

**Comisión de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo****22º período de sesiones**

Ginebra, 13 a 17 de mayo de 2019

Tema 3 a) del programa provisional

El impacto del cambio tecnológico rápido en el desarrollo sostenible**Informe del Secretario General***Resumen*

El presente informe se ha preparado en respuesta a la resolución 72/242 de la Asamblea General, en la que se solicita a la Comisión de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo, por conducto del Consejo Económico y Social, que tenga debidamente en cuenta el impacto de los cambios tecnológicos rápidos fundamentales en el logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible. El informe contiene un análisis del impacto del cambio tecnológico rápido en el desarrollo sostenible, en particular sus consecuencias para el principio central de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible de “no dejar a nadie atrás”. En el informe se señalan las oportunidades que ofrece el cambio tecnológico rápido para el logro y el seguimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible en las diversas dimensiones económicas, sociales y ambientales. Se examinan las posibilidades transformadoras y disruptivas de este cambio desde un punto de vista económico, social y normativo. En el informe se destaca que, sin unas políticas de ciencia, tecnología e innovación adecuadas, las tecnologías, ya sean antiguas o nuevas, tienen pocas probabilidades de contribuir al desarrollo mundial. Para avanzar es necesario un entorno que fomente el aprendizaje y la innovación y permita construir y gestionar sistemas de innovación eficaces. En este contexto, el presente informe aporta ejemplos de estrategias y políticas nacionales para abordar el cambio tecnológico rápido y hace un repaso de las iniciativas de cooperación en el ámbito regional e internacional, así como entre múltiples interesados. Además, se exhorta a la comunidad internacional a que siga examinando la forma en que la evaluación y la prospectiva tecnológicas, así como la búsqueda del consenso sobre las directrices normativas, pueden, junto con las políticas nacionales e internacionales, determinar la contribución que la evolución rápida de las tecnologías aporte al desarrollo. El informe concluye con la formulación de propuestas a los Estados miembros y la comunidad internacional.



Introducción

1. En su 21^{er} período de sesiones, celebrado en mayo de 2018 en Ginebra, la Comisión de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo seleccionó “El impacto del cambio tecnológico rápido en el desarrollo sostenible” como uno de sus temas prioritarios para el período entre sesiones 2018-2019.
2. La secretaría de la Comisión organizó una reunión de expertos entre períodos de sesiones del 15 al 17 de enero de 2019 en Viena con el objetivo de profundizar los conocimientos sobre ese tema y prestar asistencia a la Comisión en sus deliberaciones durante su 22^o período de sesiones. El presente informe se basa en el documento temático preparado por la secretaría de la Comisión¹, las conclusiones de la reunión de expertos, los estudios de casos de países aportados por miembros de la Comisión, la bibliografía sobre la materia y otros recursos.
3. El presente informe se ha preparado en respuesta a la resolución 72/242 de la Asamblea General, en la que se solicita a la Comisión de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo, por conducto del Consejo Económico y Social, que tenga debidamente en cuenta el impacto de los cambios tecnológicos rápidos fundamentales en el logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible. En 2018, la Asamblea General también aprobó una resolución sobre el impacto del cambio tecnológico rápido en la consecución de los Objetivos de Desarrollo Sostenible y sus metas (A/73/L.20).
4. Aunque en él no se defina expresamente el “cambio tecnológico rápido”, a los efectos del presente informe, las tecnologías asociadas con el “cambio tecnológico rápido” incluyen (aunque no exclusivamente): los macrodatos; la Internet de las cosas; el aprendizaje automático; la inteligencia artificial; la robótica; la tecnología de cadena de bloques; la impresión tridimensional; la biotecnología; la nanotecnología; la realidad virtual y aumentada; las tecnologías de energía renovable; y la tecnología satelital y de drones.

I. Oportunidades que ofrece el cambio tecnológico rápido para el logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible

5. Los Objetivos de Desarrollo Sostenible tienen un carácter amplio, multidimensional, ambicioso y absoluto, y resultará prácticamente imposible cumplirlos en su totalidad antes de 2030 sin un desarrollo y una aplicación adecuada de la ciencia, la tecnología y la innovación. En la presente sección se destacará la función que cumplen estas últimas en las esferas fundamentales de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, en particular las oportunidades que ofrece la aplicación efectiva de la ciencia, la tecnología y la innovación al desarrollo sostenible, junto con determinadas consideraciones esenciales y las condiciones y políticas necesarias para su aplicación.

A. Acelerar y supervisar los avances para el logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible

6. Los cambios tecnológicos rápidos pueden contribuir a acelerar la aplicación de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible por diferentes medios, a saber: mejorando los ingresos reales (mediante el aumento de la productividad y la reducción del costo de los bienes y servicios); facilitando una aplicación más rápida y amplia de soluciones innovadoras para superar los obstáculos económicos, sociales y ambientales que limitan el desarrollo; promoviendo formas más inclusivas de participación en la vida económica y social; sustituyendo los modos de producción costosos desde el punto de vista ambiental por otros más sostenibles; y aportando a los encargados de la formulación de políticas

¹ El documento temático y todas las presentaciones y contribuciones a la reunión de expertos entre períodos de sesiones que se citan en el presente informe pueden consultarse en: <https://unctad.org/en/pages/MeetingDetails.aspx?meetingid=2026> (fecha de consulta: 21 de febrero de 2019).

herramientas poderosas para el diseño y la planificación de las actividades de desarrollo. La UNCTAD ofrece ejemplos detallados de una amplia gama de aplicaciones de las tecnologías de frontera que ya están demostrando su capacidad para acelerar el avance hacia el logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible².

7. Las tecnologías de frontera, como los macrodatos y el aprendizaje automático, también pueden utilizarse para crear, medir, desarrollar y supervisar de manera más amplia la eficacia de los programas de desarrollo y los avances en el logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Se ha demostrado que los modelos basados tanto en la actividad de los teléfonos móviles como en las recargas de saldo permiten estimar con precisión los indicadores de pobreza multidimensional³, y en estudios recientes se ha probado que las imágenes satelitales y el aprendizaje automático podían permitir estimar el consumo y los bienes de los hogares, mediante la utilización de los datos de dominios público y no sujetos a derechos de propiedad⁴.

8. No obstante, está por ver si esos indicadores calculados a partir de macrodatos seguirán siendo tan exactos como sugieren los trabajos de investigación y los proyectos experimentales. Aunque es posible que los macrodatos sirvan para enriquecer la base empírica de los países en desarrollo, en los que las estadísticas tradicionales son escasas, con el tiempo, algunos algoritmos pueden evolucionar de modo distinto a la realidad socioeconómica o ambiental subyacente⁵. Los algoritmos de macrodatos no deben aceptarse sin más, sino someterse a un examen crítico, especialmente cuando se utilizan como indicadores complementarios en el marco de las iniciativas para el desarrollo. Esto pone de relieve la importancia de la capacidad del ser humano para valorar y evaluar la exactitud de los algoritmos de macrodatos para determinar si los resultados son útiles o engañosos⁶. A este respecto, la UNCTAD subraya la necesidad de realizar esfuerzos sistemáticos para invertir en infraestructuras físicas y reforzar el sistema de innovación y las capacidades de absorción que son necesarias para que las tecnologías de frontera puedan desarrollar todo su potencial⁷.

B. Mejorar la seguridad alimentaria, la nutrición y el desarrollo agrícola

9. Unos 795 millones de personas (es decir, una persona de cada nueve) están subalimentadas, y la mayoría de ellas vive en países en desarrollo y en zonas rurales. Las tecnologías nuevas, existentes e incipientes pueden responder a las cuatro dimensiones de la seguridad alimentaria, a saber: la disponibilidad de productos alimentarios, el acceso, el uso y la estabilidad.

10. Los macrodatos, la Internet de las cosas, la teleobservación, los drones y la inteligencia artificial podrían acelerar la transición a la agricultura de precisión, al reducir los insumos agroquímicos necesarios para llevar a cabo los procesos agrícolas actuales. Los drones también pueden representar para África un atajo tecnológico en materia de agricultura de precisión, al permitir una medición más eficaz de la variabilidad de la producción agrícola y ganadera, así como una mejor respuesta a esas variaciones. La secuenciación genética se utiliza, junto con el aprendizaje automático, para determinar la calidad de los suelos y contribuir a la mejora de la calidad de los cultivos. El aprendizaje

² UNCTAD, 2018, *Technology and Innovation Report 2018: Harnessing Frontier Technologies for Sustainable Development* (publicación de las Naciones Unidas, núm. de venta E.18.II.D.3, Nueva York y Ginebra).

³ Pulso Mundial, 2014, *2014 Annual Report: UN Global Pulse*, pág. 8. Puede consultarse en: www.unglobalpulse.org/sites/default/files/Annual%20Report_2014_FINAL-DIGITAL%20VIEW.pdf.

⁴ Jean N., Burke M., Xie M., Davis W.M., Lobell D.B. y Ermon S., 2016, Combining satellite imagery and machine learning to predict poverty, *Science*, 353(6301): 790-794.

⁵ Lazer D., Kennedy R., King G. y Vespignani A., 2014, The parable of Google flu: Traps in big data analysis, *Science*, 343(6176):1203-1205.

⁶ Comisión de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo, 2016, *Issues paper on foresight for digital development*.

⁷ UNCTAD, 2018, *Technology and Innovation Report 2018*.

automático se aplica a las imágenes captadas por drones y satélites para elaborar modelos meteorológicos detallados que ayudan a los agricultores a adoptar decisiones informadas para obtener el mayor rendimiento posible de sus cultivos. También se está utilizando con los datos genómicos y fenotípicos de las plantas para hacer previsiones sobre el comportamiento de las nuevas variedades híbridas. La agricultura está cada vez más automatizada, con la utilización de robots en el deshierbe de los cultivos en hileras, que además de ser ecológico resulta económico.

11. Para sacar provecho del rápido cambio tecnológico en las diversas dimensiones de la seguridad alimentaria, será necesario hacer que el propio sistema alimentario sea más innovador. Se trata, entre otras cosas, de definir un programa de investigación centrado en los pequeños agricultores, invertir en capacidad humana, establecer infraestructuras propicias para los sistemas alimentarios, crear estructuras de gobernanza adecuadas para la innovación agrícola y potenciar el intercambio de conocimientos entre agricultores y científicos⁸.

C. Promover el acceso a la energía y la eficiencia energética

12. El desarrollo de sistemas energéticos descentralizados basados en la energía renovable podría llevar la electricidad a zonas rurales alejadas de las redes generales⁹. En los últimos años, los precios internacionales de la energía renovable han disminuido de forma espectacular, a medida que han ido aumentando las inversiones en su desarrollo. Desde 2009, el costo de las turbinas eólicas ha disminuido en casi un tercio y el de los módulos solares fotovoltaicos en un 80 %¹⁰, lo que hace que ambas fuentes sean cada vez más competitivas con la generación de energía a partir de combustibles fósiles.

13. Son varios los países que cuentan con estrategias destinadas a promover el desarrollo de tecnologías basadas en la energía renovable. Chile está desarrollando tecnologías para cambiar la matriz energética en el sector de la electricidad gracias a las energías renovables, y se está convirtiendo en un líder regional en la esfera de la gestión de la transición energética¹¹. El Gobierno del Canadá también se está esforzando por lograr el liderazgo en el uso de tecnología limpia, abordando los problemas concretos que afectan a las empresas del sector, como la obtención de capital a largo plazo y el acceso a los mercados nacionales e internacionales. Esto incluye la recapitalización de la organización *Sustainable Development Technology Canada* para ayudar a los innovadores canadienses a llevar sus nuevas tecnologías limpias a los mercados¹².

14. Un ejemplo de los efectos positivos de la convergencia de las tecnologías de frontera es la interacción entre las tecnologías renovables, las tecnologías basadas en datos y la inteligencia artificial en las redes eléctricas inteligentes. Por ejemplo, los algoritmos de aprendizaje automático se pueden utilizar para predecir la producción de los parques eólicos, lo que permite programar el suministro de energía a la red¹³. También es posible mejorar la producción y distribución de energía si se permite que los hogares con paneles solares aporten el excedente energético a la red eléctrica. La información en tiempo real proporcionada por las redes de distribución eléctrica inteligentes ayuda a las empresas de servicios básicos a responder mejor a la demanda, asegurar un mejor suministro de

⁸ UNCTAD, 2017a, *The Role of Science, Technology and Innovation in Ensuring Food Security by 2030* (publicación de las Naciones Unidas, Nueva York y Ginebra).

⁹ UNCTAD, 2017b, *Informe sobre los Países Menos Adelantados 2017: El acceso a la energía para la transformación estructural de la economía* (publicación de las Naciones Unidas, núm. de venta E.17.II.D.6, Nueva York y Ginebra).

¹⁰ Agencia Internacional de Energías Renovables, 2016, *The Power to Change: Solar and Wind Cost Reduction Potential to 2025*.

¹¹ Contribución del Gobierno de Chile.

¹² Contribución del Gobierno del Canadá.

¹³ Véase www.theverge.com/2019/2/26/18241632/google-deepmind-wind-farm-ai-machine-learning-green-energy-efficiency (fecha de consulta: 28 de febrero de 2019).

electricidad, reducir los costos y las emisiones y evitar los grandes cortes de corriente¹⁴. La inteligencia artificial, combinada con las tecnologías innovadoras de almacenamiento de energía, permite responder al suministro intermitente de determinadas formas de energía renovable mediante un ajuste dinámico de la oferta y la demanda, facilitando así la difusión de las tecnologías basadas en las energías renovables. Los avances realizados en relación con las baterías y otras tecnologías también están mejorando el rendimiento de los vehículos eléctricos. Cuando cuentan con el respaldo de políticas proactivas, estos avances se traducen en un aumento considerable de la cuota de mercado. Por ejemplo, la cuota de mercado de los automóviles eléctricos en China se duplicó entre 2017 y 2018, pasando del 2,1 % al 4,2 %.¹⁵

15. Según un informe del Secretario General elaborado en 2018, se necesitan combinaciones de políticas y un enfoque sistemático respecto de la innovación para aumentar la proporción de energía renovable en el conjunto de fuentes energéticas. Esto incluye medidas dirigidas tanto a la demanda como a la oferta de energías renovables, así como una combinación de políticas favorables para estimular la investigación y el desarrollo, promover las competencias a nivel local, garantizar la asequibilidad y crear un entorno regulatorio propicio. La cooperación internacional, incluidas la cooperación Norte-Sur y Sur-Sur también puede facilitar el intercambio de conocimientos, el aprendizaje en materia de políticas, el fomento de la capacidad, el desarrollo de la tecnología, y el despliegue de infraestructuras de red interconectadas¹⁶.

D. Fomentar la diversificación y la transformación económicas, la productividad y la competitividad

16. En los países que cuentan con la capacidad tecnológica necesaria, las tecnologías de frontera pueden contribuir a la transformación estructural, promover nuevas fuentes de empleo e ingresos y facilitar el acceso a nuevos mercados y oportunidades¹⁷. A ese respecto, la disminución rápida de los costos de las tecnologías de frontera podría ayudar a los países en desarrollo a pasar más rápidamente de actividades mal remuneradas a industrias con salarios más elevados y mayores beneficios, y a obtener más ventajas de su participación en las cadenas de valor mundiales. Los países en desarrollo que carecen de capacidad tecnológica y política en la esfera de las tecnologías de frontera, deberán esforzarse por mejorar sus capacidades y recibir apoyo en forma de recursos para desarrollar su potencial en esa esfera.

17. Por lo general, las nuevas tecnologías (junto con las políticas de ciencia, tecnología e innovación, las capacidades tecnológicas endógenas y un entorno propicio) han contribuido a modernizar la producción de las economías de algunos países en desarrollo. Por ejemplo, la Provincia China de Taiwán ha logrado un rápido crecimiento económico saltando etapas en determinados sectores tecnológicos como el de los semiconductores y otros productos electrónicos. Otros países destacan como desarrolladores de tecnologías de energía renovable; por ejemplo, el Brasil ha llegado a ser el segundo mayor productor de biocombustibles líquidos para el transporte, y China es líder mundial en la producción de tecnologías fotovoltaica, eólica y de calefacción termosolar.

18. Sin embargo, los países en desarrollo que deseen realizar innovaciones tecnológicas a largo plazo mediante el desarrollo industrial y la fabricación de tecnologías que permiten saltar etapas necesitarán contar con la infraestructura material e inmaterial necesaria y con marcos de políticas apropiados. Un ejemplo de marco de políticas propicio es la Hoja de Ruta Tecnológica para los Sistemas de Fabricación Inteligentes¹⁸, coordinada por el

¹⁴ UNCTAD, 2015, *Science, Technology and Innovation for Sustainable Urbanization*, UNCTAD Current Studies on Science, Technology, and Innovation, núm. 10 (publicación de las Naciones Unidas, Nueva York y Ginebra), pág. 23.

¹⁵ Véase <http://ev-sales.blogspot.com/2019/01/china-december-2018.html>; y <http://ev-sales.blogspot.com/2018/01/china-december-2017.html> (fecha de consulta: 28 de febrero de 2019).

¹⁶ E/CN.16/2018/2.

¹⁷ Contribución del Gobierno de México.

¹⁸ Contribución del Gobierno de Turquía.

Consejo de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de Turquía. El enfoque en múltiples niveles adoptado en esta hoja de ruta permite asociar una tecnología esencial con proyectos de investigación y desarrollo y aplicaciones sectoriales específicos, y se ha revelado como un medio eficaz para contribuir a la nueva revolución industrial en Turquía¹⁹. La diversificación y la transformación económicas también pueden beneficiarse del apoyo de políticas basadas en una especialización inteligente, plataformas de descubrimiento económico, incubadoras, aceleradores y parques tecnológicos²⁰.

E. Promover la inclusión social

19. Las tecnologías de frontera también pueden favorecer la inclusión. En la India, por ejemplo, la tecnología Aadhaar, que combina datos biométricos y demográficos²¹, ha permitido asegurar la inclusión financiera de 1.200 millones de personas. Los gobiernos también están experimentando con tecnologías de cadenas de bloques que pueden tener aplicaciones muy diversas en los contratos inteligentes, los sistemas de identidad digital, el registro de tierras y las transacciones financieras.

20. Las nuevas tecnologías pueden permitir a las comunidades y los particulares coordinar nuevas formas de innovación y colaborar en ellas. Las innovaciones comunitarias facilitan la participación de agentes de base, como movimientos sociales y redes de académicos, activistas y profesionales que experimentan con formas alternativas de creación de conocimientos e innovación. Entre los ejemplos de éxito están el programa indio Aadhaar para la inclusión financiera y la plataforma letona ManaBalss.lv, que ayuda a los ciudadanos a presentar sus ideas al Parlamento para que se incluyan en el orden del día²².

21. Las innovaciones favorables a los pobres, inclusivas y frugales pueden permitir integrar a las comunidades marginadas y escasamente representadas como los productores y los beneficiarios de los procesos de innovación en nuevos modelos de producción que respondan a las necesidades sociales, estimular las iniciativas empresariales en favor de los pobres y fomentar la solidaridad entre los grupos. Sin embargo, los nuevos modelos de innovación que promueven la integración social deben basarse en políticas sobre ciencia, tecnología e innovación que tengan en cuenta la orientación, la distribución y la diversidad de vías de innovación²³.

F. Luchar contra las enfermedades y mejorar la salud

22. La tecnología de frontera podría permitir solucionar problemas complejos que afectan a la salud humana y la producción agrícola mediante una distribución más eficaz de las intervenciones, la vigilancia y la evaluación de los indicadores relacionados con la salud, así como el desarrollo de técnicas de edición genómica. Egipto ha transformado un proyecto piloto de telemedicina en una iniciativa nacional en la que se emplea un sistema global de tecnología de la información y las comunicaciones para suministrar servicios médicos poniendo en contacto a los especialistas en salud con los médicos y expertos²⁴. Letonia es pionera en el uso de la inteligencia artificial para el tratamiento individualizado del melanoma metastásico²⁵. La Administración de Alimentos y Medicamentos de los

¹⁹ *Ibid.*

²⁰ UNCTAD, 2018, *Technology and Innovation Report 2018*.

²¹ Contribución de la Comisión Económica y Social para Asia y el Pacífico (CESPAP).

²² Contribución del Gobierno de Letonia; CESPAP, 2018, *Frontier technologies for sustainable development in Asia and the Pacific*. Puede consultarse en: www.unescap.org/sites/default/files/publications/Frontier%20tech%20for%20SDG.pdf; Breidaks I, 2017, *Plataforma de iniciativas ciudadanas: Mi Voz*, presentada en los Días de la Sociedad Civil de 2017, Bruselas. Puede consultarse en: www.eesc.europa.eu/resources/docs/csdays2017---workshop-4---imants-breidaks---citizen-initiatives-platform-my-voice.pdf.

²³ UNCTAD, 2017c, *New Innovation Approaches to Support the Implementation of the Sustainable Development Goals* (publicación de las Naciones Unidas, Nueva York y Ginebra), pág. 28.

²⁴ Contribución del Gobierno de Egipto.

²⁵ Contribución del Gobierno de Letonia.

Estados Unidos de América está estudiando la posibilidad de aplicar tecnologías emergentes, como las cadenas de bloques, como mecanismo de intercambio de datos que permita acceder inmediatamente a información sobre los pacientes, los suministros y las intervenciones de urgencia en casos de emergencia de salud pública²⁶.

23. La digitalización también permite nuevas formas de manipulación de los procesos biológicos. Los avances en biotecnología permiten modificar genes específicos con fines médicos, abriendo la vía al tratamiento personalizado de ciertas enfermedades²⁷. También se ha señalado la posibilidad de utilizar la genética dirigida como medida complementaria para el control y la eliminación de la malaria en África²⁸. Las tecnologías emergentes en la esfera de la salud requieren políticas estratégicas para su aplicación, en particular en materia de investigación, infraestructuras, educación, reglamentación, emprendimiento y sensibilización, así como la participación activa de los gobiernos, los asociados para el desarrollo y el sector privado. Las deficiencias en la cooperación y la gobernanza resultan particularmente preocupantes, dado que algunas biotecnologías de frontera pueden plantear riesgos para la salud de los ciudadanos y responsabilidades jurídicas para las empresas.

G. Mejorar el acceso a la enseñanza y los recursos educativos

24. Mediante las nuevas plataformas digitales, en particular los cursos en línea abiertos a la participación masiva, se ofrece formación de acceso libre que permite una participación ilimitada a través de Internet. Entre sus principales ventajas cabe mencionar las siguientes: reproducción de enseñanzas, contenidos y métodos de calidad a un costo inferior; ritmo de aprendizaje autónomo; y análisis de datos con el objetivo de optimizar el aprendizaje en el marco de la plataforma²⁹.

25. La impresión en 3D y las plataformas de *hardware* y *software* libre pueden mejorar la experiencia educativa en los países en desarrollo, donde se utilizan como herramienta didáctica en las escuelas primarias, secundarias y postsecundarias. Del mismo modo, la iniciativa Open Labware, puesta en marcha por Teaching and Research in Natural Sciences for Development in Africa, la iniciativa Open Neuroscience y Badenlab, promueven la colaboración para el suministro de equipo científico abierto y de bajo costo destinado a la educación y la investigación en países en desarrollo, así como para la producción de esos equipos³⁰. Sin embargo, la integración de mecanismos de aprendizaje digital, impresoras 3D y plataformas abiertas en la educación exige también que se refuercen las capacidades de los profesores y que se determine si esas tecnologías están adaptadas a las estrategias de aprendizaje existentes.

II. Potencial transformador y disruptivo del cambio tecnológico rápido

26. El cambio tecnológico rápido tendrá efectos transformadores y disruptivos que pueden tanto favorecer como frustrar el desarrollo sostenible. Aunque la aplicación de tecnologías nuevas y emergentes representa una oportunidad de acelerar el avance hacia el logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, los cambios tecnológicos rápidos también pueden perturbar los mercados y las economías, acentuar la brecha social y plantear

²⁶ Contribución del Gobierno de los Estados Unidos de América.

²⁷ Ledford H., 2016, [Clustered regularly interspaced short palindromic repeats] CRISPR: Gene editing is just the beginning, *Nature*, 7 March. Puede consultarse en: www.nature.com/news/crispr-gene-editing-is-just-the-beginning-1.19510 (fecha de consulta: 22 de febrero de 2019).

²⁸ Nueva Alianza para el Desarrollo de África, 2018, Gene drives for malaria control and elimination in Africa. Puede consultarse en: <https://nepad.org/publication/gene-drives-malaria-control-and-elimination-africa-0> (fecha de consulta: 22 de febrero de 2019).

²⁹ Brynjolfsson E. y McAfee A., 2014, *The Second Machine Age: Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies*, WW Norton and Company; and Khan S., 2012, *The One World Schoolhouse: Education Reimagined*, Twelve, New York.

³⁰ Baden T., Chagas A.M., Gage G.J., Marzullo T.C., Prieto-Godino L.L. y Euler T., 2015, Correction: Open labware: Three-D printing your own lab equipment, *PLoS Biology*, 13(5).

problemas de carácter normativo. El estudio de la orientación, la distribución y la diversidad de las vías de innovación en el contexto de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, podría permitir que los encargados de la formulación de políticas promovieran nuevas formas de innovación que eviten los problemas económicos, sociales y ambientales causados por los avances tecnológicos en el pasado.

A. Automatización, mercado de trabajo y empleo

27. La automatización basada en la convergencia de la inteligencia artificial, el aprendizaje automático y los macrodatos podría tener consecuencias inciertas y potencialmente negativas para el comercio, la competencia, el crecimiento y el empleo. En conjunto y a largo plazo, cabe esperar que las tecnologías de frontera generen nuevos puestos de trabajo y abran nuevos mercados, pero sus efectos en determinados mercados y sectores productivos pueden ser profundamente disruptivos. En definitiva, los efectos de la automatización dependerán de múltiples factores, como los niveles de industrialización y desarrollo, las competencias y capacidades, el costo de la mano de obra, las estructuras de exportación y producción, las capacidades tecnológicas, la infraestructura, la demografía y la existencia de políticas que alienten o desalienten la automatización³¹.

28. La UNCTAD ha examinado varios estudios recientes en los que se estiman los efectos de la automatización en el empleo³². Los resultados varían considerablemente en función de las hipótesis planteadas y de las metodologías utilizadas. En la mayoría de los estudios solo se contemplan las pérdidas de empleo y no se tiene en cuenta la creación de empleo. Además, la automatización digital puede tener diferentes consecuencias para mujeres y hombres. Como las mujeres ejercen profesiones que presentan un alto riesgo de automatización y están insuficientemente representadas en la esfera de la ciencia, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas, disciplinas que se beneficiarán de un aumento de la demanda en el mercado laboral, la dinámica actual en lo que respecta al género en la fuerza de trabajo podría acentuarse. Además, en las profesiones con menor riesgo de automatización, los puestos tradicionalmente ocupados por mujeres suelen estar peor remunerados que los empleos de “bajo riesgo” desempeñados mayoritariamente por hombres³³.

29. Por otra parte, cabe señalar que las máquinas y las tecnologías digitales no son una alternativa perfecta, o ni siquiera buena para la realización de numerosas tareas, al menos de momento. Además, aunque fuera tecnológicamente posible y económicamente viable, la automatización completa de los puestos de trabajo lleva tiempo, incluso en los países desarrollados³⁴.

30. Más allá de la inteligencia artificial y de la robótica, las economías de plataformas suelen caracterizarse por dinámicas en las cuales “el ganador se lo lleva todo”, ya que los efectos de red benefician a quienes llegan primero y a quienes establecen las normas. A pesar de las nuevas oportunidades de comercio y desarrollo que ofrecen estas plataformas, esas dinámicas podrían acentuar las desigualdades en los ingresos y agravar la polarización. A menudo, los empleados de las plataformas digitales de trabajo no disfrutan de una remuneración razonable, de ingresos estables ni de una protección laboral sujeta a normas³⁵. El exceso de solicitantes de empleo en las plataformas de trabajo en línea también podría limitar la capacidad de negociación, lo que daría lugar a una competencia a la baja de los salarios y las condiciones de trabajo. Será fundamental seguir investigando y proseguir el

³¹ Para más información, véase UNCTAD, 2018, *Technology and Innovation Report 2018*, pág. 23.

³² *Ibid.*, pág. 25.

³³ *Ibid.*, pág. 22.

³⁴ Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento y Banco Mundial, 2016, *World Development Report 2016: Digital Dividends*, Washington, D.C., pág. 126.

³⁵ Berg J., Furrer M., Harmon E., Rani U. y Silberman M.S., 2018, *Digital Labour Platforms and the Future of Work: Towards Decent Work in the Online World* (Organización Internacional del Trabajo, Ginebra), pág. xviii.

diálogo sobre las políticas que deben adoptarse para garantizar que la expansión de la economía digital genere empleos dignos y de calidad³⁶.

31. Los países de la Unión Europea han adoptado medidas para promover el cambio tecnológico rápido y mitigar sus posibles efectos negativos. Un ejemplo de ello es la Nueva Agenda de Capacidades para Europa, que tiene por objetivo: a) mejorar la calidad de la formación y el acceso a programas de aprendizaje permanente y de renovación de las competencias; b) hacer que las cualificaciones sean más comparables y, por lo tanto, más transferibles; y c) promover la “información estratégica sobre las capacidades” proporcionando a los estudiantes y los adultos información útil sobre las condiciones del mercado y las tendencias del mercado laboral, para que puedan tomar decisiones más acertadas en relación con sus estudios y su formación³⁷.

32. Resulta esencial abordar los posibles costos sociales de los efectos disruptivos del cambio tecnológico rápido a corto y mediano plazo, en particular en el mercado del trabajo. Esto pone de relieve la importancia de la educación permanente para la actualización de los conocimientos y la mejora de las capacidades, lo que requerirá la adopción de políticas de apoyo. El fortalecimiento de la protección social también es importante para contrarrestar los efectos negativos del progreso tecnológico en el empleo y proteger a quienes no están en condiciones de adaptarse a la evolución rápida de las necesidades en materia de competencias. Esto exige la elaboración de un nuevo pacto social que prevea mecanismos de protección social novedosos para ayudar a las personas a hacer frente a los trastornos causados por las transiciones tecnológicas. Para comprender mejor las implicaciones sociales y económicas del cambio tecnológico rápido, en particular en los países en desarrollo, es necesario experimentar con nuevas políticas (como hizo Finlandia en 2017-2018 con su programa piloto de aplicación limitada de la renta básica universal)³⁸.

B. Brecha socioeconómica

33. El cambio tecnológico rápido puede perpetuar las diferencias que existen tanto dentro de los países como entre ellos, así como entre las mujeres y los hombres, las poblaciones rurales y urbanas y las comunidades pobres y ricas³⁹. Según los datos recientes, el porcentaje de usuarios de Internet entre la población total de los países desarrollados es más de cuatro veces superior al de los países menos adelantados. La brecha digital existente puede agravar la diferencia económica entre los países que están en la vanguardia de los rápidos cambios tecnológicos y los países menos adelantados.

34. Los países que desean cruzar la frontera tecnológica tienden a saltar etapas principalmente mediante la adopción de tecnologías, y no mediante el desarrollo de tecnologías nuevas. Sin embargo, las políticas de innovación pueden ayudar a los países en desarrollo a fomentar y facilitar la implantación de tecnologías de frontera y la adaptación de estas a sus propias necesidades, favoreciendo el desarrollo sostenible.

35. El creciente ritmo del cambio tecnológico puede agravar las brechas de género que existen en las esferas digital y científica, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas. Solo el 12 % de los investigadores principales en la esfera del aprendizaje automático son mujeres⁴⁰ y únicamente un tercio de los puestos de nivel de inicio de carrera en las empresas de tecnología están ocupados por mujeres⁴¹. Por otro lado, hay indicios de que en

³⁶ UNCTAD, 2017c, *Informe sobre la Economía de la Información 2017: Digitalización, comercio y desarrollo* (publicación de las Naciones Unidas, núm. de venta E.17.II.D.8, Ginebra y Nueva York), págs. xiv y xv.

³⁷ Contribución de la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa.

³⁸ UNCTAD, 2018, *Technology and Innovation Report 2018*, págs. 75 y 76.

³⁹ *Ibid.*

⁴⁰ Simonite T., 2018, AI is the future-but where are the women? *Wired*, 17 de agosto. Disponible en: www.wired.com/story/artificial-intelligence-researchers-gender-imbalance/ (fecha de consulta: 22 de febrero de 2019).

⁴¹ Krivkovich A., Kutcher E. y Yee L., 2016, Breaking down the gender challenge, *McKinsey Quarterly*, marzo. Puede consultarse en: www.mckinsey.com/business-functions/organization/our-insights/breaking-down-the-gender-challenge (fecha de consulta: 22 de febrero de 2019).

algunas aplicaciones de la inteligencia artificial o los macrodatos podría haber sesgos, en particular por motivos de género. Como el número de mujeres que trabaja en las esferas de la ciencia, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas es reducido, estas tal vez no puedan beneficiarse del aumento de la demanda de trabajadores con competencias en materia de tecnologías de frontera, ni contribuir de manera significativa a los cambios tecnológicos rápidos.

C. Consideraciones de carácter normativo

36. Aunque las tecnologías de frontera ofrecen una oportunidad sin precedentes de transformar las prácticas de desarrollo sostenible, así como la aplicación y supervisión de las medidas adoptadas para ese fin, su influencia en las normas jurídicas, sociales, éticas y culturales suscita también serios interrogantes, en particular en lo que respecta a la integridad de la vida humana, la protección del entorno natural, el respeto de la intimidad, la seguridad y la protección de las personas o la prevención de toda forma de discriminación.

37. Las técnicas de ingeniería genética, por ejemplo, pueden llevar a la comunidad internacional a plantearse cuestiones fundamentales que afectan a valores esenciales relacionados con la vida humana, animal y vegetal y con su manipulación. La biología sintética y la edición genómica con CRISPR/Cas9 [tecnologías de repeticiones palindrómicas cortas agrupadas y regularmente interespaciadas] plantean cuestiones relacionadas con los efectos no deseados (por ejemplo, lesiones permanentes del ADN en puntos del genoma que no se desea alterar), los aspectos normativos del etiquetado de los cultivos modificados (teniendo en cuenta la dificultad de identificar un organismo modificado una vez que se ha puesto en circulación) y los derechos de propiedad intelectual y sus consecuencias todavía inciertas para los pequeños agricultores⁴².

38. Aunque las tecnologías digitales y basadas en la inteligencia artificial pueden contribuir a adaptar y personalizar las plataformas digitales, existe un riesgo de que acentúen la parcialidad, la discriminación y la desigualdad en una medida sin precedentes. El sesgo en los macrodatos puede dar lugar a resultados imprevistos, a veces discriminatorios. Existe la preocupación de que los datos sesgados puedan generar discriminación en las actuaciones policiales predictivas, el acceso a los servicios financieros y la contratación, o agravar este problema. Los procesos de elaboración y utilización de algoritmos de aprendizaje automático no son suficientemente transparentes. El creciente uso de sistemas de aprendizaje profundo, que establecen predicciones difíciles de interpretar y explicar, plantea una gran preocupación en lo que respecta a las esferas de aplicación relacionadas con la salud humana, la prestación de servicios públicos y la publicidad directa al consumidor.

39. Además, los algoritmos automatizados pueden poner en riesgo la protección del consumidor, en particular en lo que respecta a su vida privada y su seguridad. La tecnología de contadores inteligentes puede utilizar algoritmos estadísticos sofisticados para averiguar información delicada que afecta a los hogares, como qué aparatos o dispositivos hay en ellos y cuándo están en funcionamiento. Si los datos recopilados por los aparatos de seguimiento del estado de salud y otros dispositivos portátiles y por los registros médicos electrónicos se les comunican a terceros, podrían influir en la contratación de pólizas de seguros por las personas afectadas, o incluso en sus perspectivas de empleo.

40. Agentes del ámbito académico, la sociedad civil, el sector privado y la administración pública han puesto en marcha varias iniciativas a diversos niveles para responder a preguntas como las enunciadas más arriba. Las instituciones educativas podrían plantearse la posibilidad de ofrecer cursos y debates sobre aspectos éticos y de gobernanza del cambio tecnológico rápido. Sin embargo, los aspectos normativos del cambio tecnológico rápido tienen consecuencias que superan claramente el marco nacional, por lo que es necesario un discurso mundial evolutivo y abierto sobre los medios para orientar el

⁴² UNCTAD, 2017, *The Role of Science, Technology and Innovation in Ensuring Food Security by 2030* (publicación de las Naciones Unidas, Nueva York y Ginebra), págs. 21 y 22.

desarrollo de las tecnologías de frontera de manera coherente con la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible y, más generalmente, con los principios universalmente aceptados en los que se basa el sistema internacional.

III. Consideraciones fundamentales en materia de políticas

41. Las tecnologías nuevas y emergentes pueden facilitar vías inéditas para lograr el desarrollo sostenible en las que también se tengan en cuenta las dimensiones económica, social y ambiental de este enfoque del desarrollo. En la presente sección se investiga cómo sacar provecho de las políticas nacionales de ciencia, tecnología e innovación, la cooperación regional e internacional y la participación de múltiples partes interesadas para explotar el potencial de las tecnologías de frontera en favor del desarrollo sostenible.

A. Vuelta a los fundamentos: fortalecimiento de los sistemas nacionales de innovación

42. Sin las políticas adecuadas en materia de ciencia, tecnología e innovación, es poco probable que las tecnologías, antiguas o nuevas, puedan aportar avances a la agenda mundial para el desarrollo. Para lograr estos avances, se necesita un entorno que favorezca el aprendizaje y la innovación con el objetivo de construir y gestionar sistemas de innovación eficaces. Los sistemas nacionales de innovación implican el establecimiento de vínculos y la coordinación entre diversas instituciones, tanto públicas como privadas, para facilitar la adopción y adaptación de los nuevos productos y procesos por parte de las organizaciones privadas y públicas. Las empresas son el elemento central de estos sistemas, que también abarcan los sistemas de investigación y educación, los poderes públicos, la sociedad civil y los consumidores.

43. Los encargados de formular políticas podrían centrar sus acciones en los siguientes aspectos fundamentales: las capacidades de los diversos agentes; las relaciones entre ellos que facilitan los intercambios y la colaboración; y la creación de un entorno propicio para la innovación⁴³. En los países en desarrollo que cuentan con unos sistemas de innovación incipientes, la creación de potencial endógeno de innovación implica, en primer lugar, el desarrollo de la capacidad básica para saber cómo adoptar, asimilar, adaptar y difundir las tecnologías y los conocimientos existentes.

44. A través de políticas nacionales en materia de ciencia, tecnología e innovación, se puede promover el uso de tecnologías clave, reforzar las capacidades de las pequeñas y medianas empresas, prestar apoyo financiero a la investigación y el desarrollo y poner en contacto a los diversos agentes del sistema de innovación. Varios países han adoptado instrumentos de política para promover tecnologías esenciales. Así, en Letonia, la Ley de Contratación Pública promueve la contratación pública ecológica, en tanto que Sudáfrica cuenta con varias iniciativas sectoriales concretas, como el Centro para el Desarrollo de la Industria de la Biorrefinería y Mandela Mining Precinct, que promueve la innovación local en las industrias extractivas⁴⁴.

45. Para ser eficaces, las políticas de ciencia, tecnología e innovación deben ser coherentes y ajustarse a las prioridades y los planes de desarrollo nacionales. La coherencia de las políticas puede garantizarse mediante la elaboración y aplicación de estrategias e instrumentos al nivel más apropiado. No obstante, su ajuste requiere un enfoque “pangubernamental” que facilite la cooperación entre los distintos ministerios y otros órganos públicos responsables en diferentes esferas de política.

46. Los países que tratan de orientar sus políticas de ciencia, tecnología e innovación hacia el desarrollo sostenible también deberían plantearse dar a los problemas sociales un lugar central en sus políticas.⁴⁵ Las políticas de innovación que tienen en cuenta las

⁴³ UNCTAD, 2018, *Technology and Innovation Report 2018*, págs. 54 a 57.

⁴⁴ Contribuciones de los Gobiernos de Letonia y Sudáfrica.

⁴⁵ UNCTAD, 2018, *Technology and Innovation Report 2018*, pág. 66.

cuestiones de género pueden favorecer la participación de las mujeres como innovadoras o emprendedoras, y las políticas centradas en los jóvenes también pueden contribuir a que el cambio tecnológico sea más inclusivo. Cada vez se presta más atención asimismo a la innovación en entornos informales como fuente de sustento (Objetivo de Desarrollo Sostenible 8)⁴⁶, dado que las empresas pequeñas e informales basadas en la artesanía pueden desempeñar un papel de primera importancia a la hora de adaptar las innovaciones externas a las condiciones locales y subsanar las deficiencias cuando cambian los sistemas de producción⁴⁷.

47. Los países también pueden valorar la posibilidad de centrar sus políticas de ciencia, tecnología e innovación en tecnologías específicas que favorezcan el cumplimiento de sus programas económicos y sus objetivos de desarrollo (véase el recuadro 1). No obstante, es importante señalar que no basta con elaborar políticas nacionales de ciencia, tecnología e innovación o estrategias centradas en tecnologías más específicas, y que es crucial que esas estrategias y políticas se traduzcan en programas con efectos concretos en los problemas acuciantes relacionados con el desarrollo⁴⁸.

Recuadro 1

Ejemplos de estrategias sectoriales concretas para abordar el cambio tecnológico rápido

Chile acoge alrededor de la mitad de los observatorios astronómicos del mundo, y está tratando de aprovechar esa posición privilegiada para reforzar sus capacidades en la esfera del análisis de macrodatos y la inteligencia artificial. Por su parte, Letonia ha puesto en marcha el proyecto “nación basada en datos”, que tiene tres pilares: a) la democracia de los datos (promoción del acceso y el uso de los datos); b) la participación de los ciudadanos en los procesos de la administración pública gracias al uso de datos; y c) el desarrollo y la comercialización de productos innovadores gracias a los datos y a la tecnología.

Varios países de la región de Asia y el Pacífico han elaborado políticas centradas en tecnologías de frontera concretas. China, el Japón y la República de Corea han desarrollado estrategias centradas en la inteligencia artificial, y la República de Corea ha sido el primer país del mundo en crear un impuesto sobre los robots. Países como Australia, la India, el Japón, Malasia, Nueva Zelanda, la República de Corea y Singapur están elaborando hojas de ruta, planes y normas para la Internet de las cosas.

La mayor parte de los países árabes ya han adoptado estrategias en materia de ciencia, tecnología e innovación (a saber, la Arabia Saudita, Egipto, los Emiratos Árabes Unidos, Jordania y Marruecos). Además, Marruecos y Túnez han elaborado estrategias digitales más especializadas, Qatar y el Sudán aplican estrategias inteligentes, los Emiratos Árabes Unidos han puesto en marcha una estrategia de inteligencia artificial, y varios países de la región cuentan con iniciativas centradas en los datos abiertos (la Arabia Saudita, Bahrein, los Emiratos Árabes Unidos, Jordania, Marruecos, Omán, Qatar y Túnez).

Fuentes: Contribuciones de los Gobiernos de Chile y Letonia, la Comisión Económica y Social para Asia Occidental y la Comisión Económica y Social para Asia y el Pacífico (CESPAP).

⁴⁶ Cozzens S. y Sutz J., 2014, Innovation in informal settings: Reflections and proposals for a research agenda, *Innovation and Development* 4(1): 5-31; Kraemer-Mbula E. y Wunsch-Vincent S., eds., 2016, *The informal economy in developing nations: Hidden engine of innovation?* Cambridge University Press, Cambridge.

⁴⁷ Müller J., 2010, *Befit for change: Social construction of endogenous technology in the South*, documento presentado durante la Conferencia de la Asociación de Investigadores para el Desarrollo, Gjerrild (Dinamarca), marzo.

⁴⁸ Contribución de la Comisión Económica y Social para Asia Occidental.

B. Eliminación de la brecha digital mediante el refuerzo de las infraestructuras y de las competencias digitales

48. La digitalización y la conectividad son elementos clave de las tecnologías de frontera. Por tanto, es fundamental examinar que los países adapten sus políticas digitales en función de su grado de preparación para participar en la economía digital y beneficiarse de ella⁴⁹. En su informe sobre la creación de competencias digitales para aprovechar las tecnologías existentes y emergentes, prestando especial atención a las dimensiones de género y juventud, publicado en 2018, el Secretario General puso de manifiesto que las competencias digitales no solo abarcan aspectos técnicos, sino también habilidades complementarias que permiten a las personas comprender los medios de comunicación, buscar información y saber analizar críticamente los datos recuperados, así como comunicarse utilizando diversas herramientas y aplicaciones digitales⁵⁰.

49. Se necesitan diferentes tipos de habilidades digitales para adaptarse a las nuevas tecnologías, en particular para adoptar, utilizar y adaptar de manera creativa las tecnologías existentes y crear tecnologías totalmente nuevas⁵¹. Los programas de educación y formación en habilidades digitales deben ser inclusivos y accesibles para todos; entre los ejemplos en ese sentido están el programa CanCode y el programa de intercambio para la alfabetización digital (Digital Literacy Exchange) del Canadá, así como la asociación entre el Programa para la Transición de la Secundaria al Empleo y el Servicio Geológico de los Estados Unidos⁵².

50. Actualmente las tecnologías de la información y las comunicaciones se consideran un elemento fundamental de la infraestructura física de un país, ya que, como tecnologías instrumentales, crean sinergias con las tecnologías de otros sectores clave, como la biotecnología, la nanotecnología y la fabricación avanzada. Para aprovechar su potencial, es necesario invertir en infraestructuras básicas, en particular en el suministro fiable de energía y en la infraestructura de telecomunicaciones, y establecer una reglamentación que garantice la competencia con miras a fomentar la calidad, la asequibilidad y la accesibilidad de los servicios⁵³. Así, en 2016, Chile puso en marcha un proyecto de gran escala para hacer llegar la Internet de fibra óptica a todo el país⁵⁴. El Perú prevé establecer una red nacional de fibra óptica de más de 13.000 kilómetros de longitud que conectará Lima con 22 capitales regionales y 180 capitales provinciales⁵⁵.

C. Promoción de la cooperación a escala regional e internacional y entre múltiples interesados

51. Mediante la cooperación a escala regional e internacional y entre múltiples interesados, la comunidad internacional puede contribuir a las iniciativas encaminadas a poner el cambio tecnológico rápido al servicio del desarrollo sostenible y evitar que acentúe las brechas, las desigualdades socioeconómicas y la degradación del medio ambiente.

52. La comunidad internacional deberá prestar más apoyo para evitar que la evolución de la economía digital agrave la brecha digital y las desigualdades de renta. A título de ejemplo, el porcentaje de la ayuda para el comercio total dedicada a las tecnologías de la

⁴⁹ UNCTAD, 2017c, *Information Economy Report 2017*.

⁵⁰ E/CN.16/2018/3, párr. 10.

⁵¹ *Ibid.*, párrs. 13 a 16.

⁵² Contribuciones de los Gobiernos del Canadá y de los Estados Unidos de América.

⁵³ UNCTAD, 2018, *Technology and Innovation Report 2018*, pág. 57.

⁵⁴ Chile, Subsecretaría de Telecomunicaciones, Proyecto Fibra Óptica Austral 2017. Puede consultarse en: <https://foa.subtel.gob.cl/proyecto-fibra-optica-austral-2/> (fecha de consulta: 16 de noviembre de 2018).

⁵⁵ Contribución del Gobierno del Perú.

información y las comunicaciones descendió del 3 % en el período 2002-2005 a tan solo el 1,2 % en 2015⁵⁶.

53. La colaboración mundial en la investigación científica ha crecido considerablemente en los últimos decenios, creando nuevas oportunidades de combinar las capacidades científicas más avanzadas con conocimientos locales precisos sobre aspectos fundamentales del desarrollo sostenible. Las capacidades de muchos países en desarrollo para participar en esa colaboración han aumentado sustancialmente. Para orientar firmemente las redes hacia el logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, los gobiernos deben ir más allá de la mera financiación y gestión de actividades de investigación y desarrollo y tratar de influir en las redes, lo que exige comprender su estructura, su organización, sus normas, su dinámica, sus motivaciones y sus mecanismos de control internos⁵⁷.

54. Recientemente ha habido varios ejemplos de colaboración regional e internacional exitosa para la investigación científica y la creación de capacidad en la esfera de las tecnologías de frontera⁵⁸. Para hacer frente a los rápidos cambios tecnológicos, la colaboración internacional, en particular la colaboración Norte-Sur, Sur-Sur y triangular, puede incluir el intercambio de conocimientos y datos, el fomento de la capacidad y la colaboración en las esferas de la investigación y del desarrollo tecnológico, las actividades prospectivas y las políticas en materia de ciencia, tecnología e innovación (véase el recuadro 2).

Recuadro 2

Ejemplos de colaboración regional e internacional

La colaboración a nivel regional e internacional en las tecnologías de frontera pueden adoptar muchas formas, como la cooperación en el desarrollo de tecnologías, el fomento de la capacidad y la investigación en materia de políticas. La colaboración internacional puede contribuir a las actividades de intercambio de datos y de desarrollo de tecnologías. El Programa Europeo de Vigilancia de la Tierra de la Unión Europea (también conocido como “Copernicus”) proporciona datos completos, gratuitos y abiertos y contribuye a los esfuerzos realizados a escala nacional e internacional para identificar problemas de alcance mundial y darles respuesta. Alemania ha puesto en marcha recientemente la iniciativa “Green Peoples’ Energy for Africa”, que ayuda a los países asociados a desarrollar sistemas energéticos descentralizados basados en la energía renovable. QualiREG es una red científica y técnica de agentes de la industria agroalimentaria de la región del Océano Índico que promueve la investigación, el desarrollo y la innovación con el objetivo de mejorar la calidad de la cadena agroalimentaria.

Mediante la formación y la participación en intercambios internacionales también se contribuye a la difusión de los conocimientos científicos y técnicos entre los países. Por ejemplo, los Institutos Nacionales de Salud de los Estados Unidos de América patrocinan proyectos de colaboración internacional a través del Fogarty International Centre, y la Unión Europea le acoge a “terceros países” en la mayor parte de sus programas de investigación.

La colaboración regional e internacional en la esfera de la prospectiva tecnológica y la investigación sobre políticas pueden reforzar la capacidad de las instancias decisorias nacionales para responder al cambio tecnológico rápido. Un proyecto de la CESPAP con el apoyo del Canadá, titulado *Catalysing Women’s Entrepreneurship – Creating a Gender-Responsive Entrepreneurial Ecosystem* (“catalizar la capacidad emprendedora de la mujer – crear un ecosistema emprendedor con perspectiva de género”) presta apoyo a la formulación de políticas y programas con perspectiva de género por parte de los encargados de la formulación de políticas e imparte capacitación a mujeres emprendedoras.

⁵⁶ Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE) y Organización Mundial del Comercio, 2017, *Aid for Trade at a Glance 2017: Promoting Trade, Inclusiveness and Connectivity for Sustainable Development*, Ginebra y París, págs. 306 y 307.

⁵⁷ UNCTAD, 2018, *Technology and Innovation Report 2018*, pág. 104.

⁵⁸ *Ibid.*

Fuentes: contribuciones de los Gobiernos de Alemania y Austria; contribución del Grupo Africano de Expertos de Alto Nivel sobre las Nuevas Tecnologías; Oficina de Asuntos del Espacio Ultraterrestre de las Naciones Unidas, 2018, *European Global Navigation Satellite System and Copernicus: Supporting the Sustainable Development Goals. Building Blocks towards the 2030 Agenda* (publicación de las Naciones Unidas, Viena); Gobierno del Canadá, 2018, “Catalysing Women’s Entrepreneurship - Creating a Gender-Responsive Entrepreneurial Ecosystem”. Puede consultarse en: <http://w05.international.gc.ca/projectbrowser-banqueprojets/project-projet/details/D004857001> (fecha de consulta: 12 de noviembre de 2018); y Centro Internacional Abdus Salam de Física Teórica, 2018, New Internet of Things doctoral programme: [International Centre for Theoretical Physics] ICTP supports [the African Centre of Excellence in Internet of Things] ACE IoT in Rwanda. Puede consultarse en: www.ictp.it/about-ictp/media-centre/news/2018/5/iot-phds.aspx (fecha de consulta: 16 de noviembre de 2018).

55. A escala mundial, el Panel de Alto Nivel sobre la Cooperación Digital del Secretario General está estudiando mecanismos y modelos que podrían mejorar la cooperación internacional en la esfera de las tecnologías nuevas y emergentes. Las iniciativas de múltiples interesados también pueden servirse de los recursos que aportan sus participantes para crear conciencia sobre problemas importantes, como la brecha digital de género (por ejemplo, la alianza mundial Equals y la iniciativa “Rights, Education, Access, Content, Targets” de la World Wide Web Foundation) y propugnar medidas para solucionarlos) y propugnar medidas para solucionarlos⁵⁹. Es posible que los países también deseen valorar la posibilidad de establecer alianzas para la investigación y el desarrollo con empresas de tecnología de frontera y expertos nacionales en ciencias y tecnología con el objetivo de solucionar sus problemas más graves⁶⁰.

IV. Orientar el cambio tecnológico rápido hacia el desarrollo sostenible

56. En el presente informe se señala en qué medida el cambio tecnológico rápido ofrece oportunidades sin precedentes para hacer frente a los desafíos sociales, económicos y ambientales del siglo XXI. También se han identificado una serie de riesgos de disrupción social y económica que pueden tener consecuencias para la resiliencia de nuestras instituciones sociales, culturales y políticas, así como efectos imprevistos para el futuro de la humanidad y el planeta.

57. En una economía mundializada y un mundo cada vez más digitalizado, en los que los productos, los servicios, la información y los conocimientos avanzan cada vez más rápido, las respuestas a estos desafíos solo pueden provenir de iniciativas coordinadas, basadas en la cooperación internacional, el multilateralismo inclusivo y la participación de múltiples partes interesadas.

58. En particular, la comunidad internacional en su conjunto debe comprender mejor cómo orientar las tecnologías nuevas y emergentes de forma que nadie quede atrás. Es necesario avanzar en aspectos como: a) la conceptualización de la evaluación y la prospectiva tecnológicas a nivel internacional; y b) la instauración de un discurso mundial inclusivo, con un enfoque centrado en el desarrollo, sobre los aspectos normativos del cambio tecnológico rápido.

⁵⁹ Contribución del Gobierno del Canadá; Equals, 2018. Puede consultarse en: <https://www.equals.org> (fecha de consulta: 16 de noviembre de 2018); Consejo de Derechos Humanos, 2018, Informe de la Relatora Especial sobre la violencia contra la mujer, sus causas y consecuencias acerca de la violencia en línea contra las mujeres y las niñas desde la perspectiva de los derechos humanos, 12 de junio, A/HRC/38/47; World Wide Web Foundation, 2017, [Rights, Education, Access, Content, Targets] REACT with gender-responsive information and communications technology policy: The key to connecting the next 4 billion. Puede consultarse en: <http://webfoundation.org/docs/2017/09/REACT-with-Gender-Responsive-ICT-Policy.pdf> (fecha de consulta: 12 de noviembre de 2018).

⁶⁰ Contribución del Institute for Transformative Technologies.

A. Prospectiva y evaluación tecnológicas a escala mundial frente al cambio tecnológico rápido

59. El refuerzo de la capacidad de evaluación y prospectiva tecnológicas (por ejemplo, los análisis prospectivos y las evaluaciones previas de impacto) puede ayudar a los países a: identificar y explotar el potencial de las tecnologías de frontera para el desarrollo sostenible; evaluar los posibles efectos y riesgos de las tecnologías emergentes; y determinar cuáles son los avances tecnológicos más probables a mediano y largo plazo.

60. La prospectiva y la evaluación son procesos formales que permiten orientar la gestión de la innovación y la investigación. La prospectiva y la evaluación tecnológicas suelen definirse respectivamente como: “intentos sistemáticos y explícitos de identificar las esferas de investigación estratégica y las tecnologías genéricas emergentes susceptibles de aportar los mayores beneficios económicos y sociales” y “previsión de las consecuencias y las reacciones a fin de reducir los costos humanos y sociales del aprendizaje del manejo de la tecnología en la sociedad siguiendo un método de ensayo y error”⁶¹.

61. Los Estados miembros cada vez son más conscientes de la importancia de las actividades de evaluación y prospectiva tecnológicas para que las sociedades y las instancias decisorias puedan adaptarse a los cambios provocados por la proliferación de las nuevas tecnologías. El Consejo Económico y Social ha reconocido que los ejercicios de evaluación tecnológica podrían ayudar a los encargados de la formulación de políticas y los interesados en la aplicación de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible mediante la identificación de los problemas y las oportunidades que se podrían abordar estratégicamente (E/RES/2017/22)⁶².

62. Los Estados miembros podrían estudiar formas y métodos de llevar a cabo ejercicios de evaluación y prospectiva tecnológicas a nivel nacional, regional e internacional. Si existiese un mecanismo internacional que permitiese supervisar los avances y describir sus efectos en los países de ingreso bajo y mediano, la capacidad de respuesta de las instancias decisorias mejoraría considerablemente.

63. Aunque apenas se realizan actividades de prospectiva a nivel internacional, se han hecho llamamientos en favor de esta internacionalización como mecanismo para definir y articular las necesidades de desarrollo y de involucrar a los agentes de la innovación en la respuesta a esas necesidades⁶³. Además, es necesario establecer una iniciativa mundial que pueda reunir sistemáticamente a expertos de todas las disciplinas para examinar los avances de la ciencia, la técnica y la innovación, y sus posibles repercusiones en la economía, la sociedad y el medio ambiente. Idealmente, esa iniciativa mundial debería basarse en ejercicios de evaluación y prospectiva tecnológicas para poder evaluar las repercusiones inmediatas y a largo plazo de las nuevas tecnologías.

B. Discurso inclusivo sobre la dimensión normativa del cambio tecnológico rápido

64. A escala mundial, la evaluación y la prospectiva tecnológicas deberían regirse por normas, principios y valores que orienten el desarrollo y la aplicación del cambio tecnológico rápido hacia el respeto de los valores y principios básicos de las Naciones Unidas, en particular los derechos humanos y la promoción del desarrollo sostenible.

65. La creciente toma de conciencia acerca de las cuestiones éticas y normativas clave que plantean la aparición, la implantación, la utilización y el desarrollo de las tecnologías

⁶¹ Van Zwanenberg P., Ely A. y Stirling A., 2009, *Innovation, Sustainability, Development A New Manifesto. Emerging Technologies and Opportunities for International Science and Technology Foresight*, Social, Technology and Environmental Pathways to Sustainability Centre, Working Paper 30, Brighton, pág. 4.

⁶² Entre las resoluciones de las Naciones Unidas en las que se recomienda realizar actividades de prospectiva y evaluación tecnológicas están las siguientes: E/RES/2018/29; A/RES/72/228; y A/RES/72/242.

⁶³ Van Zwanenberg P. et al., 2009, *Innovation, Sustainability, Development A New Manifesto*.

de frontera ha favorecido la aparición de numerosas iniciativas voluntarias que tienen por objetivo elaborar principios destinados a orientar el cambio tecnológico rápido para que sea equitativo, transparente, responsable e inclusivo. Por ejemplo, en la esfera de la inteligencia artificial, existen más de 30 principios elaborados por representantes del mundo académico, organizaciones no gubernamentales⁶⁴, gobiernos y órganos supranacionales⁶⁵ y empresas⁶⁶.

66. La Comisión Mundial de Ética del Conocimiento Científico y la Tecnología ha abordado recientemente la cuestión de la ética en la esfera de la robótica⁶⁷. El Secretario General de las Naciones Unidas ha publicado recientemente una estrategia en materia de nuevas tecnologías⁶⁸ y se ha creado el Panel de Alto Nivel sobre la Cooperación Digital con el objetivo de sensibilizar sobre el efecto transformador de las tecnologías digitales y contribuir a un debate público más amplio⁶⁹.

67. La abundancia de diversidad de las iniciativas adoptadas para dar respuesta a los desafíos normativos que plantea la inteligencia artificial revela particularmente la existencia

⁶⁴ Por ejemplo: Asilomar [Artificial Intelligence] AI Principles; General Principles in Ethically Aligned Design, version 2, del Instituto de Ingenieros Electricistas y Electrónicos; Principles for Algorithmic Transparency and Accountability, de la Association for Computing Machinery; Japanese Society for Artificial Intelligence Ethical Guidelines; Declaración de Montreal para un desarrollo responsable de la inteligencia artificial; Three ideas from the Stanford Human-Centered AI Initiative; Three rules for artificial intelligence systems, Chief Executive Officer, Allen Institute for Artificial Intelligence; Harmonious Artificial Intelligence Principles; Universal Guidelines for Artificial Intelligence, de The Public Voice; Principles for the Governance of AI, de The Future Society; Tenets, de Partnership on AI; Principales 10 principios relativos a la Inteligencia Artificial Ética, de UNI Global Union, 2017; AI Policy Principles, del Information Technology Industry Council, 2017; Declaración de Toronto sobre la protección del derecho a la igualdad y la no discriminación en los sistemas de aprendizaje automático; 10 principles for public sector use of algorithmic decision making, de Nesta. *Fuentes:* Zeng Y., Lu E. y Huangfu C., 2018, Linking artificial intelligence principles, presentada en el taller sobre seguridad en la inteligencia artificial (Workshop on Artificial Intelligence Safety) de la Association for the Advancement of Artificial Intelligence, 2019, Cornell University; www.accessnow.org/cms/assets/uploads/2018/08/The-Toronto-Declaration_ENG_08-2018.pdf; y www.nesta.org.uk/blog/10-principles-for-public-sector-use-of-algorithmic-decision-making/.

⁶⁵ Por ejemplo: Japón, Ministerio de Asuntos Internos y Comunicaciones, AI Research and Development Principles and draft AI Utilization Principles; Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte, House of Lords AI Code; Ethical principles and democratic prerequisites, del Grupo Europeo de Ética de la Ciencia y las Nuevas Tecnologías; proyecto de Directrices Éticas sobre una IA Confiable; Carta Ética Europea sobre el uso de la inteligencia artificial en los sistemas judiciales, del Consejo de Europa; Singapore Model Governance Framework for AI; y Canada-France Statement on Artificial Intelligence. *Fuentes:* Zeng *et al.*, 2018, Linking artificial intelligence principles; https://ec.europa.eu/futurium/en/system/files/ged/ai_hleg_draft_ethics_guidelines_18_december.pdf; <https://www.coe.int/en/web/artificial-intelligence/-/31st-plenary-meeting-of-the-cepej-adoption-of-the-first-european-text-defining-the-ethical-framework-for-the-use-of-artificial-intelligence-in-judicia> (fecha de consulta: 27 de febrero de 2019); https://international.gc.ca/world-monde/international_relations-reactions_internationales/europe/2018-06-07-france_ai-ia_france.aspx?lang=eng (fecha de consulta: 27 de febrero de 2019); y <https://channels.theinnovationenterprise.com/articles/singapore-releases-model-governance-for-ai-at-wef> (fecha de consulta: 27 de febrero 2019).

⁶⁶ Por ejemplo: DeepMind Ethics and Society Principles; OpenAI Charter; AI at Google: Our principles; Microsoft AI principles; IBM's principles for the cognitive era and principles for trust and transparency; Developing AI for Business with Five Core Principles, de Sage; SAP's Guiding Principles for Artificial Intelligence; Sony Group AI Ethics Guidelines; Unity's Guiding Principles for Ethical AI; y Principios de IA de Telefónica. *Fuentes:* Zeng *et al.*, 2018, Linking artificial intelligence principles; <https://blogs.unity3d.com/2018/11/28/introducing-unitys-guiding-principles-for-ethical-ai/> (fecha de consulta: 27 de febrero de 2019); y www.telefonica.com/es/web/negocio-responsable/nuestros-compromisos/principios-ia (fecha de consulta: 27 de febrero de 2019).

⁶⁷ Comisión Mundial de Ética del Conocimiento Científico y la Tecnología (COMEST), 2017, *Report of COMEST on robotics ethics*, 14 de septiembre. Puede consultarse en: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000253952> (fecha de consulta: 25 de febrero de 2019).

⁶⁸ Naciones Unidas, 2018, Estrategia del Secretario General de las Naciones Unidas en materia de nuevas tecnologías, septiembre. Puede consultarse en: www.un.org/en/newtechnologies/images/pdf/SGs-Strategy-on-New-Technologies.pdf.

⁶⁹ Naciones Unidas, 2018, Panel de Alto Nivel del Secretario General sobre la Cooperación Digital. Puede consultarse en: www.un.org/en/digital-cooperation-panel/ (fecha de consulta: 12 de noviembre de 2018).

de prioridades y focos de interés diferentes, a veces contradictorios, y pone de manifiesto la necesidad de un marco más amplio y coherente⁷⁰. Más allá de la inteligencia artificial, se están examinando y debatiendo cuestiones normativas y éticas en relación con diversas tecnologías de frontera, como la biología sintética, la Internet de las cosas, la nanotecnología, los drones y las neurotecnologías.

68. Ante estas cuestiones éticas y normativas, se plantea la cuestión de cómo instaurar un discurso mundial sobre este asunto que respete la diversidad, la inclusión, la participación de múltiples interesados, la coherencia entre las múltiples iniciativas y su conformidad con la agenda de desarrollo de la comunidad internacional. Convendría que los gobiernos y otras partes interesadas empezaran a estudiar las características, los elementos y las orientaciones de alto nivel que podrían definir una respuesta mundial adecuada a este desafío. Los países en desarrollo, especialmente los países menos adelantados, que no participan en el desarrollo de las tecnologías de frontera pero pueden verse afectados por sus consecuencias, deben participar en este discurso mundial.

V. Propuestas para su consideración por los Estados miembros y la Comisión de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo en su 22º período de sesiones

69. El cambio tecnológico rápido ofrece oportunidades en lo que respecta a la aplicación de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible y el logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible. No obstante, plantea nuevos retos para la formulación de políticas, ya que existe el riesgo de que supere la capacidad de los gobiernos y de la sociedad para adaptarse a los cambios causados por las nuevas tecnologías. Aunque la dinámica mundial de la evolución tecnológica tiene el potencial de agravar las brechas socioeconómicas, podrían adoptarse políticas que fomentasen las inversiones destinadas a difundir las capacidades y a estimular la innovación incluyendo a los grupos marginados de la sociedad y pensando en su beneficio. Las estrategias nacionales destinadas a poner el cambio tecnológico rápido al servicio del desarrollo sostenible deben basarse en el establecimiento y la gestión de sistemas de innovación eficaces. La cooperación Norte-Sur, Sur-Sur y triangular, las iniciativas de las comunidades académica, técnica y empresarial y de la sociedad civil y las medidas adoptadas a nivel de todo el sistema de las Naciones Unidas también pueden contribuir a garantizar que el cambio tecnológico rápido no deje a nadie atrás. Se alienta a la comunidad internacional a profundizar en su comprensión colectiva del manejo y la configuración de las tecnologías nuevas e incipientes velando por no “dejar a nadie atrás”. Esto debería incluir debates sobre la evaluación y la prospectiva tecnológicas a escala internacional y la creación de un consenso sobre directrices normativas y éticas para determinar la contribución que el cambio tecnológico rápido puede aportar al desarrollo.

70. Los Estados miembros tal vez deseen considerar las propuestas siguientes:

- a) Incrementar el apoyo nacional a las actividades de investigación y desarrollo en el campo del cambio tecnológico rápido, y recabar la participación de los gobiernos, el mundo académico, el sector privado y la sociedad civil en esas actividades, desde la investigación básica hasta la aplicación;
- b) Asegurar la coherencia entre las políticas y estrategias en materia de ciencia, tecnología e innovación en lo que respecta al cambio tecnológico rápido y en el marco más amplio del programa nacional de desarrollo;
- c) Reconocer y tener en cuenta los contextos sociales y culturales de los grupos locales, en particular de las mujeres, y apoyar la innovación, la ampliación y la difusión del cambio tecnológico rápido en esos contextos;

⁷⁰ Whittlestone J., Nyrop R., Alexandrova A. y Cave S., 2019, The role and limits of principles in [artificial intelligence] AI ethics: Towards a focus on tensions, University of Cambridge; y Zeng Y. *et al.*, 2018, Linking artificial intelligence principles.

d) Promover las alianzas Norte-Sur, Sur-Sur y triangulares en el ámbito del cambio tecnológico rápido, y examinar los mecanismos colaborativos de investigación y desarrollo que pueden contribuir a facilitar el avance tecnológico;

e) Realizar ejercicios de prospectiva y evaluación tecnológicas para alentar un debate estructurado entre todas las partes interesadas con miras a llegar a una comprensión común de las consecuencias del cambio tecnológico rápido;

f) Incorporar la perspectiva de género en las políticas sobre ciencia, tecnología e innovación, en particular promoviendo la ciencia y la tecnología y sirviéndose de ellas para apoyar el desarrollo de la mujer en sectores clave afectados por el cambio tecnológico rápido. Las políticas también deberían promover la igualdad entre los géneros en la ciencia y en la educación, la vida profesional y el ejercicio de responsabilidades en la esfera de la ciencia y la tecnología, así como alentar y apoyar el papel de la mujer en la innovación.

71. La comunidad internacional tal vez desee considerar las propuestas siguientes:

a) Esforzarse por definir un mecanismo internacional de evaluación y prospectiva tecnológicas que ayude a los países en desarrollo a evaluar las consecuencias inmediatas y a largo plazo del cambio tecnológico;

b) Estudiar cómo pueden tenerse en cuenta desafíos normativos planteados por el cambio tecnológico rápido en un discurso mundial inclusivo, conforme con la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible;

c) Alentar la colaboración internacional en las esferas de la ciencia, la tecnología y la innovación en lo que respecta al cambio tecnológico rápido;

d) Promover una colaboración más estrecha entre las distintas organizaciones internacionales y con las organizaciones de la sociedad civil a fin de crear iniciativas destinadas a fomentar las competencias para el cambio tecnológico rápido;

e) Promover el uso de métodos digitales, como plataformas en línea, para el intercambio de conocimientos y el fomento de la capacidad.

72. Se alienta a la Comisión a:

a) Promover la colaboración entre múltiples interesados para el aprendizaje en materia de políticas, el fomento de la capacidad y el desarrollo de tecnologías;

b) Mejorar la coordinación entre las partes interesadas y fomentar la creación de alianzas en lo que respecta al cambio tecnológico rápido con el objetivo de sacar provecho de los conocimientos especializados y de los intereses específicos de cada uno de los interesados;

c) Alentar el intercambio de enseñanzas entre países y regiones, sin perder de vista que es imposible limitarse a trasladar las políticas y las combinaciones de políticas de un contexto a otro;

d) Reunir e intercambiar ejemplos de buenas prácticas, así como las enseñanzas extraídas de la incorporación de la perspectiva de género en las políticas y programas sobre ciencia, tecnología e innovación, con miras a reproducir y ampliar los éxitos, y reforzar la colaboración con la Comisión de la Condición Jurídica y Social de la Mujer.