



# INFORME SOBRE TECNOLOGÍA E INFORMACIÓN

# 2021

Subirse a la ola tecnológica  
*Innovación con equidad*

PANORAMA GENERAL





# INFORME SOBRE TECNOLOGÍA E INFORMACIÓN

# 2021

**Subirse a la ola tecnológica**

*Innovación con equidad*

PANORAMA GENERAL



Este trabajo está disponible en acceso abierto en cumplimiento de los términos de la licencia “Creative Commons”, creada para las organizaciones intergubernamentales, que está disponible en <http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/igo/>.

---

Las denominaciones empleadas en esta publicación y la forma en que aparecen presentados los datos en los mapas que contiene no implican, por parte de la Secretaría de las Naciones Unidas, juicio alguno sobre la condición jurídica de países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites.

Las fotocopias y reproducciones de extractos de este trabajo están permitidas siempre que se haga constar el correspondiente reconocimiento.

La presente publicación ha sido editada externamente.

---

El Panorama General contenido en la presente obra se publica también como parte del *Informe sobre tecnología e innovación 2021* (UNCTAD/TIR/2020).

---

Publicación de las Naciones Unidas editada por la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo.

UNCTAD/TIR/2020 (Overview) and Corr.1

# PANORMA GENERAL

## SUBIRSE A LA OLA TECNOLÓGICA *Innovación con equidad*

El desarrollo humano de los últimos decenios ha ido acompañado de rápidos cambios en la tecnología y de una creciente proliferación de dispositivos y servicios digitalizados. Además, es probable que el ritmo del cambio se acelere como resultado de las “tecnologías de frontera”, como la inteligencia artificial (IA), la robótica, la biotecnología y la nanotecnología.

Estas tecnologías ya han aportado enormes beneficios, que se pondrán de manifiesto de manera espectacular en 2020 con el desarrollo acelerado de las vacunas contra el coronavirus. Ahora bien, los avances rápidos pueden tener serios inconvenientes si superan el ritmo de la capacidad de adaptación de las sociedades. Se teme, por ejemplo, que los puestos de trabajo estén desapareciendo a medida que se automatice la actividad económica o que los medios sociales estén agudizando las divisiones, la inquietud y la duda. En general, cunde la preocupación por que las tecnologías de frontera amplíen aún más las desigualdades o creen otras nuevas.

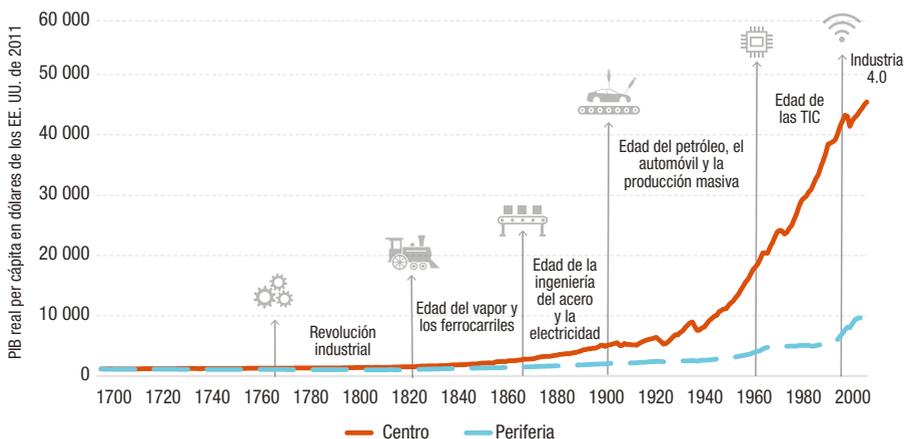
La mayoría de estas cuestiones se han expresado en los países desarrollados. Las consecuencias, obstante, podrían ser aún más graves para los países en desarrollo; si las comunidades y los países pobres se ven desbordados o simplemente se les deja atrás. En el presente informe se examina la forma en que los países en desarrollo pueden subirse a la ola de las tecnologías de frontera y compaginar innovación con equidad en sus intentos por lograr los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

### 1. Subirse a la ola

Vivimos en una época de espectaculares avances tecnológicos, concentrados en su mayoría en los países desarrollados. No obstante, las grandes diferencias entre los países que vemos hoy en día comenzaron con el inicio de la primera revolución industrial. En ese momento la mayoría de las personas eran iguales en su pobreza y las diferencias de ingreso per cápita entre los países eran mucho menores (gráfico 1). Luego, con las sucesivas oleadas de cambios tecnológicos, Europa Occidental y sus ramificaciones —Australia, Canadá, Estados Unidos y Nueva Zelanda— junto con el Japón, se pusieron al frente. La mayoría de los demás países permanecieron en la periferia. Cada ola de progreso se asoció con una desigualdad más aguda entre los países —con disparidades cada vez mayores en el acceso a los productos, servicios

## Gráfico 1

### Cambio tecnológico y desigualdad a lo largo del tiempo



Fuente: UNCTAD, a partir de datos de la base Maddison Project Database, versión 2018, Bolt *et al.* (2018), Pérez (2002), y Schwab (2013).

Nota: “Centro” corresponde a Europa Occidental y sus ramificaciones (Australia, Canadá, Estados Unidos y Nueva Zelanda), además de Japón. “Periferia” engloba todos los países del mundo, salvo los del “centro”.

sociales y bienes públicos—, desde la educación hasta la salud, desde la infraestructura para las TIC hasta la electrificación. No obstante, unos pocos países, en particular de Asia Oriental, posteriormente pudieron converger gracias al aprendizaje tecnológico, la imitación y la innovación.

### Prosperidad con desigualdad

En estas últimas décadas de digitalización el mundo ha sido testigo de una creciente prosperidad. La media de vida de los ciudadanos ha crecido y su salud ha mejorado. El rápido crecimiento económico de las economías emergentes ha impulsado el surgimiento de una clase media mundial. Sin embargo, persiste la pobreza y crece la desigualdad. La riqueza está muy concentrada, por lo que también existen grandes disparidades en las oportunidades para obtener ingresos, así como en los niveles de educación y salud. Esos desequilibrios limitan el crecimiento económico y el desarrollo humano, al tiempo que aumentan la vulnerabilidad, ya sea a las pandemias o a las crisis económicas como al cambio climático, y pronto podrían desestabilizar sociedades enteras.

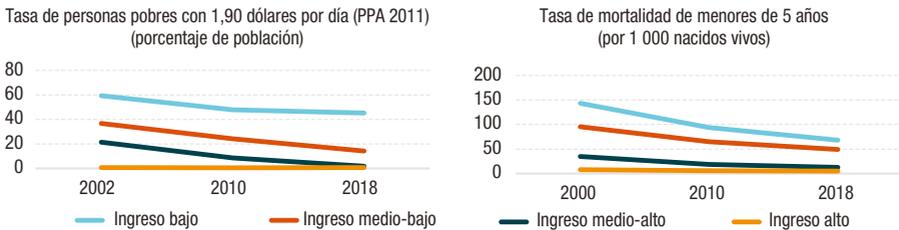
## Desigualdades multifacéticas

La desigualdad es un concepto multifacético relacionado con las diferencias en resultados y oportunidades entre personas, grupos o países. Estas diferencias pueden surgir en cualquier dimensión del desarrollo, ya sea la social, la económica o la ambiental. La desigualdad de resultados y la desigualdad de oportunidades están estrechamente entrelazadas. Los resultados de una generación afectan a las oportunidades de la siguiente, lo que da lugar a la transmisión intergeneracional de desigualdades.

Como puede observarse en el gráfico 2, persisten grandes desigualdades entre los países. Las personas de los países de ingreso bajo y medio-bajo, registran, en promedio, niveles mucho más altos de pobreza y privaciones en comparación con las personas de los países de ingreso medio-alto e ingreso alto.

### Gráfico 2

Brechas entre grupos de países (selección de indicadores sobre los Objetivos de Desarrollo Sostenible)



Fuente: UNCTAD, a partir de datos del Banco Mundial.

## Amplias diferencias de ingreso

Muchas de las desigualdades están correlacionadas con los niveles de ingreso. En los últimos 10 o 15 años, la desigualdad de ingreso a nivel mundial ha disminuido, principalmente porque los grandes países en desarrollo, sobre todo en Asia y en particular China, han crecido más rápidamente y han comenzado a converger con los desarrollados. Sin embargo, los logros en materia de igualdad mundial se ven amenazados por el crecimiento de las disparidades dentro de los países. En los últimos 40 años, la desigualdad en

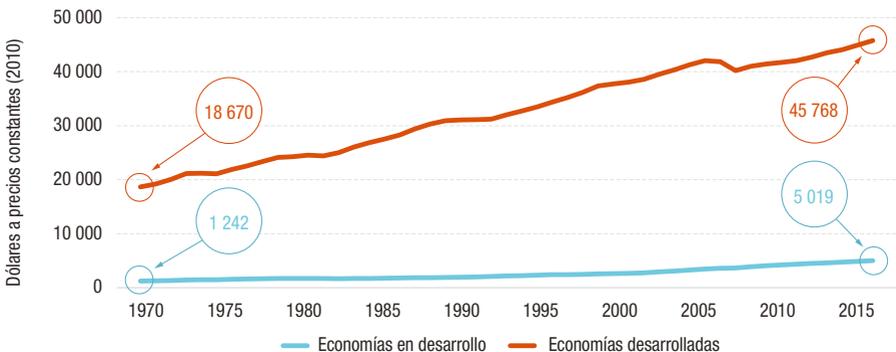
el seno de los países ha aumentado, no solo en algunos países desarrollados como los Estados Unidos y en Europa, sino también en países en desarrollo como China y la India.

A la vista de que la desigualdad dentro de los países está aumentando al tiempo que las disparidades entre los países están disminuyendo, ¿cuál es el efecto neto? La respuesta a esa pregunta obliga a tomar en consideración la contribución de ambos tipos de desigualdad a la desigualdad mundial. Las estimaciones indican que actualmente predomina la desigualdad entre países. Entre 1820, fecha de inicio de la revolución industrial, y 2002, la contribución de la desigualdad entre países a la desigualdad mundial aumentó del 28 % al 85 %. En otras palabras, en 1820 la desigualdad de ingreso a nivel mundial obedecía a las divisiones de clase dentro de los países. Ahora la desigualdad está impulsada más por la lotería del lugar de nacimiento, pues una persona nacida en un país sufre una “penalización nacional”<sup>1</sup>.

Dado que es el componente dominante, cabe celebrar, pues, la reciente reducción relativa de las desigualdades entre países. Ahora bien, hay que tener cuidado y no llevarse a engaño, pues en términos absolutos la brecha entre los países desarrollados y los países en desarrollo nunca ha sido tan grande y sigue ensanchándose (gráfico 3).

### Gráfico 3

Promedio PIB per cápita en economías en desarrollo y desarrolladas (1970-2018)



Fuente: Cálculos de la UNCTAD basados en datos de UNCTADstat.

## Revoluciones en dos fases

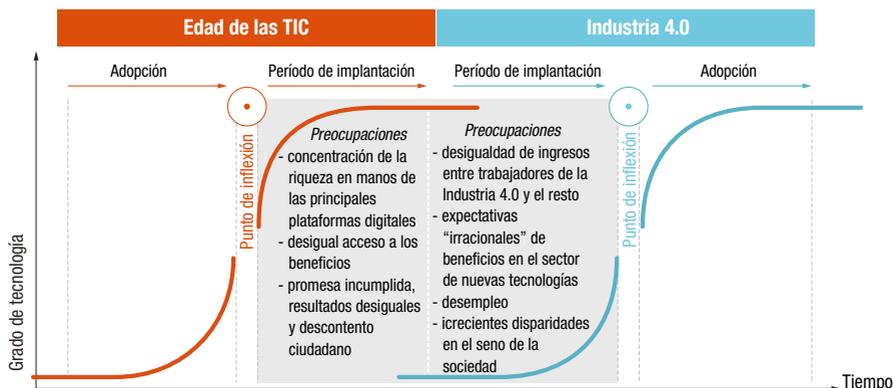
No hay unanimidad sobre la dinámica de la desigualdad económica, que se ve afectada por muchos factores, como la guerra y las epidemias, así como por procesos políticos influidos por luchas de poder e ideologías. La globalización y el cambio tecnológico también han sido señalados como factores determinantes de las desigualdades de ingreso dentro de los países. No obstante, esos impulsos simultáneamente han contribuido a reducir la pobreza en los países de ingreso bajo; no solo en los países más grandes y de desarrollo más rápido, como China y la India, sino también en muchos otros, como los africanos, como así lo demuestra el impacto que han tenido los teléfonos inteligentes<sup>2</sup>.

Al mismo tiempo, la desigualdad también se ve afectada por las revoluciones tecnológicas. Los cambios tecnológicos se conjugan con el capital financiero para crear nuevos paradigmas tecno-económicos, esto es, el entramado de tecnologías, productos, industrias, infraestructuras e instituciones que caracterizan a una revolución tecnológica. En los países que se encuentran en el centro de estas nuevas olas tecnológicas, puede considerarse que esta revolución se manifiesta en dos fases. La primera es la fase de instalación en cuanto tecnología adoptada por los sectores principales; lo que amplía las diferencias entre los trabajadores de estos sectores y el resto. En segundo lugar está la fase de implantación, que también tiende a ser desigual; no todo el mundo tiene acceso inmediato a los beneficios del progreso, como, por ejemplo, a un tratamiento que salva vidas o el acceso a agua limpia. El resultado es un aumento de las divisiones, lo que puede acarrear el descontento ciudadano.

En la actualidad, el mundo está llegando al final de la fase de implantación de la “Era de las TIC” e inicia la fase de instalación de un nuevo paradigma, que incluye tecnologías de frontera, revolución a veces denominada cuarta revolución industrial o Industria 4.0 (gráfico 4). La implantación de las TIC supuso una enorme concentración de riqueza en manos de las principales plataformas digitales. ¿Qué efectos tendrá la cuarta revolución industrial en la desigualdad entre países? Dependerá principalmente de si el país está convergiendo o avanzando o si, por el contrario, se está quedando descolgado, lo que a su vez dependerá de cuáles sean sus políticas nacionales y de su participación en el comercio internacional.

## Gráfico 4

### Revoluciones tecnológicas y desigualdades



Fuente: UNCTAD, basado en Pérez (2002).

## Respuesta a las desigualdades

En cierta medida, los Estados pueden mitigar las desigualdades dentro de los países mediante una fiscalidad progresiva para los ingresos o el patrimonio o los rendimientos del capital. También pueden prestar gratuitamente una serie de servicios, como la educación. Los Estados también pueden aumentar las transferencias sociales, como las prestaciones de desempleo, que reducen el riesgo de que las personas caigan en la pobreza. Además, en el lugar de trabajo estas medidas pueden complementarse con una acción sindical más fuerte que contribuya al aumento de los salarios.

Reducir la desigualdad de ingreso entre los países comportará aprovechar la tecnología y el comercio para favorecer la transformación estructural. Para que los países en desarrollo puedan crear economías que ofrezcan a su población empleos mejor remunerados, tendrán que rentabilizar el nuevo paradigma tecnológico. Los países en desarrollo o continentes enteros, como es el caso de África, no pueden permitirse el lujo de no subirse a esta nueva ola de cambio tecnológico.

## 2. Avanzar con determinación por las fronteras digitales

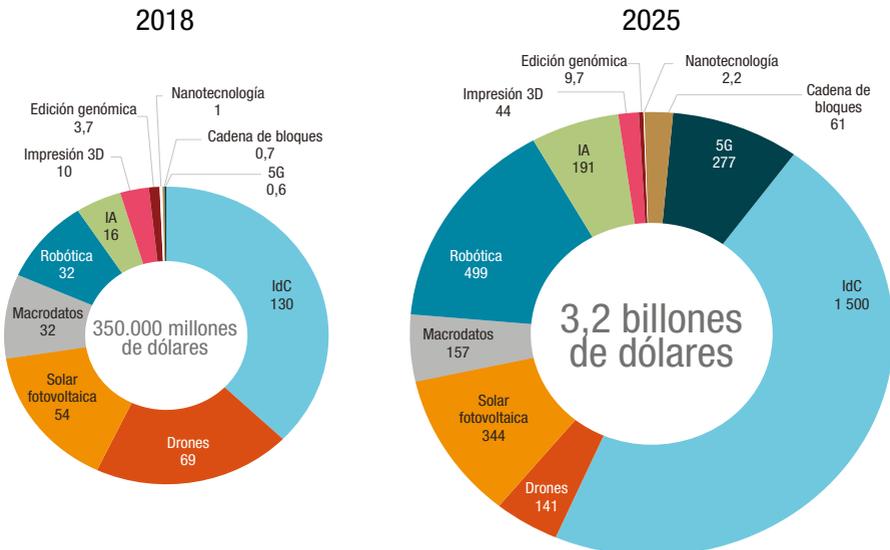
Las "tecnologías de frontera" son un grupo de nuevas tecnologías que aprovechan la digitalización y la conectividad, lo que les permite combinarse

para multiplicar sus impactos. En el presente informe se abordan 11 de estas tecnologías: la inteligencia artificial (IA), internet de las cosas (IdC), los macrodatos, la cadena de bloques, la telefonía de quinta generación (5G), la impresión tridimensional (3D), la robótica, los drones, la edición genómica, la nanotecnología y la energía solar fotovoltaica.

Esas tecnologías pueden utilizarse para aumentar la productividad y mejorar los medios de vida. La IA, por ejemplo, combinada con la robótica puede transformar los procesos productivos y comerciales. La impresión 3D permite una producción de bajo volumen más rápida y económica, así como la creación rápida e iterativa de prototipos de nuevos productos. Como grupo, estas 11 tecnologías ya representan un mercado de 350.000 millones de dólares, mercado que de aquí a 2025 podría crecer hasta superar los 3,2 billones de dólares (gráfico 5).

### Gráfico 5

Estimaciones del tamaño del mercado de las tecnologías de frontera (en miles de millones de dólares)



Fuente: UNCTAD, a partir de estimaciones de datos a partir de Froese (2018), MarketsandMarkets (2018), Sawant y Kakade (2018), Business Wire (2019), Chaudhary *et al.* (2019), GlobeNewswire (2019), MarketsandMarkets (2019), MarketWatch (2019a), MarketWatch (2019b), Raza (2019), Tewari y Baul (2019), Wagner (2019), Mordor Intelligence (2020).

Las empresas financieras han utilizado estas tecnologías, por ejemplo, para tomar decisiones de crédito y para la gestión del riesgo, la prevención del fraude, la negociación de valores, la banca personalizada y la automatización de procesos. El sector manufacturero las ha utilizado para el mantenimiento predictivo, el control de calidad y el trabajo combinado entre humanos y robots.

Muchos de los principales proveedores de estas tecnologías son estadounidenses, país que es sede de las principales plataformas de computación en la nube. China es también un importante productor, en particular en sectores como la 5G, los drones y la energía solar fotovoltaica. En estos dos países se concentran también entre el 30 % y el 70 % de las patentes y publicaciones relacionadas con cada una de las tecnologías.

### *Un índice de preparación nacional*

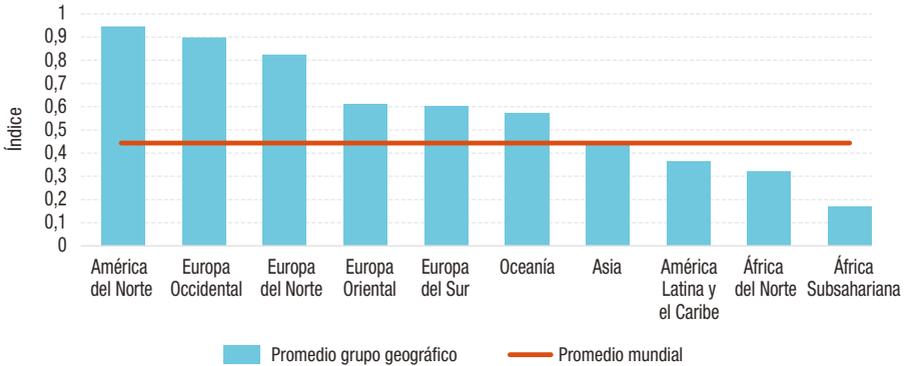
Solo unos pocos países son actualmente creadores de tecnologías de frontera, aunque todos los países deben prepararse para ellas. Para evaluar la capacidad nacional de utilizar, adoptar y adaptar equitativamente estas tecnologías, el presente informe ha elaborado un “índice de preparación”. El índice comprende cinco bloques: implantación de las TIC, habilidades, actividad de I+D, actividad industrial y acceso a la financiación.

Sobre la base de este índice, los países mejor preparados son los Estados Unidos, seguidos de Suiza, el Reino Unido, Suecia, Singapur, los Países Bajos y la República de Corea. En la lista también figuran en un lugar destacado algunas economías en transición y en desarrollo, como China, que ocupa el puesto 25, y la Federación de Rusia, que ocupa el puesto 27. La mayoría de los países menos adelantados se encuentran en el África Subsahariana, y en general en el grupo de los países en desarrollo.

Los países que ocupan los primeros puestos son predominantemente los más ricos, pero hay muchos países atípicos, pues obtienen mejores resultados de lo que podría indicar su PIB per cápita. El país más sobresaliente es la India, seguida de Filipinas. En cuanto a los componentes de la investigación y desarrollo del índice, China y la India registran unos buenos resultados, en parte porque estos países cuentan con abundantes recursos humanos altamente calificados y salarialmente económicos. Además, tienen unos grandes mercados locales que atraen la inversión de empresas multinacionales. Viet Nam y Jordania también registran buenos resultados, lo que es reflejo de sus políticas oficiales de apoyo.

Gráfico 6

Promedio de la puntuación del índice por grupo geográfico



Fuente: UNCTAD.

### 3. Humanos y máquinas en el trabajo

El cambio tecnológico afecta a las desigualdades a través de sus repercusiones en el empleo, los salarios y los beneficios. Estas desigualdades podrían observarse entre profesiones, empresas y sectores, así como entre asalariados y propietarios del capital. Otro nivel en el que aparece la desigualdad es el de las diferencias entre las estructuras económicas de los países. La contribución de cada uno de estos y otros elementos de la desigualdad de ingresos depende de muchos factores, como el nivel de desarrollo del país, su estructura económica y sus políticas sociales, económicas y laborales, así como el tamaño de un determinado sector o de sus empresas. Es por ello por lo que en un determinado momento y país el cambio tecnológico podría propiciar un aumento o una disminución de la desigualdad.

¿Es esto muy diferente de lo ocurrido con las anteriores olas tecnológicas? En principio, no, pero los canales y mecanismos son similares. Ahora bien, cada ola de cambio tecnológico entraña desigualdad, aunque en nuevas formas.

#### *La automatización reduce puestos de trabajo*

Hoy en día, cunde la preocupación por que la IA y la robótica reduzcan el empleo. De hecho, desde el comienzo de la revolución industrial los

trabajadores siempre han tenido la impresión de que las nuevas tecnologías son destructoras de puestos de trabajo. Esto, por lo general, no ha ocurrido; de hecho, las nuevas tecnologías han tendido a crear más empleo y de diferentes tipos. Pero en el caso de las tecnologías de frontera, la situación podría ser diferente porque los cambios se producen a un ritmo tan rápido que podrían superar la capacidad de respuesta de una sociedad.

Anteriormente, muchos trabajos se consideraban seguros porque era difícil enseñar a las computadoras a realizarlos. Ahora, sin embargo, las computadoras a menudo pueden aprender de sí mismas. Algunas estimaciones sugieren que en los próximos 20 años en Europa y los Estados Unidos entre el 30 % y el 50 % de los puestos de trabajo podrían automatizarse. Otros estiman un impacto menor: del 8 % al 14 % de todos los puestos de trabajo. No obstante, aunque desaparezcan algunos puestos de trabajo, aparecerán otros que solo pueden ser llevados a cabo por humanos, como los que requieren empatía, juicios éticos, inventiva, gestión de cambios impredecibles o la toma de decisiones basadas en la comprensión de mensajes tácitos.

Las predicciones sobre la pérdida de puestos de trabajo suelen basarse en la viabilidad tecnológica, pero los factores más importantes suelen ser económicos. Aun cuando sea tecnológicamente factible, los bienes de capital no pueden sustituir a la mano de obra; depende mucho de los precios relativos. Al mismo tiempo, la demanda general de mano de obra podría aumentar por ciertos efectos macroeconómicos.

Otro motivo de preocupación para los países en desarrollo es que las empresas multinacionales puedan aprovechar las tecnologías de frontera para mantener localizada la producción en sus países o para relocalizar la fabricación que previamente había sido trasladada al extranjero. Este proceso podría frenar la transición de sectores tradicionales como la confección de prendas de vestir, el calzado y la electrónica de baja tecnología de China a países menos industrializados de Asia y África. Sin embargo, la viabilidad de la relocalización depende de muchos otros factores, entre ellos la propiedad, la escala de producción y la posición del país en la cadena de suministro. También puede resultar más lógico mantener la producción en los países en desarrollo con crecimiento demográfico y unas clases medias en expansión al tener sus mercados unas buenas perspectivas de crecimiento.

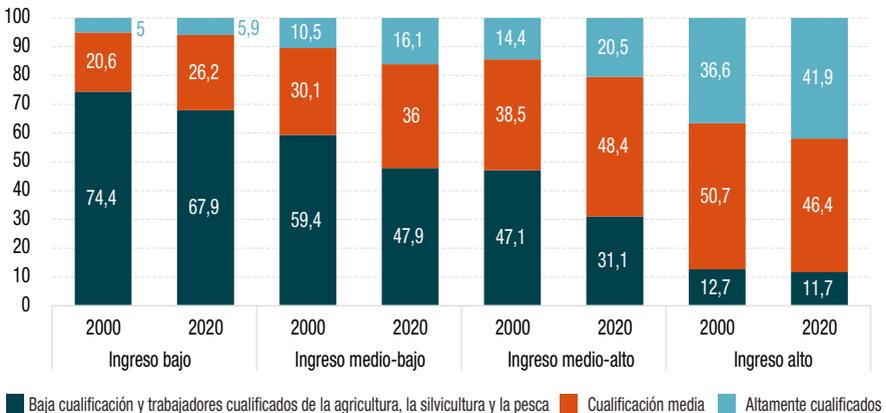
### Polarización del empleo

El desplazamiento del empleo también puede ir acompañado de su polarización. Con este término nos referimos a una expansión de los puestos de trabajo de salarios altos y bajos acompañada de una contracción de los puestos de trabajo de salarios medios. En los países desarrollados hay, por ejemplo, ahora menos administrativos que realizan trabajos rutinarios de salario medio. Hasta ahora, el impacto ha sido menor en los trabajos manuales menos cualificados, pero parece que va a cambiar con el mayor uso de la IA y de robots con mayor destreza.

No toda la polarización del empleo puede atribuirse al cambio tecnológico, pues gran parte también es imputable al comercio y la competencia internacional. En los países desarrollados la polarización del empleo se ha relacionado con una reducción de los empleos en el sector manufacturero y de media cualificación, y un aumento del empleo en el sector de los servicios y de mayor cualificación, mientras que en los países de ingreso medio se ha registrado un aumento en el sector manufacturero y el empleo de cualificación media (gráfico 7).

#### Gráfico 7

Empleo por nivel de cualificación y grupos de países por nivel de ingreso (porcentaje del total del empleo civil)



Fuente: UNCTAD, a partir de datos de la base ILOStat según ISCO-08.

Se prevé que las grandes diferencias en la estructura económica de los países de ingreso bajo, medio y alto, así como el desigual impacto del comercio internacional, se reflejen también desigualmente en los efectos de las tecnologías de frontera en la polarización del empleo en las distintas economías. En este sentido, es probable que los países de ingreso bajo y medio se vean menos afectados.

### *Economía de pequeños contratos*

Se están utilizando tecnologías de frontera para prestar servicios a través de plataformas digitales que han servido de acicate para crear una “economía de pequeños contratos” (o *gig economy* en inglés). Parte de este trabajo es de carácter local, pero también existe el “trabajo en la nube” que puede llevarse a cabo en cualquier lugar a través de Internet. Si bien la economía de los pequeños contratos genera empleo, este suele desarrollarse en condiciones de inseguridad, lo que crea una clase precaria de contratistas dependientes y trabajadores bajo demanda. Las consecuencias de la desigualdad dependerán de si los trabajadores bajo demanda son personas pobres que de otro modo estarían desempleadas, o personas de clase media que buscan un pequeño ingreso adicional. La desigualdad aumentará sin duda si estos trabajos sustituyen a puestos mejor remunerados o puestos de trabajo a tiempo completo por otros a tiempo parcial, o si los beneficios crecen más rápido que los salarios. La economía de los pequeños contratos también puede acentuar la desigualdad de género, pues las mujeres tienen menos probabilidades de trabajar en plataformas digitales, pero a menudo lo hacen durante más horas que los hombres y por salarios considerablemente más bajos<sup>3</sup>.

Cuando los trabajos del sector de los servicios son comercializables internacionalmente, los salarios pueden converger. Así ha sucedido con, por ejemplo, los servicios de programación informática y los de diseño digital, así como con servicios como los diagnósticos médicos, las evaluaciones de personal auxiliar jurídico y el reconocimiento de imágenes.

### *Concentración del mercado y los beneficios*

Estas nuevas plataformas digitales se benefician de los efectos de red, por lo que el mercado tiende a concentrarse, reduciéndolo a un pequeño número de grandes empresas. Esto reduce también los incentivos para

recortar los precios, lo que genera mayores beneficios que pueden ampliar la desigualdad entre los asalariados y los propietarios del capital. Además, en el caso de algunas especialidades informáticas estas empresas pueden ser virtualmente los únicos empleadores, esto es, pueden constituir un “monopsonio”. Cuando son muy pocas las empresas en un mercado existe también la tentación de la colusión tácita como resultado del intercambio de datos a través de los algoritmos.

### *La inteligencia artificial y las desigualdades económicas globales*

El impacto de la IA en la desigualdad entre países dependerá en cierta medida del tipo de datos de entrada. Si la IA utilizase primordialmente los “macrodatos” generados por los usuarios, serían principalmente los Estados Unidos y China quienes saldrían beneficiados, ya que sus plataformas digitales competidoras reúnen ingentes cantidades de este tipo de datos. Ahora bien, si se utilizasen principalmente macrodatos recogidos a través de sistemas de internet de las cosas serían otras economías con una sólida base manufacturera, como la Unión Europea, el Japón y la República de Corea, las que se verían beneficiadas.

Un tercer escenario de uso de la IA sería la posibilidad de permitir a las computadoras aprender más como lo hacen los humanos a través de interacciones repetidas de modelos de IA. Este escenario no sería particularmente beneficioso para los Estados Unidos o China, pero seguirían siendo necesarios recursos y capacidades que es más probable que se encuentren en los países desarrollados, lo que les permitiría cobrar mayor distancia con respecto a los países en desarrollo.

### *Ensanchamiento de las brechas tecnológicas*

También se teme que la adopción generalizada de tecnologías de frontera en los países desarrollados reduzca la competitividad en costo de la mano de obra de las actuales economías menos industrializadas de Asia y África, aumente las brechas tecnológicas entre ellas y los países desarrollados y dificulte la convergencia y la diversificación de sus economías y la creación de puestos de trabajo. En el pasado, países como China, México, el Brasil y un puñado de países asiáticos ascendieron en la escala del ingreso transfiriendo mano de obra y capital de una agricultura de relativamente baja productividad hacia sectores de mayor productividad de la manufactura

y los servicios. El temor ahora es que las tecnologías de frontera y la cuarta revolución industrial echen por tierra estos procesos de desarrollo tradicionales, haciendo que el camino sea aún más difícil.

### *Retos para los países en desarrollo*

Las teorías y los modelos apuntan a posibles vías de impacto, pero el efecto real dependerá de los sectores afectados, así como de las capacidades de los países y de las políticas y estrategias adoptadas. Sin embargo, la experiencia enseña que, con el tiempo, es probable que las nuevas tecnologías penetren en diversos sectores de la economía y de las actividades sociales. Así las cosas, los países en desarrollo deberían adaptar y utilizar deliberadamente la automatización para incrementar su productividad, promover la diversificación de sus economías y generar puestos de trabajo. Preparar a las personas, las empresas y las instituciones para esos cambios puede limitar los posibles efectos negativos en términos de desigualdad.

Para alcanzar esos objetivos de sus políticas, los países en desarrollo tendrán que superar una serie de retos.

- *Cambios demográficos.* Los países de ingresos bajo y medio-bajo suelen tener una población cada vez más numerosa y joven, lo que aumentará la oferta de mano de obra y reducirá los salarios, con lo que son menores los incentivos para la automatización.
- *Menor capacidad tecnológica y de innovación.* Los países de ingreso bajo tienen menos personas cualificadas y son eminentemente agrícolas, lo que hace que su aprovechamiento de las nuevas tecnologías sea más lento.
- *Diversificación lenta.* Los países en desarrollo suelen innovar emulando a los países industrializados, diversificando sus economías y absorbiendo y adaptando nuevas tecnologías para su uso local, pero este proceso es más lento en los países más pobres.
- *Debilidad de los mecanismos de financiación.* La mayoría de los países en desarrollo han aumentado sus gastos en I+D, pero aún siguen siendo relativamente bajos. La Unión Africana, por ejemplo, ha establecido una meta del 1% del PIB, pero en promedio los países del África Subsahariana se encuentran todavía en el 0,38 %<sup>4</sup>. Es

muy escasa la financiación privada de tecnologías industriales para aplicaciones productivas.

- *Derechos de propiedad intelectual y transferencia de tecnología.* Una estricta protección de la propiedad intelectual restringirá el uso de tecnologías de frontera que podrían ser valiosas en áreas relacionadas con los Objetivos de Desarrollo Sostenible, como la agricultura, la salud y la energía.

### *Acelerar el tránsito hacia la Industria 4.0*

Muchos gobiernos nacionales y locales se esfuerzan por estimular el crecimiento de nuevas industrias y servicios que generen empleo y riqueza y promuevan el desarrollo humano. Para ser plenamente eficaces, se deben establecer orientaciones estratégicas en forma de planes nacionales de investigación e innovación que puedan asumir los nuevos desafíos sociales, como el envejecimiento y las disparidades regionales.

La política nacional de innovación también debe estar en sintonía con la industrial. Mantener la competitividad de la industria nacional o regional es un objetivo fundamental de la mayoría de los planes estratégicos en materia de IA y tecnologías para la cuarta revolución industrial. Estos planes pueden inspirarse en los exámenes de las políticas de ciencia, tecnología e innovación de la UNCTAD, que pueden contribuir a adoptar políticas específicas para aprovechar las tecnologías de frontera para la creación de ciudades más inteligentes y sostenibles, la seguridad alimentaria y la agricultura inteligente y la generación de empleo en fábricas más inteligentes.

En muchos casos se requerirá el acceso a tecnologías patentadas. Una opción es la licencia obligatoria, pero también pueden celebrarse más acuerdos de colaboración, además de otras posibilidades como la mancomunación de patentes, los centros de intercambio de información y las licencias de código abierto. Al mismo tiempo, los gobiernos pueden financiar la I+D y exigir que los beneficios de esta investigación redunden en beneficio de determinados bienes públicos.

Parte de la financiación de las innovaciones puede provenir de fuentes oficiales, pero existen otros modelos alternativos de financiación, como la inversión de impacto, el capital de riesgo, la microfinanciación colectiva y los fondos de innovación y tecnología. Ya se han cosechado algunos éxitos;

en 2018, la financiación anual otorgada por entidades especializadas en invertir en la adquisición de parte del capital social (entidades de capital inversión) en el caso de las *startups* africanas se duplicó hasta superar los 1.000 millones de dólares.

Al mismo tiempo, los encargados de la formulación de políticas deben prever los efectos en la fuerza laboral. Para rentabilizar al máximo estas tecnologías, los trabajadores necesitarán adquirir competencias en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas, así como en diseño, gestión y emprendimiento. Los trabajadores que no pueden formarse o reciclarse y pierdan su empleo, deberían poder contar con mecanismos más sólidos de protección social y laboral, así como con diferentes formas de redistribución del ingreso, como el impuesto negativo sobre la renta negativo o el ingreso básico universal. También ha vuelto a recobrar importancia que los sindicatos defiendan los derechos de los trabajadores y las legítimas preocupaciones sobre sus puestos de trabajo en la economía digital y ante la creciente automatización de las tareas.

Esas medidas podría financiarse mediante un “impuesto al uso de robots”, que permitiría gravar los ingresos generados por tecnologías que sustituyen el factor trabajo humano. Otra posibilidad es establecer un impuesto de automatización junto con la eliminación de las desgravaciones fiscales a las inversiones de las empresas. Por otra parte, en lugar de gravar a las personas físicas o a las tecnologías, tal vez sería mejor gravar la riqueza generada.

#### 4. Innovación con equidad

Las tecnologías de frontera presentan un enorme potencial para mejorar la vida de las personas y proteger el planeta. Durante la pandemia de COVID-19, por ejemplo, se han utilizado la IA y los macrodatos para examinar a los pacientes, hacer un seguimiento de los brotes, rastrear y localizar los casos de la enfermedad, predecir su evolución y evaluar los riesgos de infección. Otros ejemplos que pueden destacarse han sido el uso de sistemas de internet de las cosas para un control permanente de la calidad de las aguas subterráneas en Bangladesh o el uso de drones para repartir suministros médicos a comunidades radicadas en zonas alejadas de Rwanda y Ghana.

Ahora bien, la tecnología rara vez es una solución por sí sola. Problemas como la pobreza, el hambre, el cambio climático o las desigualdades en materia de salud o educación son inevitablemente complejos y multidimensionales. La tecnología, de frontera o de otro tipo, puede apoyar iniciativas de todo tipo, sociales, políticas o ambientales, pero toda tecnología debe ser utilizada con cuidado si se quiere que sea útil, por lo que no debe ser un obstáculo ni surtir efectos secundarios no deseados.

Es probable que las tecnologías tengan repercusiones sobre las disparidades, pero las desigualdades también pueden conformar las tecnologías, pues pueden reflejar, reproducir y tal vez amplificar el sesgo y la discriminación sistémica. Actualmente, la mayoría de las tecnologías son creación de empresas del Norte global y predominantemente masculinas. Tienden a centrarse en las demandas de los ricos, desplazando las innovaciones que podrían redundar en beneficio de los pobres. El cambio tecnológico también está determinado por las desigualdades de género, en parte porque los hombres han sido más propensos que las mujeres a estudiar materias científicas y tecnológicas, o ingeniería y matemáticas.

### *Tecnologías que afectan a las desigualdades mediante el acceso y el diseño*

Las personas se ven afectadas en cuanto consumidores por bienes y servicios que aplican tecnologías de frontera. Uno de los aspectos más cruciales es el acceso, que puede considerarse que comprende una combinación de: disponibilidad, asequibilidad, conocimiento de su existencia, accesibilidad y capacidad de uso efectivo. El acceso a la tecnología también puede verse restringido por las normas sociales, como en el caso de las mujeres, las minorías étnicas y otros grupos desfavorecidos, e incluso en el seno familiar.

Otro aspecto importante es el diseño. Los desarrolladores también deben ser conscientes de que la forma en que diseñan y la gente utiliza las tecnologías puede acarrear consecuencias no deseadas.

### *Riesgos de sesgo y discriminación*

Muchos motivos de preocupación guardan relación con los sesgos en el diseño y las consecuencias no deseadas de la IA. Los sesgos dentro de los

sistemas de IA pueden manifestarse de varias maneras, ya sea porque se empleen algoritmos sesgados o porque se utilicen datos sesgados para su entrenamiento. Por ejemplo, la IA puede perpetuar los estereotipos y reducir las ventajas de los productos en el caso de las mujeres.

También es probable que los beneficios se distribuyan de manera desigual en el caso de la edición genómica; la mayor parte de la investigación se realiza en países más ricos con la perspectiva de monopolizar las tecnologías, lo que podría limitar su contribución al logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, en particular los relacionados con la producción de alimentos y la salud. La edición genómica también plantea cuestiones éticas sobre lo que es la idea de ser humano. Podría plasmarse en una subclase de personas que no pueden permitirse un tratamiento genético.

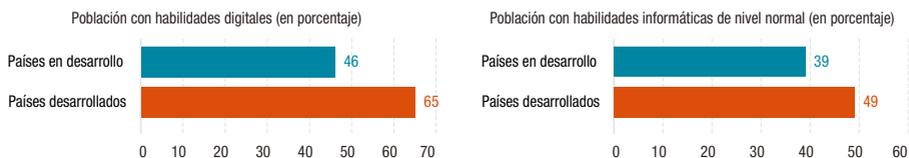
### *Retos para los países en desarrollo*

Los países en desarrollo se enfrentan a tres retos principales para promover la igualdad de acceso a los beneficios de las tecnologías de frontera:

- *Pobreza económica.* Muchas personas de los países en desarrollo no pueden permitirse nuevos bienes o servicios, en particular los de las zonas rurales. En este caso las barreras no son tecnológicas sino económicas y sociales.
- *Brecha digital.* Muchas tecnologías de frontera necesitan imperativamente conexiones a internet estables y de alta velocidad, pero casi la mitad de la población mundial sigue sin disfrutar de ningún tipo de conexión a la Red. Muchos países en desarrollo carecen de una infraestructura digital adecuada y para la mayoría de sus habitantes los costos de conexión a Internet son prohibitivos.
- *Escasez de habilidades.* En los países en desarrollo, los conocimientos básicos y las habilidades normales son, en promedio, entre 10 y 20 puntos porcentuales inferiores a los de los países desarrollados (gráfico 8). Muchas tecnologías de frontera exigen al menos habilidades de lectura y escritura y de cálculo matemático. Otras tecnologías requieren habilidades digitales, como la capacidad de entender los medios digitales, de encontrar información y de utilizar estas herramientas para comunicarse con otras personas.

## Gráfico 8

### Brechas en habilidades digitales



Fuente: UNCTAD, basándose en ITU (2018, 2019).

### Dirigido al desarrollo sostenible

Para superar estos retos, los gobiernos y la comunidad internacional deben orientar las nuevas tecnologías y las tecnologías emergentes para que apoyen el desarrollo sostenible y que nadie se quede descolgado. Desde el primer momento, será importante establecer marcos éticos, en particular para la implantación de la IA. Muchas iniciativas de carácter voluntario ya persiguen el objetivo de garantizar que los procesos y resultados sean equitativos, transparentes, responsables e inclusivos. Asimismo, en el caso de la edición genómica en línea germinal en humanos es necesario que haya un amplio consenso sobre las cuestiones éticas y sociales que plantea.

Los gobiernos también deberían tratar de fomentar los ecosistemas de innovación vertebrados a partir de evaluaciones que analicen las distintas vías tecnosistémicas y sus repercusiones en el desarrollo inclusivo y sostenible. Un ejemplo de cooperación internacional que supone una gran contribución a esa tarea es el programa de la UNCTAD de exámenes de políticas de ciencia, tecnología e innovación.

Las tecnologías por las que se opte deben implantarse a escala y ese proceso debe llevar aparejado un plan para que los científicos y los ingenieros pasen el testigo a los empresarios y otros actores, así como un plan para mejorar los ingresos de los hogares. Las tecnologías también pueden incorporarse a los servicios prestados por el sector público, aunque habrá que prestar una especial atención a las zonas insuficientemente atendidas que no sean comercialmente viables para las empresas privadas. Las redes de activistas, académicos y profesionales pueden experimentar con posibilidades alternativas, basadas en conocimientos locales e impulsadas por necesidades ambientales y sociales.

## 5. Prepararse para el futuro

Si bien es cierto que los avances tecnológicos son esenciales para el desarrollo sostenible, también lo es que pueden propiciar el enquistamiento de las desigualdades o la aparición de otras nuevas, bien al limitar su acceso a los grupos más privilegiados y a los países prósperos, bien al incorporar sesgos o acarrear consecuencias no deseadas. Por consiguiente, la tarea de las autoridades públicas es maximizar las ventajas potenciales y atenuar al mismo tiempo los resultados perjudiciales, además de garantizar el acceso universal. Los países, independientemente de la fase de desarrollo en que se encuentren, deberían promover el uso, la adopción y la adaptación de tecnologías de frontera y preparar a personas y empresas para el futuro. Un requisito importante es una gobernanza nacional que sea eficaz; el Estado debe establecer la visión, la misión y el plan para crear y configurar un mercado de innovaciones inclusivas y sostenibles.

Los Estados también tendrán que invertir en recursos humanos y físicos. Para ayudarles a conseguirlo, los países en desarrollo deberían poder recurrir a la cooperación internacional, que implica una comunidad de países que cooperan para construir un marco institucional internacional y que incluya a los países con independencia de las fases de desarrollo tecnológico en la que se encuentre.

Esas políticas y planes oficiales deberán estar respaldados por un vigoroso activismo social, en virtud del cual haya personas y organizaciones que cooperen para identificar los desfases entre la innovación tecnológica y las respuestas de la sociedad. Para que los Objetivos de Desarrollo Sostenible sean siempre los principales principios orientadores será necesario que las organizaciones de la sociedad civil realicen una labor de vigilancia.

Para reducir las desigualdades, los gobiernos pueden recurrir a una amplia gama de instrumentos, entre ellos medidas reguladoras e instrumentos económicos y fiscales, así como a unas políticas más inteligentes en materia de comercio, inversión, industria, educación e innovación. También pueden garantizar que los grupos vulnerables y de pocos recursos tengan acceso a nuevos y valiosos bienes y servicios, algunos de los cuales pueden ser subvencionados u ofrecidos gratuitamente.

### Objetivos tecnológicos duales

Para converger y avanzar, los países en desarrollo tendrán que adoptar tecnologías de frontera y al mismo tiempo seguir diversificando su base productiva mediante el dominio de tecnologías existentes. Tienen que mantener ambos objetivos a la vista. Esto supone tener que potenciar los sistemas de innovación y al mismo alinear su política industrial con la de ciencia, tecnología e innovación, mediante la adquisición de conocimientos digitales básicos y colmando las lagunas en la infraestructura para las TIC.

- *Potenciar los sistemas nacionales de innovación.* Los gobiernos deben conseguir que participen actores muy diversos para que contribuyan a crear sinergias entre las políticas de ciencia, tecnología e innovación y otras políticas económicas, como la industrial, la comercial, la fiscal y la monetaria, así como la política educativa.
- *Alinear la política de ciencia, tecnología e innovación con la política industrial.* Estas dos políticas si van de la mano deberían ser capaces de atraer empresas hacia sectores básicos para el desarrollo y la implantación de tecnologías de frontera. Con ello se posibilitaría que los sectores productivos tradicionales pudiesen aprovechar los múltiples canales de difusión tecnológica, como la inversión extranjera directa, el comercio, los derechos de propiedad intelectual, las patentes y el intercambio de conocimientos y conocimientos tácitos.
- *Perfeccionar las habilidades digitales.* Los planes de educación y formación deben ser inclusivos y promover específicamente la participación de las mujeres.
- *Focalizarse en los más rezagados.* El acceso a la electricidad y a las TIC en todo el país debe tener como objetivo eliminar las diferencias entre géneros y generaciones. Un plan nacional e inclusivo de fomento de las tecnologías digitales permitiría a los países focalizarse en los más rezagados, aprovechando la infraestructura de las TIC y un mejor acceso a Internet a través de banda ancha fija o móvil.

### Mitigación de riesgos

Siempre se corre el riesgo de que los rápidos cambios tecnológicos provoquen daños o perpetúen o acentúen las desigualdades. Esto debería suscitar una respuesta pública con el fin de:

- *Reforzar la protección social.* Los trabajadores deben poder contar con sólidos sistemas de protección social para los períodos de disrupción en el mercado laboral. Entre las distintas posibilidades figuran los planes de ingreso básico universal, que podrían financiarse gravando el capital, los robots u otras tecnologías.
- *Facilitar las transiciones profesionales.* Además de fomentar la formación y la capacitación profesional en los sectores público y privado, los organismos públicos también pueden apoyar a los trabajadores con asesoramiento personal y mejores servicios de búsqueda de empleo mediante cotejo de currículos y ofertas y mejores servicios de colocación. Los trabajadores más jóvenes pueden acogerse a programas de aprendizaje.
- *Anticiparse al futuro.* Para ello será preciso recurrir a “análisis de prospectiva tecnológica”, a fin de obtener de distintos actores conocimientos sobre las áreas de crecimiento industrial que permiten compaginar los puntos fuertes de un país con las oportunidades comerciales.

### Marco para la cooperación internacional

Los países en desarrollo también deberían poder contar con apoyo técnico y financiero mediante la cooperación internacional y la asistencia oficial para el desarrollo (AOD). Este apoyo será necesario en concreto para:

- *Crear capacidades nacionales más sólidas en ciencia, tecnología e innovación.* Esto supone aumentar unas cantidades relativamente pequeñas como las destinadas a estas esferas en el marco de la AOD proporcionada a los países menos adelantados y los países en desarrollo de ingreso bajo.
- *Transferir tecnologías de manera fluida.* La comunidad internacional puede facilitar la transferencia tecnológica en el caso de productos y servicios de interés local. Ello puede suponer la liberalización del acceso al comercio y a las tecnologías amparadas por los derechos de propiedad intelectual.

- *Aumentar la participación de la mujer.* Para que las mujeres puedan desempeñar plenamente su papel en las tecnologías de frontera, los gobiernos y las organizaciones internacionales tendrán que alentar a las niñas y las mujeres a estudiar materias científicas y tecnológicas, así como ingeniería y matemáticas.
- *Mejorar los análisis de prospectiva tecnológica.* La comunidad internacional puede apoyar las iniciativas estratégicas en materia de “análisis de prospectiva tecnológica” para comprender mejor las repercusiones socioeconómicas y ambientales de las nuevas tecnologías y de las innovaciones tecnológicas.
- *Promover un debate inclusivo.* Los países en desarrollo, especialmente los países menos adelantados, deben participar en los debates internacionales sobre la forma en que las nuevas tecnologías afectan a los derechos de los ciudadanos, la privacidad, la propiedad de los datos y la seguridad en línea, y de manera muy especial sobre la forma en que se pueden promover los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Las preocupaciones de los países en desarrollo deben reflejarse en los marcos normativos y los regímenes reguladores y hacer posible compaginar los derechos individuales con los colectivos, además de fomentar al mismo tiempo la innovación en el sector privado.

### *Subirse a la ola*

Los países en desarrollo no pueden permitirse el lujo de no subirse a esta nueva ola de cambio tecnológico. Cada país necesitará una política de ciencia, tecnología e innovación que se adecúe a su fase de desarrollo. Para algunos implicará promover tecnologías de frontera y al mismo tiempo redoblar sus esfuerzos por rentabilizar plenamente las tecnologías existentes para diversificar sus economías y modernizar sus sectores tradicionales. Otros pueden implicarse más a fondo en el desarrollo y la adaptación de tecnologías de frontera. Ahora bien, todos los países en desarrollo tendrán que preparar a personas y empresas para un período de rápidos cambios. Para tener éxito en el siglo XXI será preciso adoptar un enfoque equilibrado: crear una base industrial sólida y promover tecnologías de frontera que puedan contribuir a culminar la Agenda 2030 y su visión global de sociedades inclusivas, sostenibles y centradas en las personas.

## Notas

- 1 Milanovic, 2016.
- 2 Jaumotte *et al.*, 2013.
- 3 Barzilay y Ben-David, 2016.
- 4 UNESCO, 2019.

## Referencias

- Barzilai AR and Ben-David A (2016). Platform inequality: gender in the gig-economy. *Seton Hall Law Review*. 47393.
- Bolt J, Inklaar R, de Jong H and van Zanden JL (2018). Rebasings 'Maddison': new income comparisons and the shape of long-run economic development.
- Business Wire (2019). Global 5G market report 2019-2025 - Market is expected to reach \$277 billion by 2025 at a CAGR of 111%. Available at <https://www.businesswire.com/news/home/20190410005651/en/Global-5G-Market-Report-2019-2025--Market> (accessed 31 January 2020).
- Chaudhary A, Hariharan S and Prasad E (2019). Photovoltaic (PV) market size, share, growth and forecasts, 2019-2026. Available at <https://www.alliedmarketresearch.com/photovoltaic-market> (accessed 31 January 2020).
- Froese M (2018). Global IoT market to reach \$318 billion by 2023, says GlobalData. Available at <https://www.windpowerengineering.com/global-iot-market-to-reach-318-billion-by-2023-says-globaldata/> (accessed 30 January 2020).
- GlobeNewswire (2019). Global genome editing market will reach USD 9.66 billion by 2025: Zion market research. Available at <http://www.globenewswire.com/news-release/2019/07/01/1876424/0/en/Global-Genome-Editing-Market-Will-Reach-USD-9-66-Billion-By-2025-Zion-Market-Research.html> (accessed 31 January 2020).
- ITU (2018). Measuring the Information Society Report 2018 - Volume 1. International Telecommunication Union. Geneva.
- ITU (2019). Measuring digital development - facts and figures 2019. International Telecommunication Union. Geneva.
- Jaumotte F, Lall S and Papageorgiou C (2013). Rising income inequality: technology, or trade and financial globalization? *IMF Economic Review*. 61(2):271-309.
- MarketsandMarkets (2018). Artificial intelligence market - 2025. Available at <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/artificial-intelligence-market-74851580.html> (accessed 30 January 2020).
- MarketsandMarkets (2019). 3D printing market size, share and market forecast to 2024. Available at <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/3d-printing-market-1276.html> (accessed 31 January 2020).

- MarketWatch (2019a). Big data market 2019 global analysis, opportunities and forecast to 2026. Available at <https://www.marketwatch.com/press-release/big-data-market-2019-global-analysis-opportunities-and-forecast-to-2026-2019-01-17> (accessed 30 January 2020).
- MarketWatch (2019b). Artificial intelligence market size is expected to surpass US\$ 191 billion by 2024. Available at <https://www.marketwatch.com/press-release/artificial-intelligence-market-size-is-expected-to-surpass-us-191-billion-by-2024-2019-04-16> (accessed 30 January 2020).
- Milanovic B (2016). *Global Inequality: A New Approach for the Age of Globalization*. Belknap Press: An Imprint of Harvard University Press. Cambridge, Massachusetts.
- Mordor Intelligence (2020). Robotics market size, growth, analysis - Growth, trends, and forecast (2020-2025). Available at <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/robotics-market> (accessed 31 January 2020).
- Perez C (2002). *Technological Revolutions and Financial Capital: The Dynamics of Bubbles and Golden Ages*. Edward Elgar Pub. Cheltenham.
- Raza S (2019). 5G technology market size to surpass US\$248,462.4 Mn by 2028 end. Available at <https://www.valuewalk.com/2019/04/global-5g-technology-market-size-surpass/> (accessed 31 January 2020).
- Sawant R and Kakade P (2018). 3D printing market size, share. Available at <https://www.alliedmarketresearch.com/3d-printing-market> (accessed 31 January 2020).
- Schwab K (2013). *Fourth Industrial Revolution*. Penguin Group. London, UK u. a.
- Tewari D and Baul S (2019). Nanotechnology market size, share and trend. Available at <https://www.alliedmarketresearch.com/nanotechnology-market> (accessed 31 January 2020).
- UNESCO (2019). New UIS data for SDG 9.5 on research and development. Available at <http://uis.unesco.org/en/news/new-uis-data-sdg-9-5-research-and-development> (accessed 6 May 2020).
- Wagner I (2019). Robotics market revenue worldwide 2018-2025. Available at <https://www.statista.com/statistics/760190/worldwide-robotics-market-revenue/> (accessed 31 January 2020).