

**Período de sesiones de 2018**

27 de julio de 2017 a 26 de julio de 2018

Tema 5 del programa

Serie de sesiones de alto nivel

Estudio económico y social mundial 2018:**Tecnologías de vanguardia en favor del desarrollo sostenible****Sinopsis****Resumen*

En el *Estudio económico y social mundial 2018* se examinan los progresos en las tecnologías de vanguardia, incluidos la automatización, la robótica, las tecnologías de la energía renovable, los vehículos eléctricos, la biotecnología y la inteligencia artificial, y se analizan sus efectos económicos, sociales y ambientales. Las tecnologías de vanguardia ofrecen un potencial inmenso para implementar la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, pues al utilizarlas se fomentan el crecimiento, la prosperidad y la sostenibilidad ambiental. Dichas tecnologías también comportan importantes riesgos en materia de desempleo, subempleo y desigualdades crecientes de ingresos y riqueza, al tiempo que plantean nuevas inquietudes de índole ética y moral.

En el *Estudio* se enumera una serie de medidas nacionales en materia de políticas con las que se podría maximizar el potencial de las tecnologías de vanguardia y mitigar los riesgos que entrañan, y lograr de ese modo el equilibrio entre la eficiencia económica, la equidad y las consideraciones éticas. El *Estudio* también recoge argumentos para incentivar la creación, difusión y adopción de tecnologías instrumentales adecuadas, sin dejar de aumentar la inversión en la educación, el desarrollo de aptitudes y la protección social.

Reconociendo que ninguna nación puede gestionar por sí sola los efectos de las tecnologías de vanguardia, que trascienden las fronteras sectoriales y nacionales, en el *Estudio* se pide que se adopten medidas colectivas de ámbito mundial para enfrentar el reto que representan los descubrimientos tecnológicos a fin de velar por que redunden en beneficio de todos y no se deje a nadie atrás. También se pone de relieve la necesidad imperiosa de aumentar la cooperación internacional, en concreto determinando las tecnologías más necesarias para impulsar el desarrollo sostenible y designándolas bienes públicos mundiales, como muestra del respeto de la responsabilidad común pero diferenciada de todas las naciones.

* En la presente sinopsis se resumen las principales conclusiones del *Estudio económico y social mundial 2018*.



Introducción

La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible¹ reúne a la humanidad en torno a una aspiración común y un nuevo curso de acción. Los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible que se plasmaron en la Agenda son universales y se refuerzan mutuamente. Alcanzar esos ambiciosos objetivos sin dejar a nadie atrás exigirá nuevas estrategias de desarrollo y medios innovadores de movilización de recursos. Las tecnologías emergentes pueden impulsar aún más el logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible. En el *Estudio económico y social mundial 2018* se examina la manera en que determinadas tecnologías² pueden fomentar u obstaculizar el desarrollo sostenible y se enumeran medidas en materia de políticas orientadas a ampliar los beneficios potenciales y mitigar los posibles efectos indeseados en esa esfera.

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible se fijaron en favor de “las personas, el planeta y la prosperidad”. Al objeto de alcanzar las metas de eliminar el hambre, reducir la mortalidad materna e infantil y poner fin a las epidemias del sida, la malaria y la tuberculosis será necesario hacer un uso generalizado de los descubrimientos tecnológicos en los ámbitos de la genética y la nanomedicina. Para crear puestos de trabajo decentes, construir infraestructuras resilientes y promover la industrialización sostenible se deberán aprovechar la automatización, la impresión 3D y la inteligencia artificial. Las tecnologías de la energía renovable permitirán ampliar el acceso a fuentes de energía asequibles y fiables, y la utilización de los vehículos eléctricos podría reducir las emisiones y ayudar a luchar contra el cambio climático. En el *Estudio* se reconoce el hecho de que una serie de países desarrollados y algunos grandes países en desarrollo están liderando la innovación en la esfera de las tecnologías de vanguardia, mientras que muchos países en desarrollo, en particular los países menos adelantados, los países en desarrollo sin litoral y los pequeños Estados insulares en desarrollo³, siguen encontrando abrumadoras dificultades para innovar y adoptar nuevas tecnologías. Lograr el desarrollo sostenible exigirá aumentar la cooperación internacional con miras a generar, difundir, adoptar y adaptar tecnologías de vanguardia de forma que se respete la responsabilidad común pero diferenciada de todos los países.

La tecnología ha sido un motor del progreso y la prosperidad durante toda la historia de la humanidad. Si bien hasta ahora los cambios tecnológicos han sido graduales y su difusión y adopción han llevado decenios o incluso siglos, los cambios estructurales y conductuales producidos por muchas tecnologías de vanguardia suelen ser rápidos y generalizados. En el *Estudio* se reconoce que la rapidez con que se difunden esas tecnologías, que trascienden las fronteras sectoriales y nacionales, supone tanto una ventaja como un reto.

Las tecnologías de vanguardia abarcan, entre otras cosas, los materiales avanzados, como el grafeno y los plásticos biodegradables, los nuevos productos y artefactos, como los vehículos eléctricos y los paneles solares fotovoltaicos, los descubrimientos científicos sobre la modificación del genoma y la nanomedicina, la proliferación de las plataformas colaborativas, y las nuevas aplicaciones y herramientas, como la cadena de bloques, la impresión 3D, la robótica y la

¹ Resolución 70/1 de la Asamblea General, de 25 de septiembre de 2015.

² Las expresiones “nuevas tecnologías”, “tecnologías emergentes”, “tecnologías de vanguardia” y “descubrimientos tecnológicos” se emplean indistintamente en la presente sinopsis.

³ En la presente sinopsis se hace referencia a los países que pertenecen a cualquiera de esos grupos mediante la expresión “países en situaciones especiales”.

inteligencia artificial. Esos productos, servicios y herramientas están vertebrados por cientos y miles de patentes individuales.

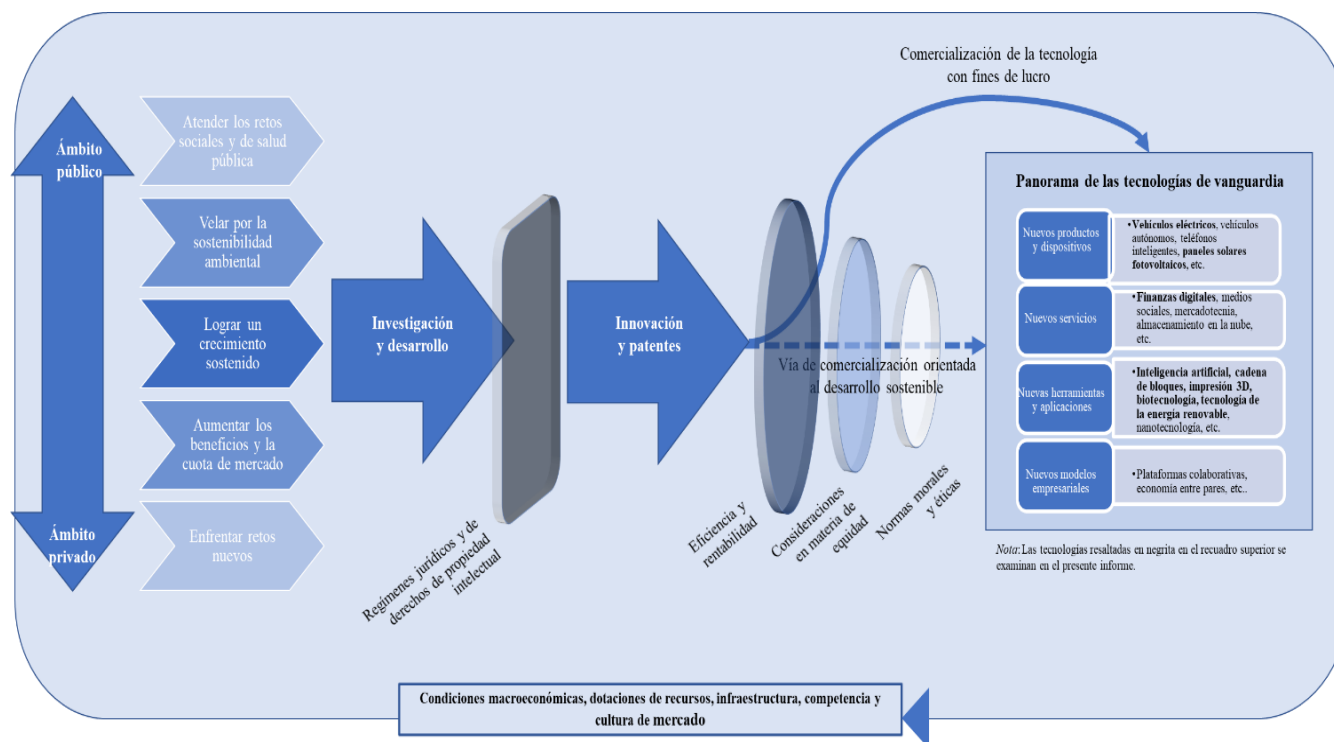
Con frecuencia, esas tecnologías están interconectadas y son interdependientes, es decir, que los avances que se producen en una de ellas suelen influir en muchas otras. Del mismo modo que las rápidas mejoras en la capacidad de los transistores dieron lugar a aparatos más veloces y pequeños, los progresos en inteligencia artificial harán que, por ejemplo, muchas tecnologías de vanguardia se caractericen por mayores grados de inteligencia y eficiencia.

En el *Estudio* se recalca que los cambios tecnológicos rara vez son inocuos y gratuitos. Al contrario: pese a haber dado lugar a un aumento de la eficiencia y la prosperidad, las anteriores revoluciones industriales acarrearón enormes costos ambientales y contribuyeron a acrecentar la desigualdad de ingresos entre países y regiones. Los progresos en una tecnología de vanguardia concreta, como la automatización, pueden beneficiar a los propietarios del capital y, sin embargo, suponer una desventaja para los trabajadores y exacerbar las desigualdades ya existentes en la distribución de los ingresos. Dichos progresos pueden causar considerables efectos indirectos y externalidades, en los países y entre ellos, que entrañan costos de ajuste difíciles de asumir por los diferentes grupos de población. Las tecnologías de vanguardia plantean otros retos relacionados con la ética y la moral que podrían socavar la confianza, la cohesión, la tolerancia, la paz y la estabilidad. A ese respecto, el *Estudio* recoge argumentos para fomentar normas éticas e instituciones eficaces y responsables que sirvan para orientar los progresos en muchas tecnologías de vanguardia y promover sociedades pacíficas e inclusivas.

Los adelantos tecnológicos de los tres últimos siglos han propiciado que unas pocas sociedades hayan avanzado a zancadas mientras que otras se han quedado rezagadas, como demuestra la gran brecha tecnológica entre países que existe hoy día. Muchos países en desarrollo siguen sin aplicar plenamente los descubrimientos tecnológicos del pasado. En el *Estudio* se reconoce la necesidad urgente de cerrar la brecha tecnológica que persiste entre los países desarrollados y muchos países en desarrollo. Pese a que difundir y reproducir las tecnologías de vanguardia es relativamente fácil, lo cual genera oportunidades de lograr grandes avances, para reducir la brecha tecnológica entre muchos países desarrollados y países menos adelantados será necesario hacer inversiones sustanciosas en infraestructuras humanas y físicas en muchos países en desarrollo.

Los sistemas nacionales de innovación son vitales a fin de incorporar las nuevas tecnologías a los mercados. No obstante, no existe un modelo único para esos sistemas, sino que las entidades públicas y privadas tienen funciones variadas y complementarias que dependen del grado de desarrollo y la estructura de mercado de cada país. En el *Estudio* queda patente que es preciso armonizar y equilibrar la eficiencia y la rentabilidad con las normas éticas y las consideraciones en materia de equidad, al objeto de incorporar a los mercados tecnologías adecuadas al logro del desarrollo sostenible (véase la figura D). Mediante los sistemas nacionales de innovación, sustentados en las políticas, directrices e incentivos apropiados, se puede alcanzar ese equilibrio. Los países en desarrollo se beneficiarían enormemente de contar con sistemas nacionales de innovación que permitieran a las empresas locales adoptar las tecnologías imprescindibles para conseguir sus prioridades de desarrollo sostenible. Si se realizan inversiones bien planificadas en la esfera de la investigación y el desarrollo (I+D), se puede ayudar a esos países a superar las brechas tecnológicas y aprovechar las tecnologías de vanguardia adecuadas.

Figura I
Proceso de creación de las tecnologías de vanguardia



Fuente: Departamento de Asuntos Sociales y Económicos de la Secretaría de las Naciones Unidas.

Nota: El inmenso alcance de las tecnologías de vanguardia y la rapidez con la que se difunden más allá de las fronteras nacionales repercuten en la eficiencia, la equidad y las normas éticas y exigen la adopción de medidas colectivas. Aunque las responsabilidades nacionales siguen revistiendo una importancia primordial, ninguna nación puede aprovechar por sí sola todo el potencial de las tecnologías emergentes y mitigar los riesgos que comportan. En el *Estudio* se pone de relieve la necesidad clara e imperiosa de lograr que la cooperación internacional sea efectiva con el fin de gestionar los adelantos en las tecnologías de vanguardia de manera que se cumplan las normas éticas y morales universales y se consiga una competencia justa en el sector de la tecnología. Mediante nuevas normas sobre la gobernanza empresarial, la responsabilidad social empresarial y la protección de los consumidores se pueden utilizar las tecnologías de vanguardia para promover la equidad y la justicia social. Los regímenes de derechos de propiedad intelectual son importantes para estimular la innovación, pero se precisa mayor flexibilidad en esa esfera al objeto de facilitar la difusión de las tecnologías, sobre todo aquellas que pueden contribuir al desarrollo sostenible. Aumentar la cooperación internacional en cuestiones de tributación puede reportar una nueva fuente esencial de ingresos generados por la economía digital y destinados a proporcionar protección social e ingresos mínimos básicos, en especial para quienes han sufrido los efectos indeseados de las tecnologías de vanguardia.

I. Las tecnologías de vanguardia, precursoras de prosperidad

Las tecnologías han sido un elemento transformador en la historia de la humanidad. Gracias a ellas, se ha salvado la vida de millones de personas, se han mejorado los resultados de la educación, se han incrementado la comunicación y la conectividad y se han reducido los costos de bienes y servicios cuya calidad no deja de aumentar. La aparición de la imprenta hizo posible divulgar información sin importar el tiempo y el espacio e influyó en el movimiento global de la ilustración. Mediante el ferrocarril se amplió el alcance de las sociedades y el comercio, lo que originó nuevas economías nacionales e identidades geopolíticas. La llegada de la televisión e Internet estrechó la distancia entre culturas y, de ese modo, transformó

tanto la comunicación y el entretenimiento como la propia naturaleza de la interacción humana.

Pese a ello, la humanidad sigue afrontando el enorme reto del desarrollo sostenible que supone procurar alimentos, sanidad y educación para todos y, al mismo tiempo, generar un crecimiento inclusivo, velar por la utilización sostenible de los recursos naturales, luchar contra el cambio climático y crear sociedades pacíficas.

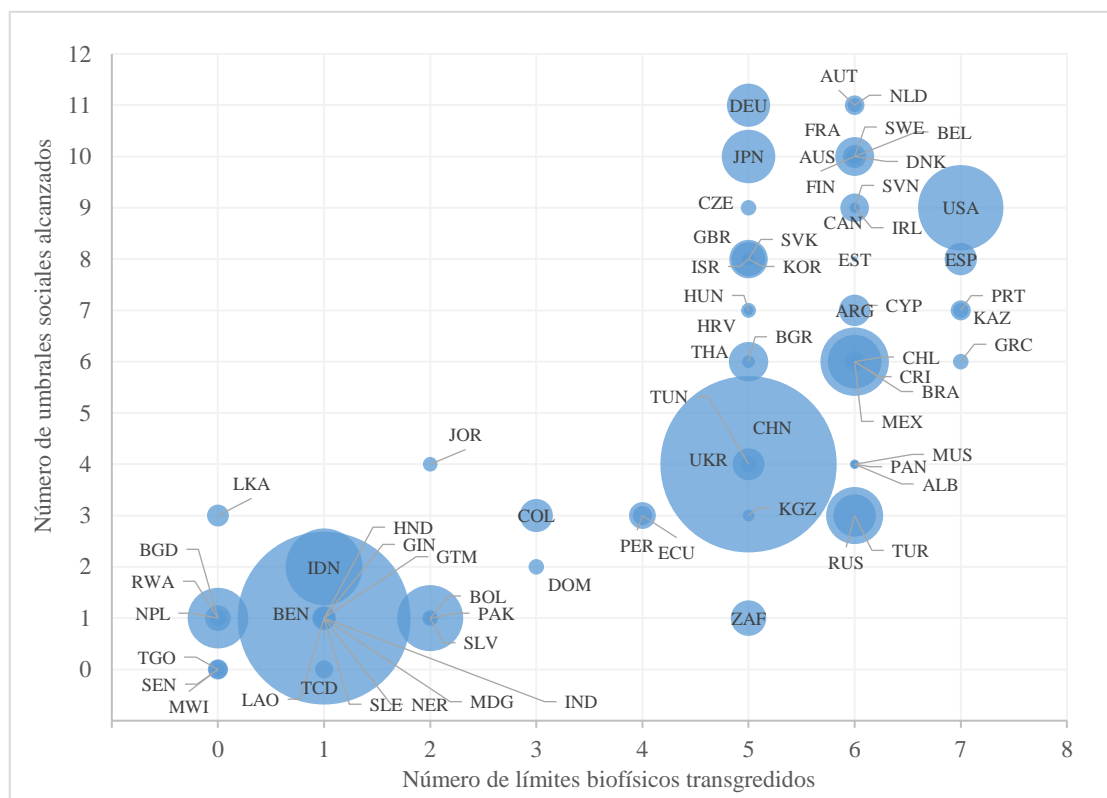
La prosperidad solía ser costosa

Hasta ahora, el progreso y la prosperidad tenían un precio: el de transgredir los límites biofísicos del uso del agua, las emisiones de CO₂, la apropiación de biomasa⁴, y las huellas materiales y ecológicas del fósforo, el nitrógeno y otros elementos. Los países que avanzaron en la consecución de un buen número de objetivos socioeconómicos —como el aumento de la satisfacción vital, la expectativa de gozar de una vida sana, la nutrición, el saneamiento, el acceso a la energía, la educación, el apoyo social, la igualdad, el crecimiento de los ingresos y el empleo— lo hicieron traspasando un número mayor de límites biofísicos (véase la figura II). En la publicación de 2018 de O’Neill y otros autores⁵ se concluyó que para continuar alcanzando objetivos de desarrollo se precisará un nivel de utilización de recursos entre dos y seis veces superior al sostenible, a menos que mejore de forma tangible el uso de las tecnologías pertinentes. La sostenibilidad del planeta dependerá, hasta un punto crucial, del potencial de las tecnologías de vanguardia para facilitar el logro de la prosperidad y el bienestar sin seguir transgrediendo los límites biofísicos.

⁴ La cantidad de biomasa que se emplea en la agricultura y la silvicultura o se pierde debido a los cambios en el uso de la tierra.

⁵ Daniel W. O’Neill *et al.*, “A good life for all within planetary boundaries”, *Nature Sustainability*, vol. 1, núm. 2 (febrero de 2018), págs. 88 a 95. doi:10.1038/s41893-018-0021-4. Los datos se pueden consultar en <https://goodlife.leeds.ac.uk/download-data/>.

Figura II
Límites biofísicos transgredidos frente a umbrales sociales alcanzados, por países



Fuente: Departamento de Asuntos Económicos y Sociales, sobre la base de los datos disponibles en <https://goodlife.leeds.ac.uk/download-data/>, extraídos de Daniel W. O'Neill *et al.*, "A good life for all within planetary boundaries", *Nature Sustainability*, vol. 1, núm. 2 (febrero de 2018), págs. 88 a 95. doi:10.1038/s41893-018-0021-4.

Nota: Solo se incluyen 70 países con datos completos. El tamaño del círculo representa la población total del país.

Potencial de las tecnologías de vanguardia

Las tecnologías de vanguardia albergan un enorme potencial de mejorar el bienestar humano. Al ampliar la capacidad productiva y crear modelos empresariales e industrias totalmente novedosas, esas tecnologías han generado nuevas oportunidades de crecimiento, empleo y creación de riqueza, e incluso podrían servir para que los países logren una mayor prosperidad sin transgredir los límites biofísicos. Las tecnologías están ocupando esferas en las que la capacidad humana solía ser indispensable, y complementan o sustituyen la inteligencia humana del mismo modo que las máquinas sustituyeron la fuerza física durante la primera revolución industrial. Los progresos en la potencia de cálculo, el almacenamiento y la velocidad de procesamiento de los datos, así como el uso de algoritmos para analizarlos, han hecho posible la aparición de vastas redes sociales que se han convertido en foros en los que miles de millones de personas intercambian ideas y oportunidades⁶. El Internet

⁶ Véase Naciones Unidas, Departamento de Asuntos Económicos y Sociales, *Global Sustainable Development Report 2016* (Nueva York, julio de 2016). Se puede consultar en <https://sustainabledevelopment.un.org/index.php?page=view&type=400&nr=2328&menu=1515>.

de las cosas presagia un futuro de máquinas inteligentes, interconectadas y provistas de sensores para vigilar el estado de los humanos y las máquinas, así como su interacción, lo que transformará las modalidades de consumo y producción de manera radical.

La inteligencia artificial representa la promesa de perfeccionar la adopción de decisiones e impulsar el crecimiento económico. Mediante los drones se puede mejorar la observación en tiempo real de los conflictos y las zonas afectadas por desastres. En el ámbito de las finanzas, la tecnología digital facilita los pagos, el ahorro y el funcionamiento de los mercados de crédito y de seguros, lo cual tiene consecuencias decisivas para las personas pobres y desatendidas.

La genotecnia permite manipular los sistemas biológicos, incluido el genoma humano, y abre la puerta a la medicina de precisión personalizada y a toda una gama de tratamientos nuevos para enfermedades y epidemias. Aprovechando el potencial de la biotecnología para obtener variedades de cultivos resistentes a las inclemencias del tiempo y a los patógenos se podría multiplicar el rendimiento de las cosechas. Existen grandes esperanzas con respecto al uso de las tecnologías de la energía renovable para reducir las emisiones y la degradación ambiental. Los progresos en la transformación y el almacenamiento de la electricidad podrían dar lugar a que la energía renovable — solar, eólica, mareomotriz, hidráulica, geotérmica y de la biomasa— estuviera en condiciones de competir con los combustibles fósiles en poco tiempo. Los plásticos inocuos y biodegradables presentan la doble ventaja de ayudar a reducir de forma drástica la contaminación relacionada con ese material e incrementar la eficiencia de los recursos. También podrían facilitar el logro de una economía circular, en la que los materiales vuelven a su forma original después de haber servido para el uso para el que fueron transformados, todo ello sin desechos ni contaminación.

Además, las tecnologías de vanguardia tienen la capacidad de reforzarse mutuamente y generar así mayores ganancias en eficiencia. El uso de la inteligencia artificial se ha generalizado en los medios sociales y las plataformas colaborativas, fenómeno que trasciende las fronteras sectoriales y transforma la conducta de los consumidores. La publicidad selectiva se basa en el aprendizaje sobre lo que los consumidores han comprado anteriormente, lo que les gusta y lo que no, y está generando demanda. Gracias a la adquisición gradual de habilidades cognitivas adicionales, el aprendizaje automático ganará en profundidad e inteligencia. Ya se están desarrollando iniciativas para enriquecer la inteligencia artificial dotándola de sentido común. Mediante un dron fabricado con una impresora 3D y provisto de inteligencia artificial es posible entregar medicamentos de precisión a un grupo de población específico o rociar una cantidad “inteligente” de semillas, fertilizantes y plaguicidas teniendo en cuenta las posibles pautas meteorológicas y los niveles de nutrientes y humedad del suelo. Potenciada por los rápidos progresos en el almacenamiento, el procesamiento y la transmisión de datos, la inteligencia artificial podría convertirse en puntal de todas las actividades económicas del mismo modo que Internet ha transformado los intercambios económicos y sociales de los dos últimos decenios. Implementar la Agenda 2030 entrañará aprovechar y gestionar los avances en las tecnologías de vanguardia en favor del crecimiento económico inclusivo, sostenido y sostenible.

Tecnologías de vanguardia y dificultad para lograr el equilibrio

Los cambios tecnológicos siempre traen consigo la dificultad de lograr el equilibrio entre la eficiencia y la equidad, lo cual reviste especial importancia en el contexto de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, en la que se promete no

dejar a nadie atrás. Muchas tecnologías de vanguardia también plantean complejos interrogantes éticos y morales.

La inteligencia artificial y la robótica pueden complementar o incrementar las facultades humanas, tanto mentales como físicas, y aumentar la productividad hasta niveles sin precedentes. Al mismo tiempo, ambas tecnologías podrían reemplazar la mano de obra y disminuir de forma drástica los recursos humanos necesarios, lo que causaría problemas de subempleo y desempleo. La automatización avanzada tendrá efectos desproporcionados directos en los trabajadores de los países situados a la vanguardia tecnológica, así como indirectos, a través de los canales comerciales, en los países en desarrollo. Si bien la modificación del genoma puede mejorar de manera sensible la atención médica y la longevidad, también podría dar lugar a nuevas mutaciones de la propia especie humana o abrir una caja de Pandora de patógenos peligrosos. Las redes de medios sociales sirven para hermanar sociedades y comunidades, pero los datos sobre sus usuarios pueden recopilarse para fomentar determinados puntos de vista y vender productos o utilizarse como arma para provocar divisiones sociales y políticas. Procurar que los derechos de propiedad sean claros y que se proteja la privacidad puede ser clave para evitar que los datos se utilicen con fines imprevistos o no autorizados. Cabe esperar que los algoritmos basados en macrodatos perpetúen los sesgos de los datos en que se basan y, de ese modo, se planteen serios interrogantes éticos sobre la adopción de decisiones fundada en dichos algoritmos. Mediante los algoritmos autodidactas, por ejemplo, se podría reconocer y sacar partido a la relación entre el nivel educativo y la dirección del domicilio u otra información demográfica, con lo que se reforzarían los sesgos raciales o de otra índole.

La transición de esas tecnologías de la investigación a la aplicación está transformando, si no perturbando, modelos empresariales y normas sociales asentados. Los nuevos modelos de economía colaborativa descentralizan el capital y eliminan las relaciones tradicionales entre empleador y empleado, lo que afecta de manera manifiesta las rentas del trabajo, la protección social y la distribución de los ingresos. Algunos de esos cambios son graduales, o incluso imperceptibles, mientras que otros pueden ocurrir de forma repentina y evidente. Además, las empresas que crean y explotan un gran número de tecnologías de vanguardia podrían gozar de un excesivo poder de mercado, lo que es susceptible de inhibir la competencia y la innovación en el futuro.

La economía de datos trasciende las fronteras políticas y sectoriales. Pese a que los datos generados en las redes de medios sociales, o en las plataformas colaborativas o de compra en línea, representan un aporte esencial para el aprendizaje automático y la inteligencia artificial, dichos datos no están protegidos por los derechos de propiedad adecuados. Además, a falta de directrices claras sobre las cuestiones éticas y reglamentarias, los usuarios de los países en desarrollo podrían convertirse en sujetos de las pruebas de aceptación de muchas tecnologías de vanguardia. En la economía de datos, los particulares son tanto productores como consumidores de datos. Por ese motivo, la seguridad y la privacidad de esos datos exigen garantizar la integridad de la economía digital, impulsada por las tecnologías de vanguardia. Será vital alcanzar un consenso mundial sobre la propiedad de los datos y las directrices éticas y jurídicas que deben regirla a fin de asegurar la rendición de cuentas y prevenir una excesiva concentración del poder de mercado.

También es posible que las tecnologías de vanguardia amplíen la brecha tecnológica existente entre países y entre distintos grupos de población dentro de un mismo país, y exacerben aún más la desigualdad de la riqueza y los ingresos. Algunos países y empresas adoptarán las tecnologías de vanguardia con facilidad, pero muchos otros seguirán encontrando dificultades relacionadas con el acceso a la electricidad, la conectividad, el agua, el saneamiento y los servicios básicos de salud. La inteligencia artificial y otros adelantos tecnológicos podrían beneficiar de manera desproporcionada a algunos países desarrollados y los grandes países en desarrollo, y aumentar así la brecha tecnológica.

Anteriormente, las tecnologías se propagaban por los países y las sociedades con cierto retraso, lo que daba margen a los encargados de formular políticas para anticiparse a sus repercusiones adoptando las medidas adecuadas al objeto de mitigar sus efectos indeseados. En la actualidad, sin embargo, las nuevas tecnologías se difunden y adoptan a una velocidad de vértigo en sociedades muy alejadas entre sí, por lo que los encargados de formular políticas rara vez disponen del margen suficiente para prevenir las repercusiones. Teniendo en cuenta los efectos indirectos que muchas de estas tecnologías pueden producir a nivel mundial, la cooperación internacional para gestionar sus efectos no es una opción, sino una imperiosa necesidad.

II. Las tecnologías de vanguardia conllevan oportunidades y retos

Las tecnologías emergentes repercutirán en las sociedades y los países de distintas maneras. Tendrán considerables efectos en muchos países desarrollados, en particular los que lideran la innovación y la adopción de esas tecnologías. También afectarán de forma indirecta y apreciable al resto de los países y conllevarán oportunidades en materia de desarrollo y retos sin precedentes, sobre todo en los países en situaciones especiales. Crear puestos de trabajo decente y refrenar la desigualdad, sin dejar de proteger el medio ambiente ni de velar por la cohesión y la estabilidad sociales, serán cuestiones esenciales para los países situados a la vanguardia tecnológica. Generar condiciones propicias para las tecnologías antiguas y nuevas, erradicar el hambre, mejorar la seguridad alimentaria y la salud, y alcanzar la seguridad energética siguen siendo prioridades generales de los países en desarrollo, sobre todo los países en situaciones especiales.

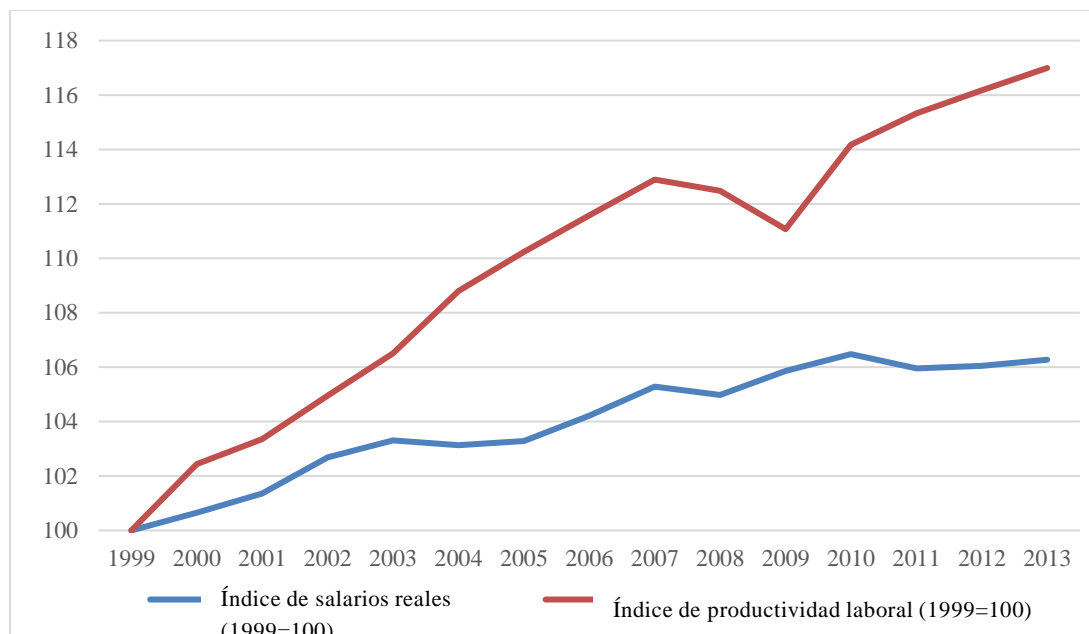
Los Gobiernos de los países desarrollados deberán hacer inversiones complementarias en aptitudes, educación y protección social a fin de lograr que las normas éticas y las consideraciones en materia de equidad ejerzan de contrapeso de las ganancias en eficiencia y productividad, de forma que se garanticen los ingresos mínimos básicos, el libre albedrío, la transparencia y la rendición de cuentas.

Por otra parte, la adopción selectiva de determinadas tecnologías de vanguardia podría capacitar a los países en desarrollo para incrementar la eficiencia económica, la sostenibilidad ambiental y la prestación de servicios educacionales y sanitarios, y aumentar así la inclusión y la equidad. Para salvar la distancia que separa a esos países del desarrollo sostenible será imprescindible invertir en educación y en infraestructuras físicas, como ordenadores, redes de conexión de banda ancha y mercados, y fortalecer la capacidad de I+D para reproducir, improvisar y difundir las tecnologías pertinentes, así como elaborar marcos institucionales y regulatorios al objeto de maximizar los efectos de las tecnologías de vanguardia en favor del desarrollo sostenible, sin dejar de suprimir las restricciones a la adopción de las tecnologías existentes.

Crear puestos de trabajo decente y refrenar la desigualdad

Los rápidos avances en los ámbitos de la inteligencia artificial y la robótica son decisivos para impulsar el desarrollo sostenible de los países situados a la vanguardia tecnológica. Dichos avances brindan la oportunidad de ampliar la automatización a nuevas esferas de trabajo, lo que tiene un enorme potencial de incrementar la productividad, subir los salarios y generar puestos de trabajo decente. La automatización eliminará tareas y puede que hasta profesiones enteras, pero, al mismo tiempo, el incremento de la productividad podría afectar a otros sectores de forma indirecta y hacer crecer la demanda de tareas no automatizables que precisan de sentido común, capacidad de adaptación, empatía y creatividad. La velocidad y la secuencia de la automatización determinarán el tipo y el número de puestos de trabajo de la economía del futuro. Por otra parte, existe una divergencia cada vez mayor entre el incremento de la productividad y los salarios reales (véase la figura III), y ello plantea la cuestión de si los aumentos de la productividad conseguidos mediante la automatización podrían reducir más el crecimiento de los salarios en el futuro. Muchos de los nuevos tipos de empleos, en particular en el ámbito de la inteligencia artificial, exigirán mayores niveles de conocimientos y aptitudes, pero los sistemas educativos podrían no ser capaces de prever y satisfacer la demanda creciente de nuevas cualificaciones.

Figura III
Promedio de salarios y productividad laboral en determinados países del G20 (1999-2013)



Fuente: Organización Internacional del Trabajo, *Informe mundial sobre salarios 2014/2015: salarios y desigualdad de ingresos* (Ginebra, Oficina Internacional del Trabajo, 2015).

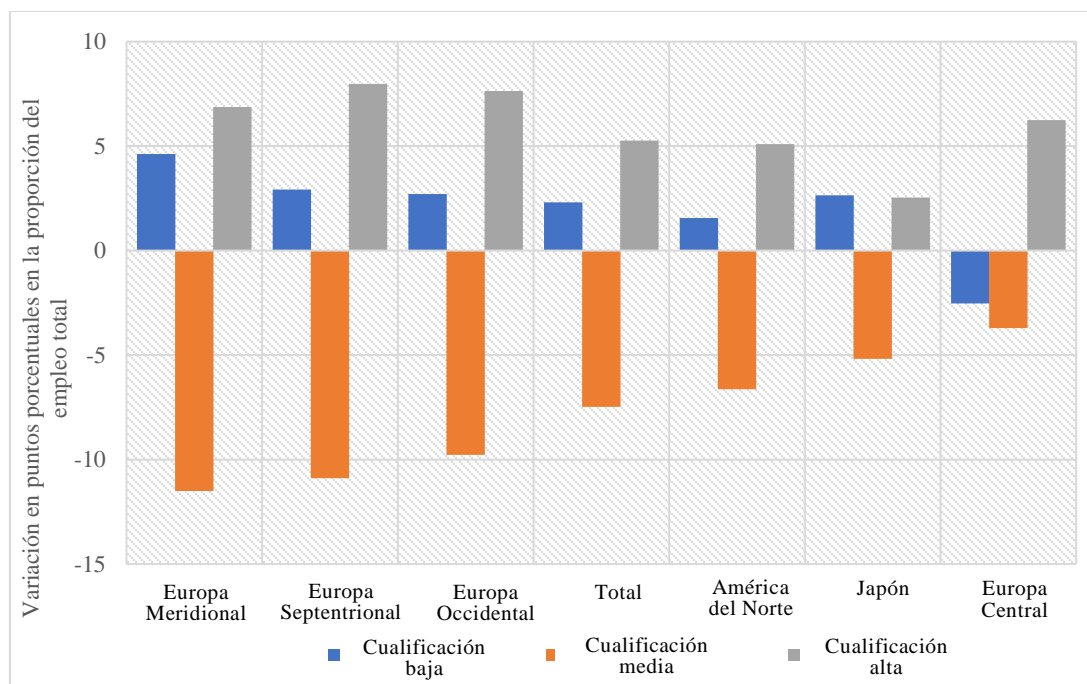
Nota: Los datos hacen referencia a Alemania, Australia, el Canadá, los Estados Unidos de América, Francia, Italia, el Japón, el Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte y la República de Corea. El crecimiento de los salarios reales se calcula como promedio ponderado del crecimiento interanual del promedio de los salarios reales mensuales en las economías avanzadas del G20 (se puede consultar una descripción de la metodología en el apéndice I del *Informe mundial sobre salarios 2014/2015* de la Organización Internacional del Trabajo). Los índices tienen su origen en 1999 por motivos de disponibilidad de datos.

Los ajustes derivados de la automatización en los mercados de trabajo —la reducción de la demanda de mano de obra en un sector y su incremento en otros sectores— podrían tomar años, o incluso decenios, en surtir efecto y, entretanto, a menudo hacen aumentar el desempleo y la desigualdad a corto y medio plazo. Es posible que el número de puestos de trabajo creados en los sectores caracterizados por salarios, cualificación y productividad relativamente bajos no compense el número de puestos de trabajo perdidos a causa de la automatización en los sectores que requieren una cualificación media. Pese a que el efecto neto de la automatización en el empleo total pueda ser nulo, la repercusión en el promedio de los salarios podría ser negativa, lo que contribuiría a reducir la proporción de las rentas del trabajo (es decir, el porcentaje del producto interno bruto que se destina a remunerar el trabajo) y acrecentaría la desigualdad de los ingresos. Es evidente que la polarización de los mercados de trabajo que ha tenido lugar en los países miembros de la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE) en los últimos decenios (véase la figura IV) se explica en buena medida por la computarización y robotización de la economía, que crecerán gracias a los avances en inteligencia artificial, aprendizaje automático y robótica. En un estudio reciente del Banco Mundial (2016)⁷ se indica que la polarización de los mercados de trabajo también ha aumentado en muchos países en desarrollo desde mediados de la década de 1990.

El cambio tecnológico con sesgo de cualificación y la polarización de los mercados de trabajo han tenido efectos sustanciales en la desigualdad de los salarios. En la mayoría de los países desarrollados, dicha desigualdad es hoy mayor que hace 40 años, y el grueso de ese aumento tuvo lugar en las décadas de 1980 y 1990. Si se produce una nueva oleada de automatización, la desigualdad de los salarios podría empeorar a causa de los cambios en la distribución del capital y las rentas del trabajo. Desde los años noventa, la proporción de las rentas del trabajo ha disminuido de forma constante en las economías avanzadas. En algunas economías emergentes, en particular en Asia y África Septentrional, el descenso de la proporción de las rentas del trabajo es incluso más pronunciado que en los países de la OCDE.

⁷ Véase Banco Mundial, *Informe sobre el desarrollo mundial 2016: dividendos digitales* (Washington D.C., 2016). doi:10.1596/978-1-4648-0671-1.

Figura IV
Polarización de la cualificación en los mercados de trabajo de los países de la OCDE (1995-2015)



Fuente: Departamento de Asuntos Económicos y Sociales, sobre la base de los datos de las *Perspectivas del empleo de la OCDE 2017* (París, 2017).

Los países que aprovechen las oportunidades que ofrece la automatización deberán adoptar medidas concertadas para proteger a los trabajadores que sufran efectos indeseados e invertir la tendencia al alza de la desigualdad de los salarios y los ingresos. Esos esfuerzos serán imprescindibles tanto para lograr el crecimiento inclusivo y el desarrollo sostenible como para garantizar la paz y la estabilidad. Será vital invertir en el desarrollo de nuevas aptitudes, capacitación, instituciones del mercado de trabajo más sólidas y mejores redes de protección social. Mediante políticas redistributivas, como ampliar la protección social y proporcionar ingresos mínimos básicos, se mitigarán los efectos indeseados de los ajustes en los mercados de trabajo y se conseguirá estabilizar, si no reducir, la desigualdad de los ingresos.

Crear condiciones propicias

Aunque las tecnologías de vanguardia representan una promesa deslumbrante, pocos países en desarrollo han logrado beneficiarse de las tecnologías ya existentes. Se estima que en esos países 1.100 millones de personas siguen sin tener acceso a la electricidad y otros 2.500 millones de personas viven en zonas con tendidos eléctricos precarios y apagones frecuentes⁸. Los agricultores de subsistencia de esas economías siguen dependiendo exclusivamente del trabajo manual y la tracción animal. Cerca

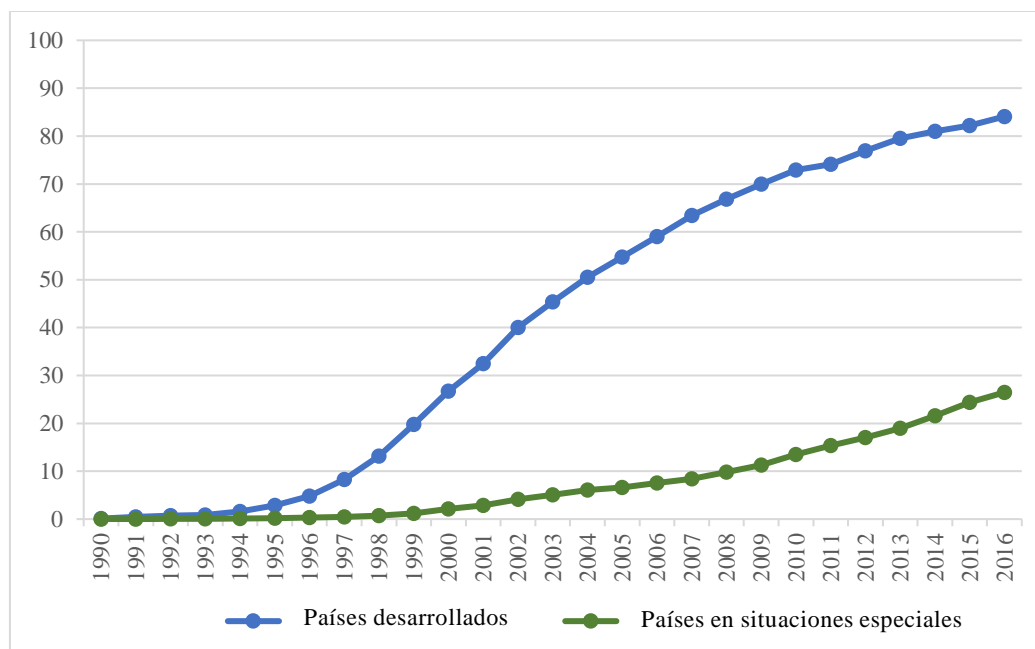
⁸ Véase “A brightening continent: solar is giving hundreds of millions of Africans access to electricity for the first time” (reportaje especial), *Economist*, 15 de enero de 2015. Se puede consultar en http://www.economist.com/news/special_report/21639018-solar-giving-hundreds-millions-africans-access-electricity-first.

del 30% de la población de los países menos adelantados sigue careciendo de acceso al agua potable y a redes de saneamiento mejoradas.

Un grupo de población desprovisto de electricidad, agua limpia y redes de saneamiento mejoradas no está en condiciones de adquirir el nivel mínimo de educación ni las aptitudes necesarias para utilizar las tecnologías de vanguardia, y menos aún para innovar o improvisar formas de aprovechar esas tecnologías para atender las necesidades locales. Internet ha hecho posible que las personas y las empresas de las zonas remotas se incorporen a la sociedad mundial de la información y se ha convertido en una herramienta importante de aprendizaje y desarrollo del capital humano. Aun así, más de la mitad de la población del planeta, la mayoría de la cual vive en los países menos adelantados, todavía no usa Internet. Existe una gran disparidad entre los países desarrollados y los países en situaciones especiales en lo que se refiere al uso de Internet (figura V), y dentro de cada país se dan diferencias sustanciales en el acceso a esa red entre hombres y mujeres, zonas urbanas y rurales, y jóvenes y ancianos. Los bajos niveles de acceso a Internet de muchos países en desarrollo serán un obstáculo a la hora de adoptar tecnologías de vanguardia basadas en datos.

Figura V

Porcentaje de la población que utiliza Internet en los países desarrollados y los países en situaciones especiales (1990-2016)



Fuente: figura elaborada por el Departamento de Asuntos Económicos y Sociales sobre la base del banco de datos en línea sobre los indicadores del desarrollo mundial.

Al objeto de crear, reproducir, improvisar y difundir las nuevas tecnologías será necesario mejorar la base de conocimientos y aptitudes de la población, poner en marcha medidas en materia de políticas e incentivos adecuados y disponer de un marco institucional favorable. Muchos países en desarrollo deberán intensificar sus esfuerzos para generar condiciones propicias mediante las que acelerar el desarrollo

del capital humano, algo fundamental para que puedan beneficiarse de los progresos en las tecnologías de vanguardia. Esos países deberán también suprimir o reducir las restricciones para acceder a las tecnologías existentes, en particular las relacionadas con la electricidad, el agua y el saneamiento, que constituyen los requisitos mínimos para lograr unos medios de vida dignos y productivos.

Muchos países en desarrollo habrán de elaborar los marcos institucionales y regulatorios adecuados para gestionar la implantación y aplicación de las tecnologías de vanguardia. La descentralización del capital, como se ha puesto de manifiesto en el caso de las plataformas colaborativas de prestación de servicios, expone a los proveedores de esos servicios a nuevos tipos de riesgos e incertidumbre. Dichos proveedores carecen de protección laboral y prestaciones y sus ingresos no son estables, mientras que los propietarios de las plataformas obtienen la mayor parte de las ganancias. Además, con frecuencia los consumidores gozan de poca protección, lo que da lugar a casos de discriminación de precios, fraude y explotación. También se necesitan directrices éticas y marcos jurídicos para velar por que los productos y servicios dudosos no se prueben utilizando a consumidores de los países en desarrollo que no son conscientes de ser sujetos de esas pruebas.

Asimismo, los países en desarrollo tendrán que fortalecer sus sistemas de innovación para mejorar la coordinación en materia de políticas, facilitar el intercambio de información y reducir las duplicaciones y el malgasto de recursos. Teniendo en cuenta la asimetría generalizada del acceso a la información, las empresas de esos países podrían duplicar sin saberlo los esfuerzos de creación tecnológica que ya hayan realizado otras empresas. También podrían malgastar los escasos recursos en crear una nueva tecnología al no conocer el potencial que ofrecen las tecnologías existentes para improvisar soluciones a un costo reducido. Disponer de un sistema nacional de innovación eficaz facilitaría el intercambio de información y conocimientos, en particular los relacionados con las patentes y los gastos conexos, y permitiría a las empresas adquirir nuevas tecnologías a un costo razonable.

Para alcanzar el desarrollo sostenible, los países en desarrollo deberán poder acceder a las tecnologías existentes y emergentes sin encontrar grandes restricciones. A fin de estrechar la brecha tecnológica y mejorar el acceso seguirá siendo necesario aplicar un régimen de derechos de propiedad intelectual que favorezca los objetivos de desarrollo sostenible fundamentales en materia de alimentación, salud y medio ambiente. Lograr un consenso internacional para gestionar determinadas tecnologías como bienes públicos mundiales, sobre la base del principio de responsabilidad común pero diferenciada de todos los países, asegurará que el desarrollo sostenible sea ventajoso para todos.

Erradicar el hambre y mejorar la seguridad alimentaria y la salud

Los países en desarrollo, sobre todo muchos países en situaciones especiales, hacen frente a un déficit crónico de producción alimentaria. Con frecuencia las sequías, las inundaciones y las plagas destruyen las cosechas y agravan el hambre y la malnutrición. La escasez de alimentos suele deprimir el sistema inmunitario y socavar la salud pública. No obstante, gracias a los descubrimientos en biotecnología se pueden obtener mejoras tangibles en la seguridad alimentaria y la atención médica. El bioenriquecimiento genético de los cultivos alimentarios puede ayudar a reducir las carencias de micronutrientes y mitigar la malnutrición haciendo que los alimentos sean más nutritivos. Mediante el análisis de grandes cantidades de datos demográficos y el uso de la inteligencia artificial para detectar las tendencias y dificultades principales es posible complementar los descubrimientos en biotecnología y abrir la

puerta a su aplicación en grupos de población específicos que sufren carencias de micronutrientes. Del mismo modo, existe la posibilidad de utilizar drones para entregar semillas y cultivos bioenriquecidos en zonas a las que sería imposible llegar por otros medios debido a que las redes de carreteras están poco desarrolladas.

La biotecnología también es útil para facilitar diagnósticos más certeros y, de ese modo, propiciar que los tratamientos se dispensen con prontitud, limitar la propagación de enfermedades y evitar el malgasto de recursos. A modo de ejemplo, en algunos países en desarrollo se ha probado con alentadores resultados una serie de vacunas recombinantes contra la malaria y la hepatitis disponibles a un costo muy inferior al de los medicamentos estándar importados. Detectar las sustancias y compuestos vegetales con propiedades curativas y utilizarlos para elaborar fitofármacos alberga un enorme potencial de producir medicamentos y vacunas de bajo costo y propiciar el desarrollo de una industria farmacéutica nacional⁹. Sin embargo, las perspectivas de elaboración de fitofármacos se ven mermadas por la falta de mercados, así como por los problemas de bioseguridad y bioética y el desconocimiento de los consumidores. Formular políticas de bioseguridad sobre plantas transgénicas de primera generación, que pertenecen a la categoría de los organismos modificados genéticamente, y crear los marcos institucionales pertinentes puede impulsar la producción de fitofármacos y ayudar así a lograr los objetivos relacionados con la salud sostenible. Los países en desarrollo también podrían valerse de los avances en la nanotecnología, las tecnologías de precisión y la inteligencia artificial con el fin de comercializar los fitofármacos a un precio asequible para su numerosa población.

Eficiencia económica y protección del medio ambiente

Algunos países están tomando medidas concretas para reducir las emisiones de CO₂ y aumentar la sostenibilidad ambiental, en consonancia con los compromisos que adquirieron de conformidad con el Acuerdo de París, aprobado en virtud de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático¹⁰, y con la Agenda 2030. Los grandes países emergentes, como el Brasil, China y la India, están desplegando esfuerzos análogos destinados a disminuir las emisiones de CO₂. Muchos de esos países dan prioridad a fabricar e implantar vehículos eléctricos¹¹ para cumplir las metas de reducción de las emisiones. Se reconoce que esos vehículos son una importante innovación que facilitará el logro de las metas mundiales de reducción del CO₂ fijadas en el Acuerdo de París, principalmente en razón de sus muy bajos niveles de emisiones por tubos de escape. Los vehículos eléctricos pueden generar ahorros, debido a sus bajos gastos variables en concepto de combustible, y, al mismo tiempo, acrecentar la sostenibilidad ambiental.

Numerosos países incentivan el uso de vehículos eléctricos por medios directos o indirectos. Entre los incentivos financieros se cuentan la disminución o exención de impuestos, mientras que los incentivos indirectos incluyen las excepciones a la restricción del acceso a las zonas urbanas, las plazas de aparcamiento reservadas y el privilegio de circular por carriles para autobuses y vehículos de alta ocupación durante las horas punta. Muchos Gobiernos también prestan apoyo directo a la I+D

⁹ Véase Ameenah Gurib-Fakim y Jacobus Nicolaas Eloff, eds., *Chemistry for Sustainable Development in Africa* (Berlín, Springer-Verlag, 2013).

¹⁰ Naciones Unidas, *Treaty Series*, núm. 54113, vol. por determinar.

¹¹ Los vehículos eléctricos a los que se hace referencia en la presente sección funcionan con baterías o paneles solares o usando un generador eléctrico para transformar en electricidad algún tipo de combustible (mayormente, hidrógeno).

en esa esfera. Sin embargo, utilizar vehículos eléctricos no conlleva necesariamente reducir las emisiones de CO₂ y otros gases de efecto invernadero, puesto que ello depende del total de emisiones que origina un vehículo a lo largo de su vida, lo que abarca su fabricación, la producción de la batería, su funcionamiento, mantenimiento y eliminación, y el consumo de energía durante todo su ciclo de vida. La reducción de las emisiones es máxima cuando un vehículo eléctrico utiliza exclusivamente la energía renovable, que en la actualidad representa solo el 20% del total de la energía generada a nivel mundial. El uso de la tecnología de impresión 3D para fabricar esos vehículos y de la inteligencia artificial en sus sistemas de navegación podría contribuir a reducir aún más sus emisiones a lo largo de todo el ciclo de vida y a incrementar su eficiencia económica.

Para que el uso de los vehículos eléctricos produzca efectos en toda la economía será necesario que los consumidores los prefieran como medio de transporte principal. Esos vehículos siguen sin ser una opción viable para muchos usuarios que viven en países con vastas superficies rurales debido a la escasez de estaciones de carga eléctrica y al hecho de que los vehículos eléctricos solo pueden recorrer distancias relativamente cortas con una única carga. El elevado precio de esos vehículos los convierte en bienes que solo pueden permitirse los usuarios adinerados. Por ello, los incentivos financieros para los vehículos eléctricos terminan funcionando como subsidios para los ricos, con los consiguientes problemas de equidad. Las inversiones complementarias destinadas a aumentar la capacidad de la batería, abaratar el precio, instalar estaciones de carga y ampliar las fuentes de energía renovable incrementarán el potencial de esos vehículos para contribuir al desarrollo sostenible.

Alcanzar la seguridad energética

Los países en desarrollo, en particular los países en situaciones especiales, deben hacer frente a los ingentes retos de alcanzar la seguridad energética y ampliar el acceso a la electricidad a un precio asequible. Esa situación produce efectos indeseados en el desempeño académico, el desarrollo de aptitudes y la acumulación de capital humano. La proporción de energía renovable es especialmente baja en muchos países en desarrollo. Mediante las tecnologías de la energía renovable se podría generar 3.000 veces más energía de la requerida para cubrir las necesidades mundiales actuales¹². Esas tecnologías pueden resultar ventajosas para todos, en especial para los países en desarrollo con déficit energético, al incrementar la eficiencia, crear puestos de trabajo, promover la inclusión social y la equidad, reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y mejorar la sostenibilidad ambiental. En las zonas remotas sin conexión a la red eléctrica, las tecnologías de la energía renovable, como los paneles solares fotovoltaicos y las turbinas eólicas, que sean independientes, se adecúen al tamaño de la unidad familiar y estén instaladas cerca del origen de la demanda serían útiles para reducir los costos de suministro y transmisión y las pérdidas de energía y capacidad.

Sin embargo, el elevado costo de las tecnologías de la energía renovable sigue siendo un obstáculo, sobre todo en los países en desarrollo que carecen de margen fiscal para conceder incentivos financieros a su creación, difusión y adopción. En los países desarrollados, los usuarios suelen estar mejor informados de las ventajas y desventajas de utilizar esas tecnologías y les resulta más fácil sustituir sus fuentes de energía tradicionales por renovables. En esos países también suele haber mayor

¹² Omar Ellabban, Haitham Abu-Rub y Frede Blaabjerg, “Renewable energy resources: current status, future prospects and their enabling technology”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 39 (C) (noviembre de 2014), págs. 748 a 764.

conciencia colectiva de los problemas ambientales. Por el contrario, los usuarios pobres de muchos países en desarrollo no disponen de la información imprescindible sobre las tecnologías de la energía renovable ni son conscientes de sus implicaciones. Por ejemplo, el costo único de instalación de esas tecnologías es elevado en comparación con el de las fuentes de energía tradicionales, y eso podría disuadir a los usuarios pobres, que ignoran completamente el ventajoso costo a largo plazo. Por otra parte, es posible que esos usuarios desconfíen de esas tecnologías como fuente de energía estable, sobre todo en las etapas iniciales de su implantación en la comunidad. En consecuencia, queda patente la necesidad de generar confianza en las nuevas tecnologías. La inversión comunitaria para divulgar información sobre la rentabilidad de las tecnologías de la energía renovable podría favorecer su adopción generalizada. También se hace evidente la necesidad de que muchos países en desarrollo concedan incentivos financieros para promover esas tecnologías como medio importante de alcanzar la seguridad energética y el desarrollo sostenible.

Asegurar la cohesión social, la paz y la estabilidad

En el contexto de los persistentes retos ambientales, la creciente desigualdad de los ingresos y la sensación de inseguridad económica cada vez mayor, los países de todo el mundo deben adoptar medidas concertadas para asegurar la estabilidad, la paz y la armonía en sus sociedades.

A ese respecto, por ejemplo, los medios sociales han propiciado una gran transformación de la interacción social —que ahora es más frecuente y, en ocasiones, más profunda—, así como el aumento de la sociabilidad y la participación cívica. Podría decirse que el reverso de la moneda es que la intensidad con la que se usan esos medios ha acrecentado el aislamiento, la alienación y el retiro de la sociedad. Los algoritmos en los que se basan los medios sociales determinan el contenido y el orden de la información que ven los usuarios, lo cual es susceptible de influir en gran medida en sus percepciones, creencias, actitudes y acciones. Esos algoritmos también han hecho posible que la desinformación se propague rápidamente, y ello polariza a los usuarios y menoscaba el discurso cívico.

Los algoritmos se utilizan cada vez más para fundamentar y facilitar la adopción de decisiones en los sectores público y privado, por ejemplo, en la contratación, la concesión de créditos y la prestación de servicios sociales, incluidos los de protección infantil, y en los sistemas de justicia penal. Si bien los algoritmos capacitan a las empresas y las instituciones públicas para tomar decisiones mejor fundadas, también refuerzan los sesgos y prejuicios existentes y agravan la discriminación y la exclusión social. Pese a que a menudo se los describe como herramientas objetivas, lo cierto es que los algoritmos suelen codificar los prejuicios y sesgos humanos en sistemas automáticos y, con frecuencia, los efectos indeseados de ese hecho afectan a las minorías y los grupos vulnerables de forma desproporcionada. Mientras que las personas pueden rendir cuentas de sus decisiones, no existen mecanismos que garanticen la transparencia y la rendición de cuentas en los opacos procesos de toma de decisiones basados en algoritmos, y ello hace necesario formular directrices claras y convenientes para lograr ese objetivo.

La seguridad y la privacidad de los datos son factores esenciales a la hora de asegurar la confianza y la rendición de cuentas en el ciberespacio. Las vulneraciones de la seguridad comprometen la información privada de los usuarios, que resulta valiosa como activo comercializable para muchas terceras partes. En la economía de datos, la excesiva concentración de datos personales puede otorgar niveles indebidos de poder de mercado a un puñado de grandes empresas (como las agencias de

calificación crediticia, las plataformas de medios sociales y los minoristas en línea) y situar a los usuarios y consumidores en una posición de vulnerabilidad frente a diversas formas de manipulación, incluidas la discriminación de precios y la relacionada con el acceso a información o servicios pertinentes. Existe una clara necesidad de definir la propiedad de los datos a efectos de proteger los derechos de propiedad y privacidad de los particulares y velar por que esos datos se utilicen de forma responsable. De ese modo también se garantizarían la rendición de cuentas y la integridad de los medios sociales, las plataformas colaborativas y el comercio electrónico y se fomentaría la confianza y la estabilidad en el mundo digital.

III. Sistemas nacionales de innovación en favor del desarrollo sostenible

El progreso tecnológico no ha sido homogéneo en todos los países. La innovación y los descubrimientos tecnológicos se concentran en gran medida en un pequeño grupo de países desarrollados y en algunos de los grandes países en desarrollo. La mayoría de los países en desarrollo siguen sin desempeñar un papel sustancial en la innovación, lo que subraya la persistencia de una brecha tecnológica que sigue aumentando entre ellos y los países desarrollados. La brecha tecnológica persiste también dentro de las fronteras nacionales y es creciente entre las empresas situadas a la vanguardia tecnológica del país y las empresas rezagadas. Incluso a pesar de que las tecnologías irrumpen en nuevos países más rápidamente, los datos muestran un descenso de la velocidad a la que se difunden las tecnologías en el ámbito nacional. En la esfera clave de la inteligencia artificial, la producción de patentes también se concentra en gran medida en unas pocas empresas, aun en los países más avanzados en cuestiones tecnológicas.

Sistemas nacionales de innovación

La capacidad de los países y las empresas de situarse a la vanguardia tecnológica —de alcanzarla y de permanecer en ella— precisa de un sistema nacional de innovación bien engrasado. No obstante, no existe un modelo único de sistema nacional eficaz aplicable a todas las circunstancias. Concurren sistemas de innovación impulsados por los mercados y por el Estado, lo que refleja las grandes diferencias en las estrategias adoptadas por los países que han dado el salto a la vanguardia tecnológica. Los sistemas de innovación, independientemente de que los impulsen los mercados o el Estado, abarcan a una variedad de interesados, a saber, el sector privado, las universidades, las instituciones de investigación, los laboratorios de ideas, los grupos de promoción y presión, y las entidades y empresas públicas. La interacción y las relaciones entre esos interesados hacen más fácil definir los retos fundamentales, como la agenda de investigación, las necesidades de financiación, los derechos sobre la innovación y las patentes, y la traducción de la innovación en tecnologías viables y comercializables. En los sistemas impulsados por los mercados, las consideraciones sobre la eficiencia y la rentabilidad determinan las decisiones sobre la innovación, mientras que en los sistemas dirigidos por el Estado se tiende a dar prioridad a la innovación con fines sociales, de crecimiento o de salud pública.

Las relaciones dentro de los sistemas nacionales de innovación son complejas, y el éxito de los esfuerzos de un país a ese respecto depende de la manera en que las redes de agentes interactúan para generar y difundir la innovación. La eficacia de los sistemas nacionales obedece a la estructura y la competencia mercantiles. Los mercados competitivos incentivan a las empresas a seguir innovando y superar a sus

competidores. Por otro lado, un exceso de competencia puede disminuir los ingresos y las ganancias, con la consiguiente reducción del margen disponible en las empresas para invertir en actividades de I+D.

Además de la competencia mercantil, la regulación es un factor determinante para que los creadores de tecnología se midan en igualdad de condiciones. La normativa sobre propiedad intelectual suele determinar la trayectoria de los esfuerzos nacionales de innovación. Si la propiedad intelectual no goza de suficiente protección y no existen mecanismos alternativos para compensar a los innovadores, se corre el riesgo de desincentivar la innovación. Por el contrario, si la protección de la propiedad intelectual es demasiado estricta también se obstaculiza la innovación al restringir el flujo de conocimientos y dificultar la labor de innovación futura. La regulación también es esencial para que los progresos tecnológicos fomenten el bienestar social.

Otro requisito de los sistemas nacionales de innovación eficaces es la infraestructura complementaria, que incluye los servicios jurídicos y empresariales, las telecomunicaciones y los transportes. La aparición de la llamada “ciencia abierta”, que pone los datos de investigación, las notas de laboratorio y otros procesos conexos a disposición del público de manera gratuita, podría desempeñar un papel fundamental en el fortalecimiento de los sistemas nacionales de innovación. La ciencia abierta ha hecho posible que los agentes no tradicionales, como los grupos de investigación más pequeños y los investigadores independientes, participen en actividades de innovación complejas.

Promoción gubernamental de la innovación

Aunque el sector privado tome la iniciativa, los Gobiernos tienen una función esencial en lo que se refiere a subsanar las carencias de los mercados, determinar la innovación futura y respaldar la creación de tecnologías emergentes en sus primeras etapas. La inversión pública en educación de calidad y desarrollo de aptitudes son fundamentales para impulsar la innovación. Mediante la labor que desempeñan en favor de una competencia mercantil justa y de marcos regulatorios adecuados, las instituciones públicas promueven iniciativas de innovación eficaces. Las diferencias en el capital humano, el acceso a la financiación y las características de las instituciones y las infraestructuras fomentan las brechas tecnológicas que existen entre los países y dentro de ellos. La función de los Gobiernos es decisiva de cara a eliminar esas brechas orientando e incentivando la innovación dirigida a las comunidades y las sociedades rezagadas en el progreso tecnológico. Mediante el presupuesto público para I+D se podría mejorar el acceso a la investigación básica en ciencia y tecnología de tal modo que se contribuyera a que todas las empresas gozaran de las mismas oportunidades. Los Gobiernos tienen también la capacidad de facilitar la transferencia de tecnología entre empresas y sectores adaptando los regímenes de derechos de propiedad intelectual.

Las instituciones públicas influyen en la innovación mediante la definición de normas adecuadas, puesto que promover determinadas normas puede ayudar a poner en marcha la penetración de nuevas tecnologías en el mercado. También está en su mano establecer un régimen de derechos de propiedad intelectual apropiado para que las empresas estén lo bastante incentivadas a innovar y, al mismo tiempo, la información técnica que figura en los documentos de las patentes esté a disposición del público con el fin de favorecer los efectos indirectos positivos de la innovación. Los Gobiernos están facultados para destinar financiación directa a aquellos productos nuevos que presentan un enorme potencial de aumentar el bienestar social pero que carecen de viabilidad comercial, en particular durante los períodos de

desaceleración económica en los que las empresas no pueden permitirse correr riesgos con tales productos. También se puede alentar la innovación mediante incentivos fiscales bien diseñados, incluidos los que se conceden a las empresas pequeñas y nuevas en relación con la I+D.

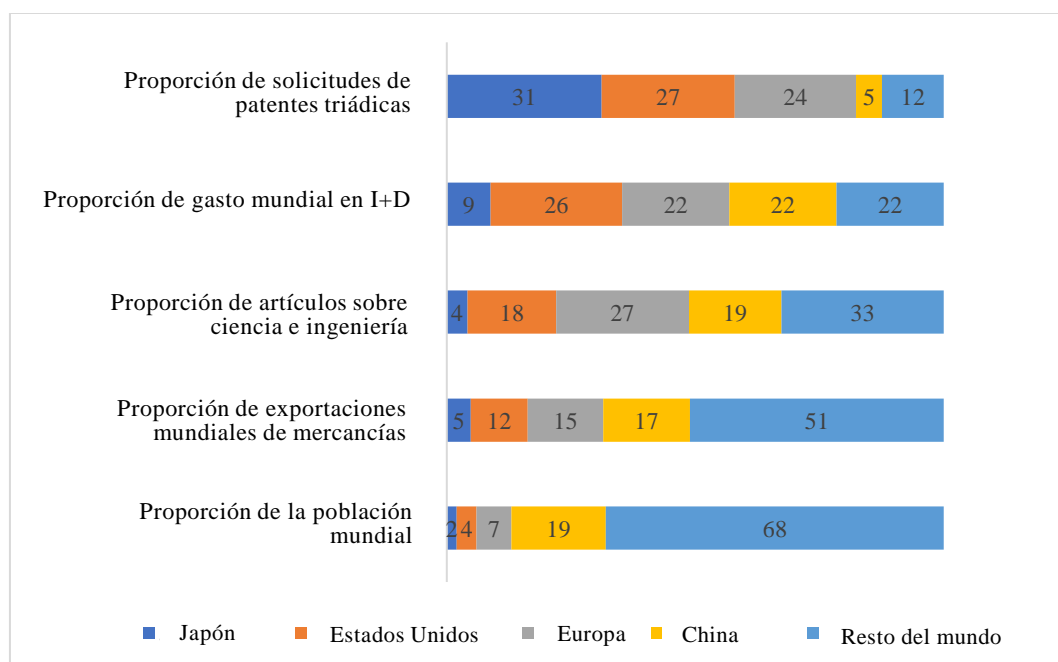
Los Gobiernos deben desempeñar una parte activa en la difusión de la tecnología. Las medidas concertadas que adoptan revisten especial importancia dado el riesgo inminente de que los flujos de información tecnológica y sus efectos de red complementarios se limiten mayoritariamente a grupos de países o empresas con alta capacidad tecnológica, lo que daría lugar a que otros países y empresas quedaran excluidos de los beneficios derivados del tipo de dinamismo tecnológico que podría impulsarlos hasta la vanguardia tecnológica. Los Gobiernos pueden mejorar el acceso a la información relativa a la tecnología y solventar las limitaciones de capacidad de las empresas a fin de ayudarlas a encarar la incertidumbre asociada a la adopción de la tecnología y las dificultades financieras conexas. A través de las políticas fiscales es posible influir en las opciones tecnológicas de las empresas y los usuarios. A nivel internacional, la transferencia de tecnología se lleva a cabo sobre todo por conducto del comercio internacional y la inversión extranjera directa, en las condiciones dispuestas por los regímenes de derechos de propiedad intelectual. Los Gobiernos pueden ejercer una función determinante en la difusión de la tecnología si demuestran habilidad al negociar los complejos acuerdos internacionales de comercio e inversión.

La gran brecha tecnológica

El reducido grupo de grandes empresas que lideran los progresos en las tecnologías emergentes se concentra en un número limitado de países. La brecha tecnológica entre los países desarrollados y el resto de la economía mundial es amplia y está creciendo, a juzgar por el número de solicitudes de patentes o el gasto en I+D. China, los Estados Unidos de América, el Japón y la Unión Europea, que entre 2013 y 2015 representaban el 32% de la población del planeta, originan en conjunto una proporción mucho mayor de las publicaciones científicas (69%), el gasto en I+D (83%) y las solicitudes de patentes triádicas (86%) de todo el mundo (véase la figura VI). La brecha tecnológica es todavía más pronunciada en el ámbito de las tecnologías de vanguardia. En el estudio de Fujii y Managi (2017)¹³ se concluye que los Estados Unidos de América representaban por sí solos un abrumador 75% del total global de patentes de inteligencia artificial concedidas entre 2016 y 2017. Dentro de un mismo país se han registrado tendencias similares respecto de la brecha tecnológica entre empresas, es decir, un reducido grupo de grandes empresas domina la producción tecnológica de vanguardia. A título ilustrativo cabe señalar que los datos sobre las patentes de inteligencia artificial muestran que unas pocas grandes empresas dominan la producción de patentes a nivel mundial.

¹³ Hidemichi Fujii y Shunsuke Managi, “Trends and priority shifts in artificial intelligence technology invention: a global patent analysis”, documento de debate Rieti 17-E-066 (Instituto de Investigación de Economía, Comercio e Industria, Tokio, mayo de 2017).

Figura VI
Proporción mundial de determinados países y la Unión Europea en diversas actividades (2013-2015)



Fuente: figura elaborada por el Departamento de Asuntos Económicos y Sociales (2017) sobre la base de datos de la OCDE, la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, la Fundación Nacional de Ciencias (Estados Unidos de América), la Organización Mundial del Comercio y la División de Población de la Secretaría de las Naciones Unidas.

Nota: las patentes triádicas son una familia de patentes que se registran en las tres oficinas competentes principales (la Oficina Europea de Patentes, la Oficina de Patentes del Japón y la Oficina de Patentes y Marcas Registradas de los Estados Unidos de América) a fin de proteger un mismo invento.

Existe un pequeño grupo de países desarrollados y en desarrollo, situados a la cabeza de la vanguardia tecnológica, que ejerce un papel dominante en la introducción de las tecnologías de vanguardia. Si bien entre esos países existen diferencias relativas a los ingresos per cápita, la geografía y la estructura política, todos ellos tienden a destinar una proporción relativamente alta de sus ingresos nacionales a la I+D. El producto interno bruto per cápita, que suele emplearse como medida del nivel de desarrollo de un país, no siempre se corresponde con su gasto en I+D. Países como Chequia, Eslovenia, Estonia e Israel dedican a la I+D una proporción de sus ingresos nacionales mucho más elevada que España, Grecia e Italia, cuyos ingresos per cápita son superiores. Muchos países han logrado aproximarse a la vanguardia tecnológica, liderar determinadas tecnologías y colmar la brecha tecnológica gracias a un gasto elevado en I+D complementado con inversiones en educación y desarrollo de aptitudes.

Superar las brechas tecnológicas que existen entre los países y dentro de ellos también exigirá el respeto universal de la responsabilidad común pero diferenciada en las esferas de la creación, la difusión y la adopción de las tecnologías de vanguardia, en particular de aquellas más necesarias para conseguir el desarrollo

sostenible. Los países que lideran la innovación en tecnologías de vanguardia son especialmente responsables de gestionar la difusión y adopción de esas tecnologías de forma que se logre un equilibrio entre la eficiencia, la equidad y las consideraciones éticas.

IV. Cooperación internacional al servicio de la creación y difusión sostenibles de tecnologías

Los rápidos avances en las tecnologías de vanguardia han dejado obsoletas muchas instituciones, políticas y normativas tradicionales, que ya no son eficaces para responder a las oportunidades y los retos que representan las tecnologías emergentes para la sociedad. El ritmo desigual de la difusión tecnológica, las repercusiones económicas de las tecnologías en los países y entre ellos, el modo en que las nuevas tecnologías trascienden las fronteras sectoriales, jurisdiccionales y regulatorias, y los efectos de esas tecnologías en la percepción, la conducta y los sesgos plantean retos inesperados e imprevistos en materia de políticas. No obstante los inmensos beneficios que las tecnologías de vanguardia podrían generar, los riesgos e incertidumbres asociados con su adopción y uso también son notables. Las medidas aisladas de alcance nacional no serán suficientes para responder a los retos que plantea maximizar los beneficios potenciales de las tecnologías de vanguardia sin dejar de minimizar sus efectos involuntarios indeseados. Es innegable que se precisa una cooperación internacional más sólida, eficaz, adaptable y flexible a fin de que esas tecnologías resulten provechosas para el desarrollo sostenible.

Aunque las políticas nacionales seguirán siendo fundamentales para gestionar los adelantos en las tecnologías emergentes, se deberá fortalecer la cooperación internacional con el fin de reducir la brecha tecnológica entre los países, encarar la concentración del poder de mercado, mejorar la cooperación tributaria internacional, y establecer las normas y límites éticos necesarios para orientar los progresos en las tecnologías de vanguardia, en particular en las esferas de la inteligencia artificial, la genética y la biotecnología.

Colmar la brecha tecnológica

Colmar la brecha tecnológica exige resolver una serie de retos institucionales relacionados con la oferta y la demanda. Al aprovechar la tecnología para aumentar el bienestar social, las medidas en materia de políticas suelen centrarse en las limitaciones de la oferta para crear y transferir tecnologías. La idea de que facilitar el acceso a la tecnología no necesariamente promueve su adopción generalizada está cada vez más aceptada. Las nuevas tecnologías, como las de mejora del sistema de saneamiento o las de la energía renovable, pueden no ser viables mientras no exista la demanda necesaria en las propias comunidades por motivos económicos, políticos, culturales o religiosos. Se necesitan medidas concertadas de alcance nacional e internacional para sensibilizar a la población acerca de las tecnologías de vanguardia y sus posibles efectos para el desarrollo sostenible.

La adopción de nuevas tecnologías orientadas a aumentar el bienestar social a menudo se ve obstaculizada por limitaciones formales e informales. Las medidas institucionales deberían servir para favorecer la divulgación de información tecnológica, sensibilizar a la población, mejorar el acceso a la financiación, reforzar la capacidad y establecer mecanismos que permitan a las empresas y a los usuarios protegerse de la incertidumbre y los riesgos asociados con las tecnologías. También se requieren medidas institucionales al objeto de velar por la privacidad, la seguridad

y la rendición de cuentas, algo esencial para fomentar la confianza del público en las tecnologías. Los esfuerzos por reducir las brechas tecnológicas precisarán de incentivos y financiación adicional, lo que hará que la cooperación internacional sea aún más necesaria.

Puesto que se ha demostrado que la rigidez del régimen mundial de derechos de propiedad intelectual ha hecho que sea cada vez más difícil transferir tecnologías, la flexibilidad jurídica e institucional se ha convertido en un prerrequisito indispensable. Con el fin de aliviar esa rigidez se precisa una estrategia pluridimensional que incorpore criterios flexibles para definir las normas nacionales de patentabilidad, mantener o incluso ampliar las exenciones de patentes de los países en desarrollo, aumentar la viabilidad y la eficacia de los procesos de concesión de licencias obligatorias, y asegurar el acceso inclusivo a los datos tecnológicos.

A fin de colmar la brecha tecnológica también es vital armonizar las normas nacionales e internacionales sobre tecnología. La elaboración de una estrategia normativa unificada a nivel nacional puede ayudar a prevenir la duplicación de esfuerzos y la adopción de normas contradictorias. Si se aumenta la participación de las instituciones públicas en los procesos normativos sobre las tecnologías impulsadas por los mercados se puede conseguir que las normas resultantes faciliten la difusión y adopción de esas tecnologías, en particular las esenciales para alcanzar el desarrollo sostenible. Los Gobiernos deben cooperar para formular principios internacionales sobre la fijación de normas y velar por que esos principios se interpreten de la misma manera en todos los países.

Los Gobiernos también deben alcanzar y mantener un margen de acción en materia de políticas suficiente para gestionar los progresos en las tecnologías de vanguardia de acuerdo con sus objetivos de desarrollo nacionales. Es evidente que la comunidad internacional ha de revisar los acuerdos de ámbito mundial vigentes, incluido el Acuerdo sobre los Aspectos de los Derechos de Propiedad Intelectual Relacionados con el Comercio (Acuerdo sobre los ADPIC)¹⁴, y resolver las limitaciones del margen de acción en materia de políticas de los países en desarrollo. Además, urge crear una entidad internacional que determine un conjunto de tecnologías de vanguardia esenciales para conseguir el desarrollo sostenible. Dichas tecnologías esenciales deberían declararse bienes públicos mundiales y ponerse a disposición de las sociedades y las comunidades por consenso internacional, lo que sería un reflejo del respeto de la responsabilidad común pero diferenciada de todos los interesados.

Encarar la concentración de la cuota de mercado en las tecnologías de vanguardia

Se ha experimentado a nivel mundial una fuerte tendencia hacia una mayor concentración de la cuota de mercado en todos los sectores, especialmente en muchas tecnologías de vanguardia. Las empresas tecnológicas dominantes explotan cada vez más los efectos de red, las economías de escala, las economías de diversificación y su influencia desproporcionada en los procesos regulatorios. Las ventajas que obtienen de ello hacen que muchas grandes empresas puedan seguir dominando el mercado sin continuar innovando, lo que hace necesario reforzar las políticas sobre competencia. También se hace más complicado examinar las conductas contrarias a

¹⁴ Véase *Instrumentos jurídicos que contienen los resultados de la Ronda Uruguay de negociaciones comerciales multilaterales, hechos en Marrakech el 15 de abril de 1994* (publicación de la secretaría del GATT, núm. de venta: GATT/1994-7).

la competencia, dado que los algoritmos permiten determinar precios personalizados y, de ese modo, dificultan que las autoridades en materia de competencia evalúen con exactitud los precios facturados por las empresas.

Los sistemas de patentes en vigor podrían acentuar aún más las conductas contrarias a la competencia. Los importantes aumentos del número y la complejidad de las solicitudes de patentes han dado lugar a retrasos y períodos de tramitación más largos, lo que, a su vez, agudiza la incertidumbre respecto de qué inventos están o estarán amparados por derechos de patente. Esa situación favorece que las empresas adopten estrategias contrarias a la competencia. Por otra parte, el crecimiento sistemático de los costos de los litigios sobre patentes suele perjudicar a las empresas de menor tamaño, que, debido a sus limitados recursos financieros, no pueden permitirse iniciar ni defender causas por infracción de patentes.

El aumento del poder de mercado y la disminución de la competencia en los sectores de las tecnologías de vanguardia exigen fortalecer la cooperación internacional en materia de políticas sobre competencia. El hecho de que la severidad de las normas difiera en cada país como resultado de una cooperación internacional insuficiente va en detrimento del bienestar de los consumidores. Esa escasez de cooperación internacional también socava la capacidad de las autoridades nacionales en materia de competencia para hacer cumplir la legislación interna y les impone una carga administrativa adicional, asumida también por las organizaciones conexas, cuando investigan las conductas contrarias a la competencia. Teniendo en cuenta la importancia de la cooperación internacional, las autoridades nacionales en la materia deberían crear mecanismos más eficaces para intercambiar información sobre dichas conductas y hacer cumplir la legislación conexas de forma efectiva.

Fortalecer la cooperación tributaria internacional

Los avances tecnológicos y la digitalización han cambiado la manera en que las empresas llevan a cabo sus actividades internacionales. Gracias a la digitalización, las empresas participan en la economía de un país o región teniendo en ellos poca o nula presencia física real, lo que limita la capacidad de los Gobiernos de gravar los ingresos generados por esas actividades. Asimismo, la digitalización permite a las grandes empresas centralizar sus actividades en jurisdicciones que, con frecuencia, les exigen tributos muy bajos o inexistentes, y ello plantea problemas relacionados con la erosión de la base imponible y el traslado de beneficios.

Los Gobiernos de los países desarrollados y en desarrollo afrontan retos crecientes para recaudar ingresos suficientes para financiar el gasto relativo al logro del desarrollo sostenible (por ejemplo, los sistemas y niveles mínimos de protección social), así como para cumplir la función redistributiva del sistema tributario. Los países en desarrollo podrían verse especialmente afectados por la complejidad y los riesgos para los ingresos asociados con la digitalización debido a la limitación de los recursos humanos y del acceso a los recursos tecnológicos. Mediante el fortalecimiento de la capacidad nacional de gravar las transacciones digitales de las empresas multinacionales, en particular en los países en desarrollo, muchos de esos países podrían conseguir financiar sus prioridades en materia de desarrollo sostenible y las iniciativas nacionales para facilitar la adopción y difusión de las tecnologías pertinentes.

Urge fortalecer la cooperación internacional a fin de gravar los beneficios de manera más eficaz y eliminar los resquicios legales que permiten a las grandes empresas multinacionales, incluidas las tecnológicas, disminuir sus obligaciones tributarias. Se necesita un consenso internacional para definir nuevas normas

tributarias que hagan posible seleccionar y gravar los beneficios derivados de las actividades digitales. Conforme se propaga la digitalización, los sistemas tributarios internacionales deben reorientarse hacia el objetivo de gravar los beneficios allí donde se lleva a cabo la actividad y se genera el valor añadido, principio que los Jefes de Estado y de Gobierno y los Altos Representantes plasmaron en la Agenda de Acción de Addis Abeba de la Tercera Conferencia Internacional sobre la Financiación para el Desarrollo¹⁵. Existen diferentes opiniones respecto de qué actividades generan valor y en qué medida lo hacen, dónde se realizan y cómo deberían distribuirse los beneficios derivados de ellas entre los países de manera que se refleje la creación de valor sin dar lugar a una onerosa doble imposición. Las autoridades tributarias se enfrentan a nuevos retos a raíz de los impuestos sobre los buscadores y las plataformas de medios sociales, que prestan servicios gratuitos a los usuarios más allá de las fronteras pero también recopilan datos gracias a los cuales venden publicidad selectiva y obtienen ingresos sin tener presencia física.

El Comité de Expertos sobre Cooperación Internacional en Cuestiones de Tributación estudia las oportunidades que ofrece la economía digital para mejorar la administración de los ingresos y combatir la elusión y evasión de impuestos, con el fin de favorecer la generación de recursos nuevos y adicionales para financiar el desarrollo sostenible.

Establecer normas y límites éticos adecuados

Gestionar los adelantos de las nuevas tecnologías es imperativo para asegurar la equidad y la justicia social y alcanzar el desarrollo sostenible. A fin de que esos progresos se adecúen a los valores universales, la ética y la moral seguirá siendo vital aumentar la transparencia y la rendición de cuentas en la I+D de las tecnologías de vanguardia, como la modificación del genoma, la clonación, la biotecnología y la inteligencia artificial.

Las sociedades deben incorporar activamente la ética, los valores y los aspectos sociales de las tecnologías de vanguardia en todas las etapas de su creación, en lugar de adoptar una actitud condescendiente y encarar los retos *a posteriori*. Los Gobiernos, las empresas, el mundo académico y la sociedad civil de los países desarrollados han de colaborar entre ellos y con los interesados de los países en desarrollo para promover normas éticas con las que orientar la investigación y la innovación. Pese a que las medidas nacionales serán decisivas, las diferentes circunstancias de cada país harán necesaria una mayor cooperación internacional con el fin de elaborar normas éticas mundiales relativas a las tecnologías de vanguardia.

Fraguar medidas colectivas mundiales: el papel de las Naciones Unidas

Si bien muchas tecnologías de vanguardia brindan inmensas oportunidades de impulsar el desarrollo sostenible, también plantean riesgos considerables. Por ello se precisa un diálogo de alcance mundial en el que participen todos los interesados para definir esos riesgos y oportunidades. Las Naciones Unidas pueden servir de entidad facilitadora e imparcial entre los Gobiernos, el sector privado y las organizaciones de la sociedad civil a efectos de evaluar de manera objetiva las repercusiones de las tecnologías emergentes en los resultados del desarrollo sostenible, incluidos el empleo, los salarios y la distribución de los ingresos. Mediante una evaluación pluridimensional de las oportunidades y los retos, en la que participen múltiples

¹⁵ Resolución [69/313](#) de la Asamblea General, anexo.

interesados, los Estados Miembros podrán determinar las políticas adecuadas para gestionar las tecnologías de vanguardia.

A ese respecto, el Foro sobre la Ciencia, la Tecnología y la Innovación desempeña una función cada vez más relevante como tribuna de múltiples interesados que propicia un entendimiento común entre los científicos, los encargados de formular políticas y el sector privado y favorece la obtención de resultados tangibles en materia de desarrollo. La Comisión de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo, el Banco de Tecnología para los Países Menos Adelantados y las Cumbres Mundiales sobre la Inteligencia Artificial para el Bien de la Humanidad, organizadas por la Unión Internacional de Telecomunicaciones, son otras iniciativas relevantes originadas en el seno de las Naciones Unidas con el fin de aumentar la comprensión de las tecnologías pertinentes y sus efectos en el desarrollo sostenible, que contribuyen a superar algunos aspectos de la brecha tecnológica.

Las Naciones Unidas pueden desempeñar un papel vital a la hora de señalar las tecnologías de vanguardia esenciales y designarlas bienes públicos mundiales en favor del desarrollo sostenible. Las tecnologías de la energía renovable que ayudan a promover la sostenibilidad ambiental, las vacunas con las que se salvan vidas, y las biotecnologías que sirven para estimular la producción de alimentos y eliminar el hambre pueden considerarse todas ellas bienes públicos mundiales que protegen nuestro futuro común. En ese sentido, las Naciones Unidas deberán fraguar un compromiso mundial basado en la responsabilidad común pero diferenciada de todos los agentes.

Las Naciones Unidas también pueden aprovechar su capacidad de convocación para reunir a los Estados Miembros y todos los interesados pertinentes en torno a un consenso global sobre las normas jurídicas y éticas que deberán orientar la I+D de las tecnologías de vanguardia. Los progresos tecnológicos deben respetar esas normas éticas adoptadas de forma universal. Dada su composición universal y su inquebrantable compromiso con los valores humanos, las Naciones Unidas gozan de una posición inmejorable para facilitar el diálogo entre todos los interesados y la formulación de un pacto ético mundial para gestionar los avances en las tecnologías de vanguardia.
