78	1,74	89,90	96,20
Sudáfrica	55,39	57,79	0,75	0,76	711,16	729,80	0,64	0,59	51,92	56,17 <sup>2</sup>
Turquía	78,53	82,34	1,07	1,08	2 042,98	2 329,55	1,83	1,88	53,74	74,00

Nota: Europa Oriental se refiere a los países que no son miembros de la Unión Europea. Las estimaciones globales y regionales se basan en los datos nacionales, sin extrapolación a otros países. Las siglas OCDE se refieren a la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos.

Fuente: Indicadores del desarrollo mundial del Banco Mundial, agosto de 2020.

Cuadro 1.2: Tendencias mundiales en materia de gasto en investigación, 2014 y 2018

	Gasto bruto en investigación y desarrollo (GBID) [miles de millones de dólares PPA]			Porcentaje del GBID mundial (%)		GBID en porcentaje del PIB (%)		GBID per cápita (en dólares PPA)			GBID por investigador (ETC) [en miles de dólares PPA]		
	2014	2018	Change (%)	2014	2018	2014	2018	2014	2018	Change (%)	2014	2018	Change (%)
<b>Mundo</b>	<b>1 482,68</b>	<b>1 767,27</b>	<b>19,19</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>1,73</b>	<b>1,79</b>	<b>236,16</b>	<b>269,52</b>	<b>14,13</b>	<b>164,40</b>	<b>166,96</b>	<b>1,56</b>
Altos ingresos	1 011,23	1 137,40	12,48	68,20	64,36	2,31	2,40	805,72	890,75	10,55	194,28	195,71	0,74
Ingresos medio-altos	407,70	551,59	35,29	27,50	31,21	1,39	1,57	170,74	223,81	31,08	187,48	199,15	6,22
Ingresos medio-bajos	62,20	76,56	23,09	4,20	4,33	0,48	0,49	27,94	32,40	15,96	126,63	123,21	-2,70
Ingresos bajos	1,55	1,72	10,97	0,10	0,10	0,22	0,22	3,66	3,81	4,10	145,21	138,34	-4,73
<b>América</b>	<b>476,69</b>	<b>531,35</b>	<b>11,47</b>	<b>32,15</b>	<b>30,07</b>	<b>2,05</b>	<b>2,12</b>	<b>536,66</b>	<b>576,51</b>	<b>7,43</b>	<b>245,02</b>	<b>230,33</b>	<b>-6,00</b>
América del Norte	425,21	483,43	13,69	28,68	27,35	2,63	2,73	1 200,02	1 327,48	10,62	284,19	295,60	4,01
América Latina	51,44	47,89	-6,90	3,47	2,71	0,73	0,66	96,60	86,72	-10,23	217,39	184,61	-15,08
El Caribe	0,03	0,03	0,00	0,00	0,00	0,08	0,09	22,75	23,52	3,38	44,57	45,47	2,02
<b>Europa</b>	<b>345,51</b>	<b>390,28</b>	<b>12,96</b>	<b>23,30</b>	<b>22,08</b>	<b>1,72</b>	<b>1,78</b>	<b>423,13</b>	<b>472,56</b>	<b>11,68</b>	<b>125,38</b>	<b>124,80</b>	<b>-0,46</b>
Unión Europea	290,35	330,83	13,94	19,58	18,72	1,94	2,02	572,19	646,65	13,01	153,86	150,40	-2,25
Europa Sudoriental	0,82	1,05	28,05	0,06	0,06	0,57	0,65	64,57	86,45	33,89	55,69	54,72	-1,74
Asociación Europea de Libre Comercio	16,63	18,82	13,17	1,12	1,07	2,65	2,87	1 208,43	1 317,70	9,04	225,11	230,21	2,27
Europa Oriental	37,70	39,57	4,96	2,54	2,24	0,97	0,95	134,43	138,96	3,37	70,91	73,66	3,88
<b>Africa</b>	<b>14,90</b>	<b>17,85</b>	<b>19,80</b>	<b>1,01</b>	<b>1,01</b>	<b>0,54</b>	<b>0,59</b>	<b>24,93</b>	<b>26,82</b>	<b>7,58</b>	<b>137,19</b>	<b>141,05</b>	<b>2,81</b>
Africa Subsahariana	6,51	7,34	12,75	0,44	0,42	0,49	0,51	14,36	14,49	0,91	156,79	147,32	-6,04
Estados árabes de África	8,39	10,51	25,27	0,57	0,59	0,59	0,65	57,51	67,48	17,34	78,35	92,60	18,19
<b>Asia</b>	<b>627,58</b>	<b>808,05</b>	<b>28,76</b>	<b>42,33</b>	<b>45,72</b>	<b>1,62</b>	<b>1,70</b>	<b>159,01</b>	<b>196,99</b>	<b>23,89</b>	<b>159,28</b>	<b>167,32</b>	<b>5,05</b>
Asia Central	0,95	0,81	-14,74	0,06	0,05	0,17	0,12	14,72	11,72	-20,38	25,83	24,44	-5,38
Estados árabes de Asia	6,94	10,17	46,54	0,47	0,58	0,40	0,53	106,66	143,09	34,16	176,41	144,28	-18,21
Asia Occidental	15,54	26,05	67,63	1,05	1,47	0,94	1,37	150,77	242,22	60,66	71,18	93,41	31,23
Asia Meridional	45,61	56,49	23,85	3,08	3,20	0,64	0,60	30,18	35,59	17,93	144,92	140,30	-3,19
Asia Oriental y Sudoriental	558,54	714,52	27,93	37,67	40,43	2,03	2,13	253,47	315,45	24,45	174,77	193,03	10,45
<b>Oceania</b>	<b>18,01</b>	<b>19,75</b>	<b>9,66</b>	<b>1,21</b>	<b>1,12</b>	<b>1,74</b>	<b>1,81</b>	<b>496,95</b>	<b>514,61</b>	<b>3,55</b>	<b>42,05</b>	<b>46,90</b>	<b>11,53</b>
<b>Otros grupos</b>													
Menos adelantados	1,80	2,03	12,78	0,12	0,11	0,19	0,21	3,89	4,08	4,88	137,35	132,04	-3,87
Todos los Estados árabes	15,33	20,69	34,96	1,03	1,17	0,48	0,59	72,61	91,15	25,53	109,07	109,09	0,02
OCDE	988,49	1 114,38	12,74	66,67	63,06	2,36	2,43	779,71	859,34	10,21	206,90	204,27	-1,27
G20	1 393,89	1 647,65	18,21	94,01	93,23	1,93	1,99	299,38	343,87	14,86	182,53	188,45	3,24
Organización de Cooperación Islámica	48,73	69,04	41,68	3,29	3,91	0,45	0,60	45,96	59,20	28,81	92,17	89,86	-2,51
<b>Países específicos</b>													
Alemania	85,96	99,99	16,32	5,80	5,66	2,87	3,09	1 055,35	1 202,88	13,98	244,26	230,80	-5,51
Argentina	4,28	4,03 <sup>1</sup>	-5,84	0,29	0,23 <sup>1</sup>	0,59	0,54 <sup>1</sup>	100,28	91,63 <sup>1</sup>	-8,63	83,09	76,86 <sup>1</sup>	-7,50
Australia	-	17,30	-	-	0,98	-	1,87	-	703,57	-	-	-	-
Brasil	35,56	33,30	-6,36	2,40	1,88 <sup>1</sup>	1,27	1,26	175,35	160,23	-8,62	197,54	-	-
Canadá	23,47	22,85 <sup>1</sup>	-2,64	1,58	1,29	1,72	1,57 <sup>1</sup>	658,16	616,40 <sup>1</sup>	-6,34	144,91	150,68 <sup>1</sup>	3,98
China	313,94	439,02	39,84	21,18	24,84	2,03	2,19	224,33	307,51	37,08	205,96	235,26	14,23
Egipto	5,14	6,99	35,99	0,35	0,40	0,64	0,72	56,89	71,03	24,85	84,26	103,44	22,76
Estados Unidos de América	401,74	460,58 <sup>1</sup>	14,65	27,10	26,06 <sup>1</sup>	2,72	2,84 <sup>1</sup>	1 260,66	1 408,08 <sup>1</sup>	11,69	299,78	309,94 <sup>1</sup>	3,39
Federación de Rusia	24,00	22,57	-5,96	1,62	1,28	1,07	0,99	165,89	154,88	-6,64	53,94	55,62	3,11
Francia	47,55	48,88	2,80	3,21	2,77	2,28	2,20	740,75	752,06	1,53	174,97	159,49	-8,85
India	43,55	54,04	24,09	2,94	3,06	0,70	0,65	33,62	39,95	18,83	-	158,11	-
Indonesia	-	6,26	-	-	0,35	-	0,23	-	23,40	-	-	108,36	-
Irán	-	11,40 <sup>1</sup>	-	-	0,64 <sup>1</sup>	-	0,83 <sup>1</sup>	-	141,28 <sup>1</sup>	-	-	95,79 <sup>1</sup>	-
Israel	10,19	13,81	35,53	0,69	0,78	4,17	4,95	1 297,90	1 647,67	26,95	-	-	-
Italia	22,15	24,15	9,03	1,49	1,37	1,34	1,40	366,62	398,30	8,64	187,40	172,67	-7,86
Japón	143,48	144,12	0,45	9,68	8,16	3,40	3,26	1 119,47	1 133,01	1,21	210,10	212,53	1,16
Malasia	8,23	-	-	0,56	-	1,26	-	275,50	-	-	134,12	-	-
México	7,04	5,59	-20,60	0,47	0,32	0,44	0,31	58,50	44,27	-24,32	224,85	-	-
Reino Unido	36,00	40,24	11,78	2,43	2,28	1,66	1,72	550,28	599,32	8,91	130,16	130,19	0,02
República de Corea	68,98	86,62	25,57	4,65	4,90	4,29	4,53	1 363,09	1 692,64	24,18	199,68	212,10	6,22
Sudáfrica	4,64	5,16 <sup>1</sup>	11,21	0,31	0,29 <sup>1</sup>	0,77	0,83 <sup>1</sup>	85,12	90,55 <sup>1</sup>	6,38	196,96	174,89 <sup>1</sup>	-11,21
Turquía	10,83	14,22 <sup>1</sup>	31,30	0,73	0,80 <sup>1</sup>	0,86	0,96 <sup>1</sup>	140,19	175,26 <sup>1</sup>	25,02	120,76	127,05 <sup>1</sup>	5,21

Nota: las cifras del GBID están en dólares PPA (precios constantes de 2005). Muchos de los datos de base son estimaciones del Instituto de Estadística de la UNESCO, en particular para los países en desarrollo. Además, en numerosos países en desarrollo los datos no cubren todos los sectores de la economía.

Fuente: estimaciones mundiales y regionales basadas en los datos nacionales del Instituto de Estadística de la UNESCO, agosto de 2020, sin extrapolación.

Cuadro 1.3: Tendencias mundiales en materia de gasto en personal investigador, 2014 y 2018

	Investigadores (ETC, miles)			Parte del total mundial de investigadores (%)		Mujeres, en número de personas físicas (%)	Número de investigadores por millón de habitantes (ETC)			Número de técnicos por millón de habitantes (ETC)		
	2014	2018	Change (%)	2014	2018		2014	2018	Change (%)	2014	2018	Change (%)
	<b>Mundo</b>	<b>7 789.79</b>	<b>8 854.29</b>	<b>13.67</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>33.25</b>	<b>1 245.3</b>	<b>1368.0</b>	<b>9.86</b>	<b>301.7</b>	<b>311.3</b>
Altos ingresos	4 885.91	5 333.83	9.17	62.72	60.24	29.59	3 994.7	4301.1	7.67	1 021.7	1 047.1	2.49
Ingresos medio-altos	2 256.87	2 762.41	22.40	28.97	31.20	42.65	955.0	1 141.1	19.49	358.1	425.3	18.77
Ingresos medio-bajos	633.92	739.42	16.64	8.14	8.35	42.79	275.8	312.2	13.20	83.5	73.8	-11.62
Ingresos bajos	13.09	18.64	42.37	0.17	0.21	19.54	33.1	45.1	36.13	20.1	22.7	12.94
<b>América</b>	<b>1 797.28</b>	<b>1 918.33</b>	<b>6.74</b>	<b>23.07</b>	<b>21.67</b>	<b>49.80</b>	<b>2 046.7</b>	<b>2 131.6</b>	<b>4.15</b>	<b>33.1</b>	<b>45.1</b>	<b>36.25</b>
América del Norte	1 502.09	1 603.66	6.76	19.28	18.11	—	4 239.1	4 432.2	107.72	1 353.0	1 280.2	-5.38
América Latina	294.49	313.95	6.61	3.78	3.55	49.77	563.7	592.9	5.19	531.2	556.6	4.78
El Caribe	0.70	0.72	2.02	0.01	0.01	50.24	509.2	519.5	2.02	273.8	268.4	-1.97
<b>Europa</b>	<b>2 446.37</b>	<b>2 746.56</b>	<b>12.27</b>	<b>31.40</b>	<b>31.02</b>	<b>34.85</b>	<b>3 034.4</b>	<b>3 372.0</b>	<b>11.12</b>	<b>930.4</b>	<b>977.0</b>	<b>5.01</b>
Unión Europea	1 772.36	2 081.75	17.46	22.75	23.51	33.78	3 492.9	4 069.2	16.50	1 336.2	1 413.6	5.79
Europa Sudoriental	16.21	18.23	12.47	0.21	0.21	51.21	1 290.8	1 487.2	15.21	236.7	275.3	16.31
Asociación Europea de Libre Comercio	74.43	83.05	11.58	0.96	0.94	36.59	5 406.9	5 876.6	8.69	2 525.0	2 631.7	4.23
Europa Oriental	583.37	563.53	-3.40	7.49	6.36	39.04	2 153.5	2 053.8	-4.63	357.1	362.8	1.60
<b>Africa</b>	<b>194.59</b>	<b>221.28</b>	<b>13.72</b>	<b>2.50</b>	<b>2.50</b>	<b>41.82</b>	<b>307.9</b>	<b>326.4</b>	<b>6.01</b>	<b>86.0</b>	<b>93.3</b>	<b>8.49</b>
África Subsahariana	46.54	59.93	28.77	0.60	0.68	33.48	102.3	123.8	20.97	36.4	38.5	5.77
Estados árabes de África	148.05	161.36	8.99	1.90	1.82	44.87	837.0	866.2	3.49	202.7	214.5	5.82
<b>Asia</b>	<b>3 326.52</b>	<b>3 941.58</b>	<b>18.49</b>	<b>42.70</b>	<b>44.52</b>	<b>28.43</b>	<b>845.0</b>	<b>969.9</b>	<b>14.79</b>	<b>130.2</b>	<b>133.6</b>	<b>2.61</b>
Asia Central	29.07	27.68	-4.77	0.37	0.31	44.90	609.1	545.0	-10.52	104.0	75.4	-27.50
Estados árabes de Asia	29.53	40.33	36.58	0.38	0.46	34.17	354.7	458.2	29.18	148.8	149.3	0.34
Asia Occidental	68.21	126.51	85.48	0.88	1.43	33.95	826.6	1 494.0	80.74	160.1	491.5	207.00
Asia Meridional	336.37	415.29	23.46	4.32	4.69	39.14	219.7	262.8	19.61	86.0	67.7	-21.28
Asia Oriental y Sudoriental	2 863.35	3 331.77	16.36	36.76	37.63	26.31	1 297.9	1 475.6	13.70	209.8	224.1	6.82
<b>Oceanía</b>	<b>25.03</b>	<b>26.53</b>	<b>6.01</b>	<b>0.32</b>	<b>0.30</b>	<b>33.25</b>	<b>1 978.9</b>	<b>2 005.6</b>	<b>1.35</b>	<b>382.4</b>	<b>464.6</b>	<b>21.50</b>
<b>Otros grupos</b>												
Menos adelantados	21.65	28.21	30.35	0.28	0.32	21.98	49.1	62	26.27	20.6	23.3	13.11
Tous les États árabes	177.58	201.69	13.58	2.28	2.28	42.60	681.9	736	7.93	185.4	193.7	4.48
OCDE	4 478.64	4 987.73	11.37	57.49	56.33	28.96	3 622.6	3 959	9.29	926.9	976.2	5.32
G20	6 973.47	7 865.54	12.79	89.52	88.83	30.82	1 504.3	1 654	9.95	405.0	406.8	0.44
Organización de Cooperación Islámica	533.53	681.62	27.76	6.85	7.70	40.17	499.5	609	21.93	94.1	140.9	49.73
<b>Países específicos</b>												
Alemania	351.92	433.23	23.10	4.51	4.90	27.9 <sup>1</sup>	4 320.7	5 211.87	20.63	1 883.2	2 018.0	7.16
Argentina	51.46	52.4 <sup>1</sup>	1.79	0.66	0.59 <sup>1</sup>	54.07 <sup>1</sup>	1 206.9	1 192.23 <sup>1</sup>	-1.22	318.8	398.1	24.87
Brasil	179.99	—	—	2.31	—	—	887.7	—	—	969.9	—	—
Canadá	161.98	158.89 <sup>1</sup>	-1.91	2.08	1.80 <sup>1</sup>	—	4 541.9	4 325.64 <sup>1</sup>	-4.76	1 353.0	1 268.4 <sup>1</sup>	-6.25
China	1 524.28	1 866.11	22.43	19.55	21.12	—	1 089.2	1 307.12	20.01	—	—	—
Egipto	61.06	67.59	10.70	0.78	0.76	45.6	675.2	686.72	1.70	351.6	369.6	5.12
Estados Unidos de América	1 340.10	1 434.42 <sup>1</sup>	7.04	17.19	16.23 <sup>1</sup>	—	4 205.3	4 412.44 <sup>1</sup>	4.93	—	—	—
Federación de Rusia	444.87	405.77	-8.79	5.71	4.59	39.2	3 075.1	2 784.33	-9.46	496.6	437.8	-11.84
Francia	271.77	306.45	12.76	3.49	3.47	28.3 <sup>1</sup>	4 233.6	4 715.32	11.38	1 809.3	1 805.5 <sup>1</sup>	-0.21
India	—	341.82	—	—	3.87	—	—	252.70	—	95.5	73.1	-23.46
Indonesia	—	57.82	—	—	0.65	45.8	—	215.99	—	16.3 <sup>2</sup>	34.7	112.88
Irán	—	118.99 <sup>1</sup>	—	—	1.35 <sup>1</sup>	31.2 <sup>1</sup>	—	1 474.91 <sup>1</sup>	—	160.6 <sup>1</sup>	496.8 <sup>1</sup>	209.34
Italia	118.18	139.85	18.34	1.52	1.58	34.3 <sup>1</sup>	1 956.4	2 306.77	17.91	—	—	—
Japón	682.94	678.13	-0.70	8.76	7.67	16.6	5 328.4	5 331.15	0.05	537.0	524.3	-2.36
Malasia	61.35	—	—	0.79	—	48.2 <sup>2</sup>	2 054.2	—	—	212.2	233.4	9.99
México	31.32	—	—	0.40	—	—	260.2	—	—	115.6	140.3 <sup>2</sup>	21.37
Reino Unido	276.58	309.07	11.75	3.55	3.50	38.7 <sup>2</sup>	4 227.6	4 603.31	8.89	1 255.5	1 305.4 <sup>2</sup>	3.97
República de Corea	345.46	408.37	18.21	4.43	4.62	20.4	6 826.3	7 980.40	16.91	1 228.2	1 251.1	1.86
Sudáfrica	23.57	29.52 <sup>1</sup>	25.21	0.30	0.33 <sup>1</sup>	44.9 <sup>1</sup>	432.2	517.72 <sup>1</sup>	19.80	141.7	129.5 <sup>1</sup>	-8.61
Turquía	89.66	111.89 <sup>1</sup>	24.80	1.15	1.27 <sup>1</sup>	37.0 <sup>1</sup>	1 160.9	1 379.41 <sup>1</sup>	18.82	208.3	353.7 <sup>1</sup>	69.80

Nota: los investigadores se contabilizan en equivalentes a tiempo completo (ETC). Las estimaciones mundiales y regionales se basan en los datos en ETC disponibles según los países. El número de investigadoras se basa en los datos de recuento disponibles para el año más reciente del período 2015-2018. Véase el cuadro 1.1 para las cifras regionales.

Fuente: estimaciones mundiales y regionales basadas en los datos nacionales del Instituto de Estadística de la UNESCO, agosto de 2020, sin extrapolación.

Cuadro 1.4: Tendencias mundiales en materia de publicaciones científicas, 2015 y 2019

	Tecnologías estratégicas transversales															
	Volumen		Evolución (%)		Porcentaje mundial (%)		Publicaciones por millón de habitantes		Publicaciones por coautores internacionales (%)		Volumen		Evolución (%)		Porcentaje mundial (%)	
	2015	2019	2015–2019	100,00	2015	2019	295,24	340,90	21,69	23,48	351 447	467 883	2015–2019	100,00	2015	2019
<b>Mundo</b>	<b>2 178 625</b>	<b>2 629 248</b>	<b>20,68</b>	<b>100,00</b>												
Altos ingresos	1 509 655	1 654 704	9,61	69,29	62,93	1 139,12	1 226,93	30,40	35,46	212 582	244 026	14,79	60,49	52,16		
Ingresos medio-altos	702 587	1 000 301	42,37	32,25	38,05	282,22	389,91	24,89	27,41	140 207	208 580	48,77	39,89	44,58		
Ingresos medio-bajos	174 394	299 319	71,63	8,00	11,38	65,09	105,76	29,11	29,63	33 977	75 894	123,37	9,67	16,22		
Ingresos bajos	13 923	23 799	70,93	0,64	0,91	15,73	24,58	72,13	69,96	1 014	2 739	170,12	0,29	0,59		
<b>América</b>	<b>658 936</b>	<b>724 263</b>	<b>9,91</b>	<b>30,25</b>	<b>27,55</b>	<b>672,69</b>	<b>714,78</b>	<b>34,99</b>	<b>39,44</b>	<b>77 773</b>	<b>87 323</b>	<b>12,28</b>	<b>22,13</b>	<b>18,66</b>		
América del Norte	565 726	609 538	7,74	25,97	23,18	1 568,56	1 648,32	36,52	41,29	66 316	71 063	7,16	18,87	15,19		
América Latina	107 634	135 039	25,46	4,94	5,14	185,24	223,39	36,75	40,82	12 516	17 534	40,09	3,56	3,75		
El Caribe	2 833	3 110	9,78	0,13	0,12	74,87	79,78	59,20	71,16	237	301	27,00	0,07	0,06		
<b>Europa</b>	<b>822 170</b>	<b>918 168</b>	<b>11,68</b>	<b>37,74</b>	<b>34,92</b>	<b>995,42</b>	<b>1 099,43</b>	<b>37,35</b>	<b>41,14</b>	<b>117 410</b>	<b>140 646</b>	<b>19,79</b>	<b>33,41</b>	<b>30,06</b>		
Unión Europea	700 849	752 472	7,37	32,17	28,62	1 368,20	1 457,36	41,01	46,54	99 892	108 910	9,03	28,42	23,28		
Europa Sudoriental	8 125	8 967	10,36	0,37	0,34	453,84	507,60	43,47	52,68	1 160	1 156	-0,34	0,33	0,25		
Asociación Europea de Libre Comercio	54 041	61 685	14,14	2,48	2,35	3 897,85	4 299,42	66,28	69,91	6 055	6 811	12,49	1,72	1,46		
Europa Oriental	105 579	152 895	44,82	4,85	5,82	374,47	533,12	25,33	24,54	15 432	30 547	97,95	4,39	6,53		
<b>África</b>	<b>61 236</b>	<b>92 133</b>	<b>50,46</b>	<b>2,81</b>	<b>3,50</b>	<b>51,86</b>	<b>70,53</b>	<b>53,95</b>	<b>55,40</b>	<b>8 966</b>	<b>14 537</b>	<b>62,13</b>	<b>2,55</b>	<b>3,11</b>		
Africa Subsahariana	30 805	47 374	53,79	1,41	1,80	32,31	44,67	58,89	60,52	3 112	5 916	90,10	0,89	1,26		
Estados árabes de África	30 951	45 665	47,54	1,42	1,74	136,12	185,84	49,81	50,98	5 910	8 704	47,28	1,68	1,86		
<b>Asia</b>	<b>900 254</b>	<b>1 262 260</b>	<b>40,21</b>	<b>41,32</b>	<b>48,01</b>	<b>206,78</b>	<b>279,46</b>	<b>22,61</b>	<b>24,43</b>	<b>184 247</b>	<b>281 245</b>	<b>52,65</b>	<b>52,43</b>	<b>60,11</b>		
Asia Central	2 528	5 780	128,64	0,12	0,22	35,37	75,62	60,96	61,28	536	1 456	171,64	0,15	0,31		
Estados árabes de Asia	32 414	58 153	79,41	1,49	2,21	211,28	352,07	70,77	62,15	6 923	12 443	79,73	1,97	2,66		
Asia Occidental	699 375	964 627	37,93	32,10	36,69	307,22	413,75	22,03	24,17	147 103	211 303	43,64	41,86	45,16		
Asia Meridional	126 301	191 638	51,73	5,80	7,29	72,20	104,42	21,45	24,46	24 939	52 818	111,79	7,10	11,29		
Asia Oriental y Sudoriental	59 727	82 087	37,44	2,74	3,12	579,63	757,01	30,15	34,89	8 687	11 431	31,59	2,47	2,44		
<b>Oceanía</b>	<b>80 984</b>	<b>98 304</b>	<b>21,39</b>	<b>3,72</b>	<b>3,74</b>	<b>2 074,98</b>	<b>2 381,70</b>	<b>53,55</b>	<b>61,61</b>	<b>9 298</b>	<b>11 924</b>	<b>28,24</b>	<b>2,65</b>	<b>2,55</b>		
<b>Otros grupos</b>																
Menos adelantados	13 826	23 572	70,49	0,63	0,90	14,67	22,78	72,90	71,30	1 081	2 881	166,51	0,31	0,62		
Todos los Estados árabes	58 447	95 817	63,94	2,68	3,64	153,49	233,19	57,21	53,66	11 944	19 840	66,11	3,40	4,24		
OCDE	1 439 908	1 549 257	7,59	66,09	58,92	1 122,70	1 182,48	30,49	35,72	195 786	215 660	10,15	55,71	46,09		
G20	1 989 718	2 381 962	19,71	91,33	90,59	420,57	489,53	23,33	25,31	316 697	419 013	32,31	90,11	89,56		
Organización de Cooperación Islámica	183 243	300 234	63,84	8,41	11,42	105,63	160,31	36,35	36,80	33 640	59 098	75,68	9,57	12,63		
<b>Países específicos</b>																
Alemania	144 201	152 348	5,65	6,62	5,79	1 763,12	1 824,15	50,56	54,79	19 974	20 814	4,21	5,68	4,45		
Arabia Saudita	17 681	25 205	42,55	0,81	0,96	557,45	735,51	76,22	75,84	3 672	4 994	36,00	1,04	1,07		
Argentina	10 982	12 280	11,82	0,50	0,47	254,95	274,23	46,60	50,47	897	1 071	19,40	0,26	0,23		
Australia	71 691	87 187	21,61	3,29	3,32	2 995,55	3 459,36	53,94	62,23	8 366	10 736	28,33	2,38	2,29		
Brasil	61 006	74 270	21,74	2,80	2,82	298,36	351,91	30,75	35,21	6 699	8 596	28,32	1,91	1,84		
Canadá	82 595	94 578	14,51	3,79	3,60	2 292,61	2 528,08	51,84	57,94	9 533	10 699	12,23	2,71	2,29		
China	431 654	644 655	49,35	19,81	24,52	306,82	449,62	20,23	22,98	98 669	149 832	51,85	28,08	32,02		
Egipto	14 728	23 224	57,69	0,68	0,88	159,32	231,34	52,17	53,33	2 402	3 787	57,66	0,68	0,81		
Estados Unidos de América	502 105	538 259	7,20	23,05	20,47	1 546,66	1 619,40	36,40	40,91	58 082	61 890	6,56	16,53	13,23		
Federación de Rusia	60 156	96 394	60,24	2,76	3,67	414,91	660,81	27,17	23,73	9 558	20 666	116,22	2,72	4,42		
Francia	101 491	101 081	-0,40	4,66	3,84	1 510,19	1 486,96	54,50	60,34	14 016	12 788	-8,76	3,99	2,73		
India	110 282	161 066	46,05	5,06	6,13	84,17	117,87	17,67	18,88	22 725	47 333	108,29	6,47	10,12		
Indonesia	6 080	37 513	516,99	0,28	1,43	23,53	138,62	40,10	17,03	1 811	9 195	407,73	0,52	1,97		
Irán	41 292	60 562	46,67	1,90	2,30	526,06	730,42	20,60	28,17	6 629	9 091	37,14	1,89	1,94		
Israel	16 393	18 671	13,90	0,75	0,71	2 054,65	2 191,59	51,96	54,26	1 852	1 949	5,24	0,53	0,42		
Italia	91 895	103 577	12,71	4,22	3,94	1 516,96	1 710,60	46,34	50,27	12 500	13 718	9,74	3,56	2,93		
Japón	117 020	119 347	1,99	5,37	4,54	914,32	940,78	26,27	31,24	17 564	18 129	3,22	5,00	3,87		
Malasia	22 405	30 172	34,67	1,03	1,15	740,15	944,36	39,01	43,84	7 428	9 912	33,44	2,11	2,12		
Méjico	18 321	23 508	28,31	0,84	0,89	150,35	184,27	40,28	44,95	2 662	3 414	28,25	0,76	0,73		
Reino Unido	141 834	160 174	12,93	6,51	6,09	2 137,31	2 353,92	57,58	64,49	16 960	19 316	13,89	4,83	4,13		
República de Corea	71 719	81 327	13,40	3,29	3,09	1 411,15	1 587,63	26,89	29,33	12 992	15 793	21,56	3,70	3,38		
Sudáfrica	14 706	21 062	43,22	0,68	0,80	265,52	359,68	54,13	57,42	1 622	2 623	61,71	0,46	0,56		
Turquía	36 308	43 245	19,11	1,67	1,64	462,35	518,34	21,16	25,12	3 876	5 927	52,92	1,10	1,27		

Nota: la suma de los valores regionales es superior al total mundial porque los trabajos firmados por varios autores procedentes de diferentes regiones se contabilizan para cada una de las regiones en cuestión.

Fuente: Scopus (Elsevier), excepto artes, humanidades y ciencias sociales; tratamiento de datos por Science-Metrix.

Cuadro 1.5: Tendencias mundiales en materia de publicaciones científicas sobre tecnologías estratégicas transversales específicas, 2015 y 2019

	Volumen											
	IA y robótica		Biotecnología		Energía		Materiales		Nanociencia y nanotecnología		Optoelectrónica	
	2015	2019	2015	2019	2015	2019	2015	2019	2015	2019	2015	2019
<b>Mundo</b>	<b>102 347</b>	<b>147 806</b>	<b>16 707</b>	<b>18 714</b>	<b>86 771</b>	<b>108 129</b>	<b>63 705</b>	<b>93 033</b>	<b>31 226</b>	<b>46 121</b>	<b>29 517</b>	<b>26 651</b>
Altos ingresos	65 365	74 661	9 869	9 394	49 997	57 245	31 625	40 729	21 104	27 979	18 560	15 330
Ingresos medio-altos	33 075	50 340	6 531	9 333	36 903	53 560	32 529	48 484	13 290	24 657	11 813	11 872
Ingresos medio-bajos	13 052	37 389	2 283	2 937	7 890	12 701	6 097	15 194	2 035	3 588	1 293	1 816
Ingresos bajos	280	1 037	79	120	249	607	89	284	33	103	31	67
<b>América</b>	<b>20 633</b>	<b>24 969</b>	<b>3 934</b>	<b>4 161</b>	<b>19 674</b>	<b>21 445</b>	<b>9 471</b>	<b>10 588</b>	<b>8 457</b>	<b>11 053</b>	<b>7 623</b>	<b>5 964</b>
América del Norte	16 628	18 727	2 876	2 603	16 859	17 434	7 623	8 088	8 075	10 514	6 901	5 354
América Latina	4 211	6 524	1 122	1 651	3 152	4 394	1 974	2 661	478	670	800	655
El Caribe	92	144	36	20	53	60	26	44	6	6	4	5
<b>Europa</b>	<b>40 993</b>	<b>47 402</b>	<b>4 883</b>	<b>4 984</b>	<b>26 524</b>	<b>31 950</b>	<b>19 124</b>	<b>28 125</b>	<b>8 181</b>	<b>11 040</b>	<b>9 781</b>	<b>8 299</b>
Unión Europea	36 554	37 207	4 284	4 246	21 637	25 662	14 797	17 913	7 355	9 717	8 244	6 178
Europa Sudoriental	382	336	79	86	325	313	201	302	41	37	37	30
Asociación Europea de Libre Comercio	1 851	2 034	191	215	1 635	1 837	680	804	589	861	382	334
Europa Oriental	3 624	9 658	528	666	4 004	5 586	4 423	10 466	767	1 280	1 580	2 283
Africa	3 207	4 752	551	844	2 710	4 443	1 185	2 451	400	604	310	445
Africa Subsahariana	823	1 539	221	383	1 169	2 018	334	965	91	168	61	125
Estados árabes de África	2 389	3 225	334	467	1 563	2 450	862	1 505	311	441	254	330
<b>Asia</b>	<b>46 913</b>	<b>84 072</b>	<b>9 285</b>	<b>11 355</b>	<b>45 754</b>	<b>64 150</b>	<b>39 692</b>	<b>60 953</b>	<b>19 968</b>	<b>32 818</b>	<b>14 800</b>	<b>14 896</b>
Asia Central	142	569	15	11	194	317	102	304	6	80	62	149
Estados árabes de Asia	1 908	3 936	286	458	2 466	4 125	883	2 050	719	1 008	283	294
Asia Occidental	33 662	50 330	6 854	8 491	36 498	50 194	33 248	49 993	17 598	28 957	13 139	13 030
Asia Meridional	9 956	29 049	1 896	2 179	5 045	7 976	4 599	7 961	1 566	2 875	837	1 118
Asia Oriental y Sudoriental	2 173	2 402	473	657	2 579	3 744	1 667	2 250	612	927	648	565
<b>Oceanía</b>	<b>2 918</b>	<b>3 469</b>	<b>368</b>	<b>412</b>	<b>2 198</b>	<b>3 066</b>	<b>1 328</b>	<b>1 671</b>	<b>1 078</b>	<b>1 809</b>	<b>466</b>	<b>308</b>
<b>Otros grupos</b>												
Menos adelantados	325	1 126	82	132	289	630	95	295	32	111	33	67
Todos los Estados árabes	4 091	6 868	558	833	3 785	6 187	1 581	3 219	886	1 340	498	577
OCDE	60 878	66 911	9 396	9 105	45 852	51 576	28 260	32 085	18 834	24 861	16 979	13 274
G20	91 303	128 003	15 220	16 808	76 010	96 361	58 375	84 400	28 953	43 399	27 521	25 161
Organización de Cooperación Islámica	9 685	20 149	1 759	2 604	11 790	15 537	5 659	13 942	1 740	2 767	1 426	1 585
<b>Países específicos</b>												
Alemania	6 712	6 726	827	776	3 950	4 305	3 262	3 441	1 949	2 684	1 995	1 507
Arabia Saudita	927	1 265	192	195	1 075	1 662	519	849	584	639	159	146
Argentina	218	250	116	120	205	336	162	179	59	64	32	20
Australia	2 520	3 003	325	342	2 077	2 840	1 202	1 541	1 045	1 743	432	286
Brasil	2 037	2 640	684	1 032	1 641	2 181	1 331	1 654	256	293	405	341
Canadá	2 792	3 217	413	431	2 752	2 937	1 111	1 227	794	1 143	780	630
China	20 414	29 766	3 891	5 608	24 352	38 521	24 863	35 942	11 554	22 270	9 559	10 010
Egipto	610	837	166	302	760	1 247	404	784	236	279	132	201
Estados Unidos de América	14 149	15 893	2 526	2 231	14 435	14 862	6 636	7 001	7 419	9 614	6 251	4 841
Federación de Rusia	1 986	5 704	254	273	2 527	3 259	2 949	8 357	455	903	1 161	1 898
Francia	5 215	4 536	512	461	2 755	2 667	2 031	1 900	1 170	1 350	1 374	945
India	9 276	26 779	1 770	1 918	4 562	6 609	4 152	7 257	1 433	2 550	717	969
Indonesia	822	3 229	57	138	670	1 098	166	4 264	16	86	42	182
Irán	1 357	1 613	406	590	2 366	3 463	1 514	1 952	369	548	312	314
Israel	745	638	59	56	165	196	122	216	236	361	308	215
Italia	4 380	4 773	496	436	3 429	3 683	1 242	1 651	953	1 128	959	664
Japón	4 891	5 917	973	953	3 778	3 293	3 481	3 295	1 841	2 225	1 847	1 603
Malasia	1 685	4 404	357	446	3 550	1 821	1 137	2 598	258	307	236	138
México	969	1 228	204	324	605	761	362	505	120	218	234	213
Reino Unido	5 700	6 192	472	578	3 903	4 947	2 166	2 458	1 488	2 072	1 410	950
República de Corea	2 426	3 029	1 304	1 108	2 900	3 786	2 510	3 009	2 630	3 452	645	592
Sudáfrica	511	701	85	145	529	959	214	441	72	84	40	93
Turquía	1 094	2 073	247	355	943	1 544	929	1 242	181	240	224	159

Nota: la suma de los valores regionales es superior a la cifra total porque los trabajos firmados por varios autores procedentes de diferentes regiones se contabilizan para cada una de las regiones en cuestión. Las seis tecnologías transversales presentadas aquí iban seguidas de la bioinformática, la Internet de las cosas, los estudios estratégicos, de defensa y seguridad y la tecnología de cadenas de bloques. Véase el cuadro 1.1 para las cifras regionales.

Fuente: Scopus (Elsevier), excepto Artes, Humanidades y Ciencias Sociales; tratamiento de datos por Science-Metrix.

Porcentaje mundial (%)												
	IA y robótica		Biotecnología		Energía		Materiales		Nanociencia y nanotecnología		Optoelectrónica	
	2015	2019	2015	2019	2015	2019	2015	2019	2015	2019	2015	2019
<b>Mundo</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>								
Altos ingresos	63,87	50,51	59,07	50,20	57,62	52,94	49,64	43,78	67,58	60,66	62,88	57,52
Ingresos medio-altos	32,32	34,06	39,09	49,87	42,53	49,53	51,06	52,11	42,56	53,46	40,02	44,55
Ingresos medio-bajos	12,75	25,30	13,66	15,69	9,09	11,75	9,57	16,33	6,52	7,78	4,38	6,81
Ingresos bajos	0,27	0,70	0,47	0,64	0,29	0,56	0,14	0,31	0,11	0,22	0,11	0,25
<b>América</b>	<b>20,16</b>	<b>16,89</b>	<b>23,55</b>	<b>22,23</b>	<b>22,67</b>	<b>19,83</b>	<b>14,87</b>	<b>11,38</b>	<b>27,08</b>	<b>23,97</b>	<b>25,83</b>	<b>22,38</b>
América del Norte	16,25	12,67	17,21	13,91	19,43	16,12	11,97	8,69	25,86	22,80	23,38	20,09
América Latina	4,11	4,41	6,72	8,82	3,63	4,06	3,10	2,86	1,53	1,45	2,71	2,46
El Caribe	0,09	0,10	0,22	0,11	0,06	0,06	0,04	0,05	0,02	0,01	0,01	0,02
<b>Europa</b>	<b>40,05</b>	<b>32,07</b>	<b>29,23</b>	<b>26,63</b>	<b>30,57</b>	<b>29,55</b>	<b>30,02</b>	<b>30,23</b>	<b>26,20</b>	<b>23,94</b>	<b>33,14</b>	<b>31,14</b>
Unión Europea	35,72	25,17	25,64	22,69	24,94	23,73	23,23	19,25	23,55	21,07	27,93	23,18
Europa Sudoriental	0,37	0,23	0,47	0,46	0,37	0,29	0,32	0,32	0,13	0,08	0,13	0,11
Asociación Europea de Libre Comercio	1,81	1,38	1,14	1,15	1,88	1,70	1,07	0,86	1,89	1,87	1,29	1,25
Europa Oriental	3,54	6,53	3,16	3,56	4,61	5,17	6,94	11,25	2,46	2,78	5,35	8,57
<b>Africa</b>	<b>3,13</b>	<b>3,22</b>	<b>3,30</b>	<b>4,51</b>	<b>3,12</b>	<b>4,11</b>	<b>1,86</b>	<b>2,63</b>	<b>1,28</b>	<b>1,31</b>	<b>1,05</b>	<b>1,67</b>
África Subsahariana	0,80	1,04	1,32	2,05	1,35	1,87	0,52	1,04	0,29	0,36	0,21	0,47
Estados árabes de África	2,33	2,18	2,00	2,50	1,80	2,27	1,35	1,62	1,00	0,96	0,86	1,24
<b>Asia</b>	<b>45,84</b>	<b>56,88</b>	<b>55,58</b>	<b>60,68</b>	<b>52,73</b>	<b>59,33</b>	<b>62,31</b>	<b>65,52</b>	<b>63,95</b>	<b>71,16</b>	<b>50,14</b>	<b>55,89</b>
Asia Central	0,14	0,38	0,09	0,06	0,22	0,29	0,16	0,33	0,02	0,17	0,21	0,56
Estados árabes de Asia	1,86	2,66	1,71	2,45	2,84	3,81	1,39	2,20	2,30	2,19	0,96	1,10
Asia Occidental	32,89	34,05	41,02	45,37	42,06	46,42	52,19	53,74	56,36	62,78	44,51	48,89
Asia Meridional	9,73	19,65	11,35	11,64	5,81	7,38	7,22	8,56	5,02	6,23	2,84	4,19
Asia Oriental y Sudoriental	2,12	1,63	2,83	3,51	2,97	3,46	2,62	2,42	1,96	2,01	2,20	2,12
<b>Oceanía</b>	<b>2,85</b>	<b>2,35</b>	<b>2,20</b>	<b>2,20</b>	<b>2,53</b>	<b>2,84</b>	<b>2,08</b>	<b>1,80</b>	<b>3,45</b>	<b>3,92</b>	<b>1,58</b>	<b>1,16</b>
<b>Otros grupos</b>												
Menos adelantados	0,32	0,76	0,49	0,71	0,33	0,58	0,15	0,32	0,10	0,24	0,11	0,25
Todos los Estados árabes	4,00	4,65	3,34	4,45	4,36	5,72	2,48	3,46	2,84	2,91	1,69	2,17
OCDE	59,48	45,27	56,24	48,65	52,84	47,70	44,36	34,49	60,32	53,90	57,52	49,81
G20	89,21	86,60	91,10	89,82	87,60	89,12	91,63	90,72	92,72	94,10	93,24	94,41
Organización de Cooperación Islámica	9,46	13,63	10,53	13,91	13,59	14,37	8,88	14,99	5,57	6,00	4,83	5,95
<b>Países específicos</b>												
Alemania	6,56	4,55	4,95	4,15	4,55	3,98	5,12	3,70	6,24	5,82	6,76	5,65
Arabia Saudita	0,91	0,86	1,15	1,04	1,24	1,54	0,81	0,91	1,87	1,39	0,54	0,55
Argentina	0,21	0,17	0,69	0,64	0,24	0,31	0,25	0,19	0,19	0,14	0,11	0,08
Australia	2,46	2,03	1,95	1,83	2,39	2,63	1,89	1,66	3,35	3,78	1,46	1,07
Brasil	1,99	1,79	4,09	5,51	1,89	2,02	2,09	1,78	0,82	0,64	1,37	1,28
Canadá	2,73	2,18	2,47	2,30	3,17	2,72	1,74	1,32	2,54	2,48	2,64	2,36
China	19,95	20,14	23,29	29,97	28,06	35,63	39,03	38,63	37,00	48,29	32,38	37,56
Egipto	0,60	0,57	0,99	1,61	0,88	1,15	0,63	0,84	0,76	0,60	0,45	0,75
Estados Unidos de América	13,82	10,75	15,12	11,92	16,64	13,74	10,42	7,53	23,76	20,85	21,18	18,16
Federación de Rusia	1,94	3,86	1,52	1,46	2,91	3,01	4,63	8,98	1,46	1,96	3,93	7,12
Francia	5,10	3,07	3,06	2,46	3,18	2,47	3,19	2,04	3,75	2,93	4,65	3,55
India	9,06	18,12	10,59	10,25	5,26	6,11	6,52	7,80	4,59	5,53	2,43	3,64
Indonesia	0,80	2,18	0,34	0,74	0,77	1,02	0,26	4,58	0,05	0,19	0,14	0,68
Irán	1,33	1,09	2,43	3,15	2,73	3,20	2,38	2,10	1,18	1,19	1,06	1,18
Israel	0,73	0,43	0,35	0,30	0,19	0,18	0,19	0,23	0,76	0,78	1,04	0,81
Italia	4,28	3,23	2,97	2,33	3,95	3,41	1,95	1,77	3,05	2,45	3,25	2,49
Japón	4,78	4,00	5,82	5,09	4,35	3,05	5,46	3,54	5,90	4,82	6,26	6,01
Malasia	1,65	2,98	2,14	2,38	4,09	1,68	1,78	2,79	0,83	0,67	0,80	0,52
México	0,95	0,83	1,22	1,73	0,70	0,70	0,57	0,54	0,38	0,47	0,79	0,80
Reino Unido	5,57	4,19	2,83	3,09	4,50	4,58	3,40	2,64	4,77	4,49	4,78	3,56
República de Corea	2,37	2,05	7,81	5,92	3,34	3,50	3,94	3,23	8,42	7,48	2,19	2,22
Sudáfrica	0,50	0,47	0,51	0,77	0,61	0,89	0,34	0,47	0,23	0,18	0,14	0,35
Turquía	1,07	1,40	1,48	1,90	1,09	1,43	1,46	1,34	0,58	0,52	0,76	0,60

Fuente: Scopus (Elsevier), excepto Artes, Humanidades y Ciencias Sociales; tratamiento de datos por Science-Metrix.

# INFORME DE LA UNESCO SOBRE LA CIENCIA

## La carrera contra el reloj para un desarrollo más inteligente

### RESUMEN EJECUTIVO

Es sorprendente comprobar cómo se han armonizado las prioridades de desarrollo en los últimos cinco años. Países de todos los niveles de ingresos están priorizando su transición simultánea a las economías digitales y ecológicas. Esta doble transición refleja un doble imperativo. Por un lado, el tiempo apremia para que los países alcancen los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas de aquí a 2030. Por otro lado, los países están convencidos de que su futura competitividad económica dependerá de la rapidez con la que realicen su transición a sociedades digitales. El subtítulo del *Informe de la UNESCO sobre la Ciencia*, "La carrera contra el reloj para un desarrollo más inteligente", es una alusión a estas dos prioridades.

En esta séptima edición del *Informe* se analiza la trayectoria de desarrollo que los países han recorrido en los últimos cinco años desde el prisma de la gobernanza científica. Se documenta la rápida transformación de la sociedad en curso, que ofrece nuevas oportunidades de experimentación social y económica, pero que también puede exacerbar las desigualdades sociales, a menos que se tomen medidas de protección.

En el *Informe* se concluye que los países tendrán que invertir más en investigación e innovación para llevar a cabo su doble transición digital y ecológica. Más de 30 países ya han incrementado su inversión en investigación desde 2014, en virtud de su compromiso con los Objetivos de Desarrollo Sostenible. A pesar de estos avances, ocho de cada diez países siguen dedicando menos del 1% del PIB a la investigación y, por consiguiente, perpetúan su dependencia de las tecnologías extranjeras.

Dado que las empresas tendrán que impulsar gran parte de esta doble transición ecológica y digital, los gobiernos toman medidas para facilitar la innovación por el sector privado mediante nuevos instrumentos políticos, como los centros de innovación digital donde las empresas pueden "probar antes de invertir" en las tecnologías digitales. Algunos gobiernos también intentan mejorar las condiciones de los investigadores mediante aumentos salariales y otras medidas. El número mundial de investigadores ha aumentado considerablemente desde 2014.

La pandemia de COVID-19 ha estimulado los sistemas de producción de conocimientos. Esta dinámica se enmarca en la tendencia a una mayor colaboración científica internacional, que es un buen augurio para abordar otros desafíos globales como el cambio climático y la pérdida de biodiversidad. Sin embargo, según un reciente estudio de la UNESCO, la investigación sobre la sostenibilidad sigue siendo marginal en las publicaciones académicas, a pesar de que los países invierten más que antes en tecnologías ecológicas.

