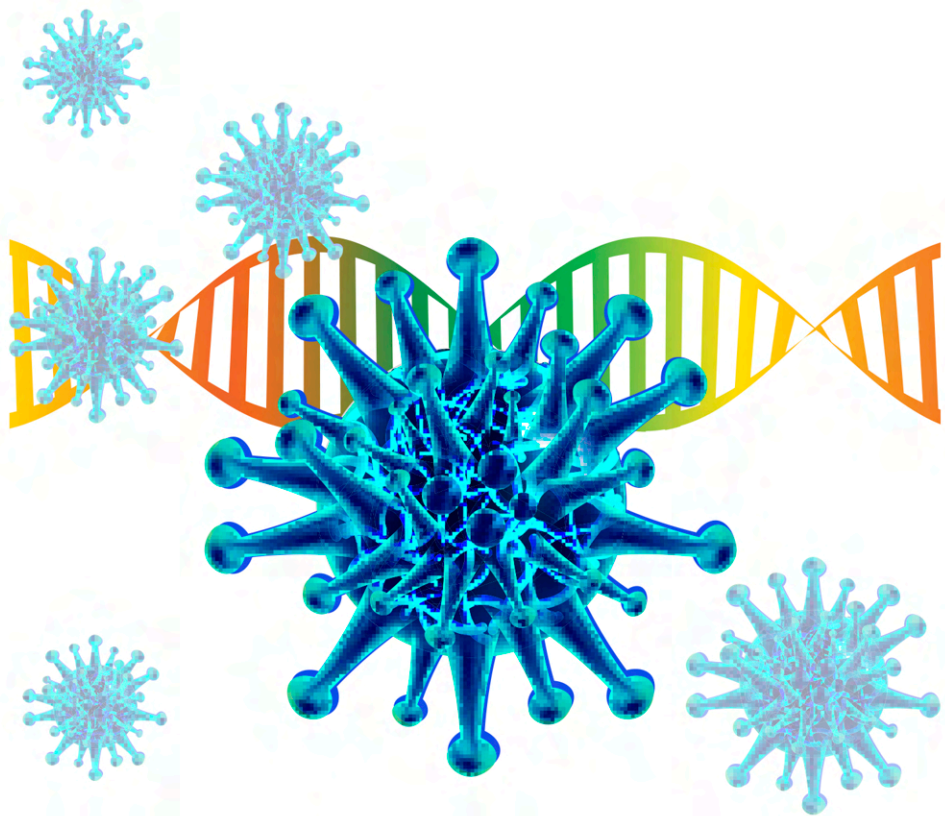


Perspectiva de la OCDE sobre Ciencia, Tecnología e Innovación 2021

OPORTUNIDADES EN TIEMPOS DE CRISIS



**Perspectivas de la OCDE sobre
Ciencia, Tecnología e Innovación 2021
Oportunidades en tiempos de crisis**

**Perspectivas de la OCDE sobre
Ciencia, Tecnología e Innovación 2021
Oportunidades en tiempos de crisis**

Instituto Politécnico Nacional
—México—

Título: *Perspectivas de la OCDE sobre Ciencia, Tecnología e Innovación 2021. Oportunidades en tiempos de crisis*

Primera edición: 2022

Publicado originalmente por la OCDE en inglés con el título: *OECD Science, Technology and Innovation Outlook 2021: Times of Crisis and Opportunity* © OECD 2021, <https://doi.org/10.1787/75f79015-en>

Tanto este documento, así como cualquier dato y cualquier mapa que se incluya en él, se entenderán sin perjuicio respecto al estatus o la soberanía de cualquier territorio, a la delimitación de fronteras y límites internacionales, ni al nombre de cualquier territorio, ciudad o área.

Los datos estadísticos para Israel son suministrados por y bajo la responsabilidad de las autoridades israelíes competentes. El uso de estos datos por la OCDE es sin perjuicio del estatuto de los Altos del Golán, Jerusalén Este y los asentamientos israelíes en Cisjordania bajo los términos del derecho internacional.

Nota de Turquía: La información del presente documento en relación con “Chipre” se refiere a la parte sur de la Isla. No existe una sola autoridad que represente en conjunto a las comunidades turcochipriota y grecochipriota de la Isla. Turquía reconoce a la República Turca del Norte de Chipre (RTNC). Mientras no haya una solución duradera y equitativa en el marco de las Naciones Unidas, Turquía mantendrá su postura frente al “tema de Chipre”.

Nota de todos los Estados Miembros de la Unión Europea que pertenecen a la OCDE y de la Unión Europea: Todos los miembros de las Naciones Unidas, con excepción de Turquía, reconocen a la República de Chipre. La información contenida en el presente documento se refiere a la zona sobre la cual el Gobierno de la República de Chipre tiene control efectivo.

Esta traducción no fue creada por la OCDE y no debe considerarse una traducción oficial de la OCDE. La calidad de la traducción y su coherencia con el texto en el idioma original de la obra son responsabilidad exclusiva del autor o autores de la traducción. En caso de discrepancia entre la obra original y la traducción, solo se considerará válido el texto de la obra original.

D.R. © 2022 Investigaciones y Estudios Superiores, S.C., Universidad Anáhuac México por esta traducción

D.R. © 2022 para esta edición en español: *Perspectivas de la OCDE sobre Ciencia, Tecnología e Innovación 2021. Oportunidades en tiempos de crisis*

Instituto Politécnico Nacional

Luis Enrique Erro s/n

Unidad Profesional “Adolfo López Mateos”

Zacatenco, Alcaldía Gustavo A. Madero

CP 07738, Ciudad de México

Dirección de Bibliotecas y Publicaciones

Revillagigedo 83, Centro

Alcaldía Cuauhtémoc

CP 06070, Ciudad de México

ISBN: 978-607-414-665-3

Publicado en México / *Published in Mexico*

www.ipn.mx/bibliotecas-publicaciones/

Índice

Prólogo	11
Reconocimientos	13
Acrónimos y abreviaciones	17
Resumen ejecutivo	19
La respuesta de los sistemas de CTI al COVID-19 ha sido decidida, rápida y significativa	19
Pensando a futuro, las políticas de CTI deberían de cambiar para afrontar los problemas de sostenibilidad, inclusividad y resistencia a largo plazo	20
1. COVID-19: ¿Un punto de pivote para la ciencia, la tecnología y la innovación?	25
1.1. Introducción	26
1.2. Respuestas en materia de CTI a la crisis del COVID-19 e impactos en los sistemas de CTI	30
Respuestas e impactos de las organizaciones de investigación pública y de los investigadores	30
Movilizar la innovación empresarial	39
1.3. Movilizar políticas en materia de CTI para combatir la pandemia del COVID-19	44
Respuestas de las políticas en materia de CTI a la pandemia del COVID-19	44
Soporte para sistemas de CTI para resistir el impacto de la pandemia	49

1.4. Incertidumbres clave, puntos críticos de pivote y sus implicaciones para los sistemas de CTI y las opciones de políticas	51
La incierta evolución de la pandemia de COVID-19	55
Incertidumbres clave y puntos de pivote críticos presentados por el COVID-19	57
La orientación futura de las políticas en materia de CTI	71
1.5. Conclusiones	75
Esquema del libro	78
1.6. Referencias	82
2. Movilizar la financiación y las infraestructuras públicas en materia de investigación en tiempos de crisis	91
2.1. Introducción	92
2.2. Recursos desbloqueados para la investigación de COVID-19	93
2.3. Áreas de investigación apoyadas por nuevas iniciativas de financiación de la investigación	96
2.4. Desafíos en la gestión de proyectos de financiación de la investigación de emergencia	97
Establecimiento de prioridades	97
Propuestas de investigación de seguimiento rápido	99
2.5. Incertidumbres sobre los impactos a largo plazo de la financiación de la investigación de emergencia	101
Calidad e impacto de la ciencia producida	102
Impacto a largo plazo en los dominios de la investigación	102
Impacto en el sistema de financiación de la ciencia	103
2.6. Movilización efectiva de infraestructuras de investigación	104
Acceso rápido	105
Compartir datos	105
Coordinación	106
Nueva investigación dedicada a COVID-19	106
En conclusión, las infraestructuras de investigación han demostrado una flexibilidad considerable durante la crisis	107
2.7. El desafío de la divulgación científica en tiempos de crisis	108
2.8. Lecciones aprendidas de la crisis del COVID-19	110
2.9. Referencias	113
3. Nuevos retos y demandas en la investigación académica	117
3.1. Introducción	119

3.2. La búsqueda de una investigación de excelencia	121
3.3. Precariedad de las carreras de investigación	123
3.4. Fortalecer los lazos entre las academias y otros sectores	129
3.5. Transformación digital y ciencia con datos intensivos	131
3.6. Ciencia para resolver retos sociales	135
3.7. Un nuevo enfoque del entrenamiento de investigación científica, evaluación y carreras	137
3.8. Referencias	140
4. Apoyo gubernamental a la investigación e innovación empresarial en un mundo en crisis	143
4.1. Introducción	145
4.2. Apoyo a la investigación e innovación empresarial hoy	145
La importancia del apoyo público a la innovación	145
Apoyo gubernamental a la innovación ante la crisis del COVID-19	149
Mejorar la combinación de políticas para apoyar la innovación empresarial	158
4.3. Apoyo a la innovación empresarial en tiempos de crisis: el impacto del COVID-19	165
Lecciones de crisis anteriores	165
Esta vez es diferente	169
Apoyo a la innovación empresarial como parte de la respuesta del gobierno	171
4.4. Las perspectivas a mediano y largo plazo para el apoyo a la innovación empresarial	174
Posibles escenarios e implicaciones	174
4.5. Conclusiones	178
4.6. Referencias	180
5. Resolución de crisis y desafíos mundiales mediante la colaboración internacional	187
5.1. Introducción	188
5.2. Intensificación de la colaboración para luchar contra el COVID-19	190
La colaboración ha sido un sello distintivo de las respuestas en materia de CTI a la crisis pandémica	190

Las asociaciones público-privadas están en el corazón de las contramedidas de COVID-19	193
Cooperación en materia de CTI que respalda soluciones oportunas y globalmente equitativas al COVID-19	196
Los roles esenciales de la preparación global para I+D	202
5.3. Más allá del COVID-19, se necesita la colaboración internacional en materia de CTI para enfrentar los desafíos globales	205
Bienes públicos globales y desafíos globales	205
Hacia un nuevo paradigma de colaboración internacional en materia de CTI	208
5.4. Perspectivas para la colaboración internacional en materia de CTI	216
5.5. Referencias	217
6. ¿Por qué acelerar el desarrollo y la implementación de robots?	223
6.1. Introducción	225
6.2. La promesa de la robótica	225
6.3. Robots como tecnología estratégica	226
6.4. Capacidades de robots emergentes	228
6.5. Robots y trabajos	229
6.6. Usos actuales y emergentes de robots en la atención sanitaria	230
Robots en el laboratorio	232
Robots en la detección de pacientes y atención inicial	233
Cirujanos robot	233
Exoesqueletos robóticos	235
Robots en la cadena de suministro	235
Robots autónomos de reparto en hospitales	235
Robots desinfectantes	236
Micro-robots para la entrega de fármacos	236
Robots que apoyan la salud mental	237
Robots en el cuidado de mayores y residencias de ancianos	237
6.7. Robots y políticas públicas	238
Interdisciplinaridad en la investigación robótica	240
La investigación en robótica necesita asociaciones público-privadas	240
Apoyo a la transferencia de tecnología	241
Moonshots para robótica en la sociedad	241
Difusión de robots en la atención sanitaria	242
Educación y capacitación	242
Regulación	243

6.8. Conclusión	245
6.9. Referencias	246
7. Acelerar la innovación para hacer frente a los desafíos globales: el papel de la ingeniería biológica	249
7.1. Introducción	250
7.2. La promesa de las biofundidoras	251
La biofundidora como asociación público-privada	253
7.3. Aplicaciones potenciales	256
Vacunas	256
Dispositivos médicos y de diagnóstico	257
7.4. Otras tendencias en productos de base biológica	258
El cambio de biocombustibles a bioproductos de mayor valor	258
Nuevos materiales: sedas de araña	259
Ácido adípico como equivalente petroquímico	260
Química verde	260
Almacenamiento de datos a largo plazo	261
7.5. Problemas emergentes e implicaciones políticas	261
Infraestructura pública precompetitiva	262
Riesgos empresariales en la cadena de valor	263
Coordinación de políticas	265
Aceptación pública	266
Seguridad digital: una amenaza emergente para los responsables de formular las políticas	266
7.6. Perspectiva del futuro	267
7.7. Referencias	268
8. Manejo de la ciencia, tecnología e innovación para la crisis y la recuperación	273
8.1. Introducción	274
8.2. Asesoramiento científico en tiempos de crisis	276
¿Cómo están haciendo cumplir los países estos desafíos?	281
8.3. Tecnologías digitales y datos para la toma de decisiones gubernamentales	282
8.4. Coordinación horizontal para ayudar a combatir el COVID-19	285
Coordinación de las políticas en materia de CTI con otros campos de políticas	286
Coordinación de iniciativas de investigación sobre el COVID-19	287
Coordinar los esfuerzos para comunicar sobre las oportunidades de financiación	287

8.5. Gobiernos que lideran la acción colectiva: Políticas de innovación orientadas a las misiones	288
Una serie de políticas sistémicas a la medida para diferentes misiones	288
El imperativo de la orientación de la misión	289
Los principales modelos de políticas de innovación orientadas a las misiones (MOIP)	290
8.6. Gobernanza tecnológica	292
Investigación e innovación responsables	294
Evaluación tecnológica participativa	297
8.7. Perspectivas futuras	299
Revisar los objetivos de las políticas	300
Revisión de las teorías y marcos de políticas	300
Revisar las capacidades del gobierno	303
8.8. Referencias	304

Prólogo

Las perspectivas de la *OCDE sobre Ciencia, Tecnología e Innovación 2021* es la publicación más reciente que se encarga de revisar las tendencias más nuevas en políticas de la ciencia, tecnología e innovación (CTI) en los países que se encuentra la OCDE y en varios de los socios económicos mayoritarios. Esta edición se enfoca en la pandemia de COVID-19, la cual ha ocasionado una movilización de las comunidades científicas y de innovación nunca antes vista.

La ciencia y la tecnología ofrecen la única estrategia de salida del COVID-19: han sido elementos clave para informar a los gobiernos sobre los esfuerzos realizados para limitar el esparcimiento del virus; y además han apoyado el rápido desarrollo de vacunas efectivas en un tiempo récord. La pandemia ha enfatizado la importancia de la ciencia y la innovación para poder estar preparados para las futuras crisis.

La pandemia también ha llevado a los sistemas de investigación e innovación al límite, ya que se descubrió que había brechas que necesitan ser reparadas para mejorar la preparación de los sistemas en caso de futuras crisis. Es una llamada de atención que resalta la necesidad de replantearse las políticas de CTI para que los gobiernos estén mejor equipados con instrumentos y habilidades para dirigir los esfuerzos de investigación e innovación hacia objetivos de sustentabilidad, inclusividad y resistencia a largo plazo.

Los ocho capítulos incluidos en esta edición sobre las perspectivas de CTI cubren una amplia variedad de temas, entre ellos las respuestas de los sistemas de investigación durante la pandemia, los impactos en la fuerza laboral de investigación y el probable apoyo del gobierno a las investigaciones empresariales y de innovación. El rápido desarrollo de las vacunas de COVID-19 ha dependido de una gran cooperación de CTI internacional que ofrece lecciones de políticas para enfrentar otros retos globales. También resalta el hecho de que el propio

interés nacional se obtendrá a través de la colaboración internacional. Las tecnologías emergentes tienen un papel importante en la pandemia y su impacto, y las perspectivas de CTI consideran estas dos tecnologías (ingeniería biológica y robótica) que prometen ayudar a mejorar la resistencia a la salud de las sociedades. El capítulo final revisa varios retos gubernamentales, incluida la necesidad de los gobiernos de renovar el marco teórico de sus políticas y su habilidad para lograr una política de CTI más ambiciosa.

El mundo aún se encuentra en crisis por la pandemia del COVID-19 y aún hay mucha incertidumbre, lo que ayudará a moldear los sistemas de investigación e innovación y la medida en la que estos sistemas ayuden a las sociedades a resolver sus grandes retos a largo plazo. La perspectiva de CTI proporciona pruebas y análisis que podrían ayudar a los legisladores al momento de evaluar sus opciones durante estos tiempos de crisis y oportunidad.

Esta edición de la perspectiva de CTI tiene un formato doble, que incluye tanto este libro como una serie de páginas web con contenido de apoyo (consulte <http://oe.cd/sti-outlook>). El equipo de la perspectiva de CTI también creó una herramienta de monitoreo en línea sobre las respuestas al COVID-19 de las políticas de CTI de los gobiernos (<https://stip.oecd.org/covid>) que proporcionan pruebas usadas en este libro y fuera de él.

Reconocimientos

La edición 2021 de las *perspectivas de la OCDE sobre Ciencia, Tecnología e Innovación* (Perspectivas de CTI) está preparada conforme al patrocinio del Comité para Políticas Científicas y Tecnológicas (CSTP) de la OCDE y aportes de sus grupos de trabajo. Los delegados del CSTP contribuyeron en gran medida con sus respuestas de la encuesta de la OCDE sobre respuestas de políticas de CTI al COVID-19 (<https://stip.oecd.org/covid>), y también participaron en un debate de alto nivel que se llevó a cabo el 23 de noviembre de 2020, en el que se habló acerca de los principales hallazgos de las perspectivas de CTI.

Las perspectivas de CTI del 2021 son un esfuerzo colectivo que está coordinado por el Departamento de Políticas Científicas y Tecnológicas (STP) de la OCDE, Junta Directiva para Ciencia, Tecnología e Innovación (DSTI). Se produjo con la guía de Alessandra Colecchia, Jefa del Departamento de STP. Michael Keenan actuó como coordinador general y Sylvain Fraccola como coordinador administrativo. Blandine Serve coordinó los datos estadísticos.

El capítulo 1, “¿Un punto de pivote para la ciencia, la tecnología y la innovación?”, fue preparado por Caroline Paunov y Michael Keenan (DSTI). Está basado en obras escritas por el Grupo de Trabajo de Políticas de Innovación y Tecnología (TIP) que hablan sobre el impacto del COVID-19 en CTI. Este capítulo se benefició de las contribuciones de Sandra Planes Satorra y Andrés Barreneche (DSTI).

El capítulo 2, “Movilizar la financiación y las infraestructuras públicas en materia de investigación en tiempos de crisis”, fue preparado por Frédéric Sgard (DSTI). Está basado en la obra del Foro de Ciencia Global (GSF) de la OCDE, con contribuciones de miembros de grupos de expertos del GSF sobre investigaciones de alto riesgo y altas recompensas y en infraestructuras de investigaciones nacionales.

El capítulo 3, “Nuevos retos y demandas en la investigación académica”, fue preparado por Cláudia Sarrico y Carthage Smith (DSTI). Está basado en la obra a cargo del GSF de la OCDE sobre la fuerza laboral de investigación.

El capítulo 4, “Apoyo gubernamental a la investigación e innovación empresarial en un mundo en crisis”, fue preparado por Fernando Galindo-Rueda y Silvia Appelt, con ayuda de Georgia Ellis (DSTI). El capítulo está basado en obras recientes del Grupo de Trabajo de Expertos Nacionales en Indicadores de Ciencia y Tecnología (NESTI) de la OCDE, especialmente en el proyecto microBeRD, dirigido en colaboración con el Comité de Industria, Innovación y Emprendedores de la OCDE.

El capítulo 5, “Resolución de crisis y desafíos mundiales mediante la colaboración internacional”, fue preparado por Mario Cervantes y Michael Keenan (DSTI). Está basado en el trabajo de colaboración internacional de CTI y finanzas combinadas realizado por el CSTP.

El capítulo 6, “¿Por qué acelerar el desarrollo y la implementación de robots?” fue preparado por Alistair Nolan (DSTI). Una parte está basada en el próximo documento de trabajo de CTI de la OCDE, “Robótica: Desarrollos recientes y políticas públicas”. Tuvo comentarios detallados y aportes valiosos de Gregory Ameyugo, Justine Cassell, Johan Frisk, Chris Melhuish, Elena Messina, Alexandra Neri y José Saenz.

El capítulo 7, “Acelerar la innovación para hacer frente a los desafíos globales: el papel de la ingeniería biológica”, fue preparado por David Winickoff (DSTI). Está basado en obras recientes del Grupo de Trabajo de Biotecnología, Nanotecnología y Tecnologías Convergentes (BNCT) sobre biología sintética.

El capítulo 8, “Manejo de CTI para la crisis y la recuperación”, fue preparado por Michael Keenan, Philippe Larrue, Carthage Smith y David Winickoff (DSTI). Está basado en varios CSTP y actividades de grupos de trabajo, especialmente en el proyecto del CSTP sobre políticas de innovación, obras recientes del BNCT sobre manejo de tecnología, y el trabajo de toda la vida del GSF sobre consejos científicos.

Todos los capítulos de las perspectivas de CTI 2021 fueron revisadas por Sarah Box, Alessandra Colechia, Dirk Pilat y Andrew Wyckoff del DSTI. El equipo les agradece sus valiosos comentarios y orientación. También les agradece a los delegados de CSTP, quienes proporcionaron comentarios sobre los borradores de los capítulos.

La publicación en general le debe mucho a Sylvain Fraccola, quien supervisó todos los aspectos del proceso de publicación y diseñó las infografías, y a Blandine Serve por su apoyo estadístico. También le agradece a Silvia Appelt, Michela Bello, Hélène Dernis, Fernando Galindo-Rueda, Guillaume Kpodar, Brigitte Van Beuzekom y Fabien Verger (DSTI) por sus aportes estadísticos y

sus útiles consejos. Andrés Barreneche (DSTI) también contribuyó con aportes del Perímetro EC-OCDE STIP.

Los autores están agradecidos con Beatrice Jeffries (DSTI) por su ayuda secretarial y con Amar Toor (DSTI) por su ayuda al refinar los “hallazgos clave” de los capítulos. También merece un agradecimiento especial Romy de Courtay por sus contribuciones editoriales y su investigación bibliográfica, su compromiso mejoró enormemente la calidad de esta publicación.

Acrónimos y abreviaciones

AMC	Compromiso de mercado anticipado
AOD	Ayuda Oficial al Desarrollo
ARN	Ácido ribonucleico
ARNm	Ácido ribonucleico mensajero
BEPS	Erosión de la base imponible y traslado de beneficios
BERD	Gastos empresariales en I+D
CTI	Ciencia, tecnología e innovación
DBTL	Design-Build-Test-Learn (Diseño Construcción Prueba Aprendizaje)
DPI	Derechos de propiedad intelectual
DSTI	Junta Directiva de Ciencia, Tecnología e Innovación
ERA	Espacio Europeo de Investigación
ETI	Equipo de Trabajo Interinstitucional
FDI	Inversión extranjera directa
FMI	Fondo Monetario Internacional
GAVI	Alianza Mundial para las Vacunas y la Inmunización
GERD	Gasto interno bruto en investigación y desarrollo
GFC	Crisis financiera global
GISAID	Iniciativa global para compartir todos los datos de influenza
GPG	Bienes públicos globales
GTARD	Reducción de impuestos gubernamentales para gastos de I+D
GVC	Cadena global de valor
HFEA	Autoridad de Fertilización Humana y Embriología
IA	Inteligencia artificial
ICB	Clasificación Industrial de Referencia
ICTSD	Centro de Comercio Internacional y Desarrollo Sostenible

I+D	Investigación y desarrollo (I+D)
IDRC	Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo
IFR	Federación Internacional de Robótica
JEDI	Iniciativa conjunta europea para la innovación
MERS	Síndrome respiratorio de Oriente Medio
MLP	Perspectiva multinivel
MOIP	Política de innovación orientada por misiones
NASA	Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio
NIIF	Normas Internacionales de Información Financiera
OCDE	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos
OCTS-	Observatorio Iberoamericano de la Ciencia, la Tecnología y la
OEI	Sociedad de la Organización de Estados Iberoamericanos
OMC	Organización Mundial del Comercio
OMS	Organización Mundial de la Salud
PCT	Tratado de cooperación en materia de patentes
PI	Propiedad intelectual
PIB	Producto interno bruto
PyMEs	Pequeñas y medianas empresas
SLS	Fuente de luz de Suiza
STEM	Ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas
TDR	Investigación transdisciplinaria
TFM	Mecanismo de facilitación tecnológica
TEA	Trastorno del espectro autista
TIC	Tecnologías de la Información y la Comunicación
USPTO	Oficina de Patentes y Marcas Registradas de Estados Unidos
UV	Ultravioleta
VC	Capital de riesgo
VIH	Virus de inmunodeficiencia humana
WFH	Trabajo desde casa

Resumen ejecutivo

LA RESPUESTA DE LOS SISTEMAS DE CTI AL COVID-19 HA SIDO DECIDIDA, RÁPIDA Y SIGNIFICATIVA

Los sistemas de CTI han respondido de manera sólida y flexible a la crisis por COVID-19. Se han creado en tiempo récord nuevas iniciativas de investigación a través de fondos que valen miles de millones de dólares, y la investigación y el desarrollo han llevado al rápido desarrollo de vacunas. Sin embargo, la pandemia ha llevado a los sistemas de CTI al límite, ocasionando que se descubran áreas que necesitan fortalecerse para mejorar la resistencia en general de CTI tanto para retos presentes como futuros, incluyendo el cambio climático.

La crisis por COVID-19 ha acelerado las tendencias de CTI que estaban en progreso. Además, ha abierto el acceso a información y publicaciones, ha aumentado el uso de herramientas digitales, ha mejorado la colaboración internacional, ha incentivado una variedad de asociaciones públicas y privadas, y ha motivado la participación activa de nuevas personas. Estos desarrollos a la larga podrían acelerar la transición a una ciencia e innovación más abiertas.

Al mismo tiempo, dichos riesgos de compromiso alejan indiscriminadamente los esfuerzos de investigación de los temas que no tratan sobre COVID-19. Las entidades gubernamentales y de financiación de investigación tienen que definir y comunicar rápidamente sus habilidades de apoyar la investigación en los próximos años, así como sus prioridades estratégicas de permitir que los órganos de investigación elaboren planes realistas a largo plazo.

Los efectos de la pandemia, especialmente el encierro, han interrumpido el funcionamiento normal de los sistemas de innovación, lo cual pone en peligro capacidades clave de producción e innovación, especialmente en los sectores que se han visto más afectados por esta situación. Adicionalmente, las inversiones en

investigación e innovación son procíclicas y por lo tanto son propensas a disminuir en tiempos de crisis. Estas crisis podrían ser diferentes ya que algunos de los principales inversionistas de investigación y desarrollo (I+D) están expandiendo sus actividades durante la crisis. La pandemia podría agravar las deficiencias en las actividades de investigación e innovación empresarial entre los sectores “líder” y “rezagados”, pequeñas y grandes empresas, y áreas geográficas. Esta distribución disparada podría aumentar las brechas de productividad, acentuar la vulnerabilidad de los sectores rezagados y reducir la resistencia económica, y debería ser el objetivo de las políticas que apoyan la innovación.

Además de sus actividades de investigación, los científicos siguen proporcionando su experiencia en salud pública y otras respuestas de política ante la pandemia. Han tenido que comunicar pruebas incompletas y cambiantes, y lo han tenido que hacer de manera que promuevan confianza pública. Este consejo ha sido refutado algunas veces debido a sus consecuencias políticas. En respuesta a esto, los gobiernos deberían comunicar sus incertidumbres de manera cuidadosa, proporcionar una presentación balanceada de posibles escenarios y ser transparentes acerca de los errores. También deberían emitir mecanismos de asesoría multidisciplinarios para asegurarse de que consideren diferentes tipos de expertos en la materia al momento de desarrollar nuevas políticas.

PENSANDO A FUTURO, LAS POLÍTICAS DE CTI DEBERÍAN DE CAMBIAR PARA AFRONTAR LOS PROBLEMAS DE SOSTENIBILIDAD, INCLUSIVIDAD Y RESISTENCIA A LARGO PLAZO

La pandemia y sus consecuencias son un duro recordatorio de la necesidad que tenemos de cambiar a una sociedad más sostenible, equitativa y resistente. La ciencia y la innovación serán esenciales para promover y generar dicho cambio, pero la pandemia ha expuesto los límites que tienen los sistemas de investigación e innovación que, de no resolverse, podrían no alcanzar todo su potencial. Los gobiernos deberían cambiar sus políticas de CTI y algunas tácticas para resolver sus limitantes.

En primer lugar, la crisis actual sirve como recordatorio de que las políticas tienen que ser capaces de dirigir los esfuerzos de innovación hacia donde más se necesitan. Esto repercute en cómo los gobiernos apoyan la investigación y la innovación en las empresas, lo cual representa alrededor del 70 % del gasto de I+D de la OCDE. La combinación de la política de apoyo empresarial de I+D ha cambiado en las últimas décadas y ha logrado obtener una mayor confianza tributaria en comparación con los instrumentos de apoyo directos tales como contratos, subsidios o indemnizaciones. Aunque son efectivos para

incentivar a las empresas a innovar, los incentivos fiscales de I+D son indirectos, no tienen un objetivo específico y tienden a generar innovaciones graduales. Las medidas directas y bien diseñadas de I+D están mejor equipadas para apoyar las investigaciones a largo plazo y de alto riesgo, y para atraer innovaciones que generen bienes públicos (por ejemplo, de salud) o que tengan un alto potencial de muchos conocimientos. Los gobiernos tienen que revisar sus políticas para garantizar un balance adecuado entre las medidas directas e indirectas.

En segundo lugar, la naturaleza multifacética de resolver problemas complejos como el COVID-19 y los cambios de sostenibilidad enfatizan la necesidad de hacer investigaciones transdisciplinarias, a las cuales todavía no se han adaptado bien las normas e instituciones actuales de los sistemas científicos. Se tienen que ajustar las estructuras disciplinarias y jerárquicas para permitir y promover la investigación transdisciplinaria que incluya diferentes disciplinas y sectores para poder resolver retos complejos.

En tercer lugar, los gobiernos deberían proporcionar más apoyo a las tecnologías emergentes, tales como la ingeniería biológica y la robótica para ampliar las misiones como la resistencia de salud, que incluye principios de innovación responsable. El enfoque en la innovación responsable busca anticipar problemas que se encuentran innovando y lograr que la tecnología produzca mejores resultados. También enfatiza la integración de accionistas al comienzo del proceso de innovación.

En cuarto lugar, reformar el entrenamiento de los doctorados y postdoctorados para apoyar diferentes carreras es esencial para mejorar la capacidad de respuesta de las sociedades ante las crisis y para resolver futuros retos como el cambio climático que requieren repuestas científicas. Las reformas también podrían ayudar a mitigar la precariedad de los investigadores que están al inicio de su carrera, muchos de los cuales están contratados a corto plazo con ningún futuro claro de tener un puesto académico permanente. La crisis también ha enfatizado la necesidad de que las academias entrenen y acepten a un nuevo grupo de profesionales y científicos con habilidades digitales para la investigación.

En quinto lugar, los retos globales requieren soluciones globales que apoyen la cooperación internacional de CTI. El Desarrollo de vacunas para COVID-19 se ha beneficiado gracias a las medidas de preparación globales de I+D nacentes, incluyendo plataformas ágiles de tecnología que pueden ser activadas en cuanto surjan nuevos patógenos. La pandemia ha creado un impulso para establecer mecanismos globales efectivos y sostenibles para apoyar el alcance de I+D necesario para afrontar una gama más amplia de retos globales. Sin embargo, los gobiernos necesitan generar confianza y definir los valores comunes para garantizar una igualdad de condiciones en la cooperación científica y una distribución equitativa de sus beneficios.

Por último, los gobiernos tienen que renovar su estrategia política y su capacidad de lograr una agenda política de CTI más ambiciosa. Aumentar el énfasis político en mejorar la resistencia, el cual requiere que las políticas tengan una mayor agilidad, enfatiza la necesidad que tienen los gobiernos de adquirir capacidades dinámicas para adaptarse y aprender ante los entornos que están cambiando rápidamente. Involucrar a los accionistas y a los ciudadanos en estos esfuerzos expondrá a los legisladores a diversificar sus conocimientos y valores, lo cual debería contribuir a que las políticas se vuelvan más resistentes. Los gobiernos también deberían seguir invirtiendo en pruebas para sus políticas de apoyo de CTI con la intención de mejorarlas.

NOTAS

- 1 Esta encuesta se ha implementado a través de un cuestionario de enlace abierto en línea, que invita a científicos o a cualquier otra persona con interés en la ciencia o la política científica en el impacto de la crisis del COVID-19 desde una perspectiva científica. La encuesta se ha promovido inicialmente a través de la red del Comité de Política Científica y Tecnológica de la OCDE y participantes de la Encuesta Internacional de Autores Científicos de la OCDE 2018 (ISSA por sus siglas en inglés). Se está llevando a cabo en colaboración con el Banco Interamericano de Desarrollo. Hasta el 12 de octubre de 2020, se habían recolectado más de 2,600 respuestas de casi 100 países. El 45% de las respuestas corresponden a individuos que se identifican como científicos, y el resto comprende asesores de política científica (20%), profesionales involucrados en la ciencia (15%), comunicadores científicos (10%) y personas que realizan trabajos administrativos relacionados con la ciencia (10%). La encuesta no solicita ninguna información que pueda identificar a los encuestados. Como resultado, los resultados no pueden considerarse representativos de una población bien definida y deben tratarse con extrema precaución y considerarse como una opinión complementaria a otras pruebas.
- 2 <https://www.australia.gov.au/>.
- 3 <https://politi.dk/corona/>.
- 4 <https://valtioneuvosto.fi/en/information-on-coronavirus>.
- 5 <https://www.gouvernement.fr/info-coronavirus>.
- 6 <https://covid19.govt.nz/>.
- 7 <https://www.gov.uk/coronavirus>.
- 8 <https://coronavirus.saude.gov.br/>.
- 9 <https://eody.gov.gr/neos-koronaioi-covid-19/>.
- 10 <http://www.salute.gov.it/nuovocoronavirus>.
- 11 <http://www.salute.gov.it/nuovocoronavirus>.
- 12 <https://thl.fi/en/web/infectious-diseases/what-s-new/coronavirus-covid-19-latest-updates>.
- 13 <https://helsenorge.no/>.
- 14 <https://www.bmbf.de/de/faktencheck-zum-coronavirus-11162.html>.
- 15 <https://www.fema.gov/coronavirus-rumor-control>.
- 16 https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunSTIuite/bunya/0000164708_00001.html.
- 17 <https://www.gezondheidszorgwetenschap.be/dossiers/coronavirus>.

- 18 <https://www.who.int/news-room/feature-stories/detail/who-health-alert-brings-covid-19-facts-to-billions-via-whatsapp>.
- 19 <https://shareverified.com/en>.
- 20 Los riesgos toxicológicos son un buen ejemplo. Los usuarios de sustancias potencialmente tóxicas son en sus lugares de trabajo los que están bien posicionados para proporcionar conocimiento de cómo los trabajadores pueden quedar expuestos en lugares de trabajo particulares, dados los hábitos normales, etc. Por poner otro ejemplo obvio, una evaluación de los riesgos de los plaguicidas tendría que tener en cuenta las prácticas cotidianas de los trabajadores sobre el terreno, por ejemplo, si la ropa protectora en realidad se utiliza de forma rutinaria.

1. COVID-19: ¿Un punto de pivote para la ciencia, la tecnología y la innovación?

La pandemia COVID-19 ha requerido que la ciencia, la tecnología y la innovación (CTI) brinden soluciones. Al mismo tiempo, plantea importantes desafíos para los sistemas de CTI y persiste la incertidumbre sobre sus impactos a corto y largo plazo. Este capítulo describe las respuestas de las políticas de CTI al impacto del COVID-19 y los efectos de la crisis en los sistemas de CTI. Ofrece un marco estilizado para que los gobiernos monitoreen sistemáticamente la evolución de la crisis y sus consecuencias desde una perspectiva de políticas sobre CTI. Discute una serie de “puntos de pivote críticos”, donde los desarrollos futuros podrían ir en direcciones radicalmente diferentes. El capítulo concluye discutiendo cómo la política de CTI puede contribuir mejor a dar forma a esos puntos de pivote críticos para apoyar una transición hacia futuros más equitativos, sostenibles y resilientes.

HALLAZGOS CLAVE

- **Los sistemas de investigación e innovación han respondido de manera impresionante a la pandemia**, respaldando gran parte de la resiliencia que han demostrado los países. Tanto los actores públicos como privados del sistema de CTI han brindado soluciones a la crisis, más visiblemente en el rápido desarrollo de las vacunas, pero también en el despliegue de tecnologías digitales que han ayudado a disminuir el impacto de la pandemia. El COVID-19 ha acelerado tendencias que ya estaban en marcha, abriendo el acceso a publicaciones científicas, aumentando el uso de herramientas digi-

tales, mejorando la colaboración internacional en CTI y estimulando una variedad de asociaciones público-privadas

- **La pandemia sigue planteando importantes desafíos para los sistemas de CTI**, poniendo en peligro las capacidades productivas y de innovación clave, especialmente en los sectores más afectados. Segmentos importantes del sistema de CTI se han visto gravemente afectados, incluida una gran parte de las pequeñas y medianas empresas (PYME), las empresas de nueva creación, los investigadores jóvenes que aún necesitan dejar su huella y las mujeres, que, en promedio, dedicaron más tiempo a las tareas de cuidado a expensas de sus actividades de CTI durante la cuarentena. A corto plazo, los gobiernos deben continuar apoyando las actividades de ciencia e innovación que tienen como objetivo desarrollar soluciones a la pandemia y mitigar sus impactos negativos, prestando atención a los efectos distributivos desiguales del COVID-19.
- **Siguen existiendo muchas incertidumbres que darán forma a los sistemas de investigación e innovación, y las contribuciones que estos sistemas pueden hacer para resolver los grandes desafíos a largo plazo de las sociedades.** El capítulo analiza una serie de “puntos de pivote críticos”, donde los desarrollos futuros podrían ir en direcciones radicalmente diferentes. El seguimiento de estos puede proporcionar un sistema de alerta temprana que alerta a los responsables políticos (y otros) sobre posibles desarrollos futuros. También permite a los responsables de la toma de decisiones tener en cuenta las vías y los resultados alternativos que podrían perseguir o desear evitar, lo que hace que las políticas de CTI sean más ágiles y resistentes.

1.1 INTRODUCCIÓN

La pandemia de COVID-19 representa una amenaza para la salud mundial y ha provocado la mayor crisis económica mundial desde la Segunda Guerra Mundial. En ausencia de inmunidad de la población a la enfermedad y tratamientos efectivos, se necesitan grandes cierres y medidas sanitarias y de “distanciamiento social” conexas, que implican un alto costo socioeconómico. En este contexto, se ha prestado mucha atención a la ciencia, la tecnología y la innovación (CTI) para brindar soluciones rápidamente, a pesar de que la crisis del COVID-19 también ha afectado gravemente las actividades de CTI. Con la incertidumbre constante

sobre la evolución de la pandemia y la intervención gubernamental masiva para salvaguardar la salud pública y la economía, la economía global enfrenta varios puntos de pivote críticos que darán forma a los impactos a largo plazo de la crisis. Los sistemas y políticas de CTI tienen un papel que desempeñar en la configuración de las direcciones de esos puntos de pivote críticos.

El objetivo de este capítulo es sintetizar el estado de la CTI durante la pandemia de COVID-19. En primer lugar, presenta cómo el sistema de CTI se ha comprometido a encontrar soluciones al desafío de salud del COVID-19 y cómo los diversos actores del sistema de CTI (industria, universidades, institutos públicos de investigación y la fuerza laboral de investigación) se vieron afectados por la pandemia. En segundo lugar, ofrece una breve descripción de los tipos de medidas de políticas de CTI implementadas en el área de la OCDE para responder a la crisis. En tercer lugar, se analizan los puntos de pivote críticos clave que enfrenta la economía mundial, sus implicaciones para la CTI y la mejor forma de responder de las políticas de CTI.

Tanto los actores públicos como privados del sistema de CTI se han involucrado activamente en brindar soluciones a la crisis del COVID-19. Esto ha llevado a inversiones masivas en investigación sobre vacunas y tratamientos, pero también ha producido innovaciones para hacer frente a los impactos de las medidas de “distanciamiento social”, como mejoras en las herramientas digitales para trabajar de forma remota. Durante los primeros meses del brote se observó un rápido aumento de artículos de investigación relacionados con el COVID-19 en el campo médico y otras disciplinas, y ha sido seguido por una constante adición de artículos de investigación que informan el debate científico (ver Capítulo 2). También se llevaron a cabo iniciativas para facilitar el intercambio de datos y el acceso a infraestructuras críticas de investigación para acelerar las respuestas, junto con nuevos procesos, como hackatones, para solicitar aportaciones y medidas que respalden colaboraciones efectivas. No obstante, mientras el mundo se apresura a encontrar soluciones decisivas al COVID-19, es discutible si estas colaboraciones se han producido a una escala suficientemente global y si la financiación ha sido suficiente y se ha asignado de forma adecuada.

Con el impacto repentino de la pandemia del COVID-19 y su primera ola, el funcionamiento del sistema de CTI se vio gravemente afectado, aunque con impactos desiguales. Las empresas, los institutos de investigación y las universidades vieron sus actividades de investigación e innovación gravemente interrumpidas por la cuarentena y las medidas de distanciamiento social. Tras el impacto inicial, varias partes del sistema de CTI, incluida la financiación de capital de riesgo (VC por sus siglas en inglés), las patentes y el espíritu empresarial, pero también grandes inversiones en investigación y desarrollo (I+D) de empresas líderes en los sectores digital y de la salud, se recuperaron

rápidamente cuando los gobiernos levantaron las medidas de la cuarentena después de la primera ola de la pandemia. Muchas empresas del sector digital, que ya era un inversor líder en I+D antes de la crisis, crecieron a medida que golpeaba la crisis del COVID-19, ya que las herramientas digitales demostraron ser esenciales para limitar los costos de las medidas de distanciamiento social. La recuperación relativamente rápida de partes del sistema de CTI también fue impulsada por el hecho de que, además de las interrupciones iniciales en las cadenas de suministro globales, varias empresas grandes pudieron reanudar sus actividades y vieron un retorno de la demanda después de que se eliminaron los bloqueos de la primera ola de COVID-19. La financiación para la innovación también se mantuvo gracias a las intervenciones gubernamentales activas y al impulso a varias empresas por parte de los inversores de capital.

Al mismo tiempo, importantes segmentos del sistema de CTI se vieron gravemente afectados, incluida una gran parte de las pequeñas y medianas empresas (PYME) innovadoras, las empresas de nueva creación, los investigadores jóvenes que aún necesitan dejar su huella y las mujeres: quienes, en promedio, dedicaron más tiempo a las tareas de cuidado a expensas de sus actividades de CTI durante la cuarentena. Los sectores más afectados por la crisis, por ejemplo, entretenimiento, turismo, comercio minorista y aviación: se encuentran entre los actores más pequeños en términos de desempeño en innovación tecnológica intensiva en I+D.

Las primeras respuestas de políticas de CTI a la crisis se centraron fuertemente en proporcionar financiamiento para la investigación e innovación relacionadas con el COVID-19, y los gobiernos, las fundaciones y la industria recaudaron varios miles de millones de dólares para financiar nuevas vacunas y terapias. Los gobiernos también prestaron apoyo a los actores de CTI más afectados por la crisis. Se implementó una impresionante batería de medidas políticas de vía rápida para movilizar el ecosistema de CTI a fin de brindar soluciones a la pandemia, solicitar aportaciones de diversos actores, facilitar la cooperación y el intercambio de conocimientos, eliminar las barreras que ralentizan la innovación (por ejemplo, mediante flexibilidades regulatorias y exámenes acelerados de propiedad intelectual) y mejorar la colaboración internacional para abordar el desafío global. Sin embargo, la incertidumbre actual plantea desafíos potencialmente a más largo plazo para que el sistema de CTI se mantenga al día como motor de recuperación.

La crisis también impulsó la innovación gubernamental, ilustrada por el uso de aplicaciones digitales de rastreo de contactos (aunque con resultados mixtos), pero también el uso de análisis de datos en tiempo real para la formulación de políticas en niveles nunca antes vistos. Los gobiernos establecen planes para mantener a flote las empresas innovadoras (por ejemplo, facilitando el acceso a la

financiación por parte de empresas innovadoras y nuevas empresas) y ayudar a los investigadores e institutos de investigación a adaptarse al nuevo contexto (OECD, 2020) La mayoría de los países también se están preparando o recientemente han lanzado paquetes de estímulo y recuperación para impulsar la economía y, en particular, proteger los empleos que apoyan directa o indirectamente a los actores de CTI.

De cara al futuro, la pandemia de COVID-19 presenta una serie de incertidumbres importantes para el futuro de la CTI. Además del curso de la pandemia en sí, entre los que se exploran en este capítulo se encuentran (1) el valor que la sociedad asigna a la sostenibilidad, la inclusión y la resiliencia en la configuración del futuro, pero también al papel que los gobiernos y la CTI deben desempeñar para apoyar esos futuros; (2) el ritmo y la dirección de la transformación digital, que influye tanto en los procesos de CTI como en las demandas de innovación en el futuro; (3) preferencias sociales sobre la importancia de resultados económicos y sociales inclusivos, que pueden cambiar fundamentalmente y afectar la inclusividad de los procesos de innovación; y (4) cambios en la economía política internacional (impulsados en parte por el deseo de reducir las vulnerabilidades en el futuro) que darán forma a la división del trabajo de los sistemas de CTI a nivel nacional, (supranacional) regional y global.

Las políticas de CTI se ven afectadas por estas incertidumbres al mismo tiempo que pueden contribuir a moldearlas. La política puede implementar la CTI para encontrar soluciones, gestionar el diálogo eficaz entre los ciudadanos y los organismos gubernamentales para manejar la crisis de COVID-19 (incluidas las decisiones de confinamiento y sus compensaciones), abordar los posibles efectos distributivos de COVID-19 en los sistemas de CTI y movilizar la capacidad de respuesta de los sistemas de CTI. Las políticas de CTI también se verán influenciadas por la forma en que la crisis de COVID-19 y estas incertidumbres clave coevolucionan, por ejemplo, en términos de financiamiento disponible para investigación e innovación, y las prioridades que persiguen los gobiernos y otros actores.

Se proporciona un análisis más extenso de los temas discutidos aquí en dos documentos de política sobre los impactos en la CTI de la crisis del COVID-19 entre enero de 2020 y septiembre de 2020 (Paunov and Planes-Satorra, forthcoming), y sobre el efecto de su posible extensión a largo plazo y las implicaciones de las políticas en materia de CTI (Paunov and Planes-Satorra, forthcoming).¹ El análisis también aprovecha la información sobre las políticas de los países recopilada a través de la Encuesta de la OCDE sobre las Respuestas de las Políticas en materia de CTI al COVID-19 (OECD, 2020).

1.2 RESPUESTAS EN MATERIA DE CTI A LA CRISIS DEL COVID-19 E IMPACTOS EN LOS SISTEMAS DE CTI

La pandemia de COVID-19 ha desencadenado una cascada de respuestas e impactos en el ecosistema de CTI en muchos países (Figura 1.1). Esta sección explora la situación en los sectores públicos de investigación y la comunidad empresarial, destacando no solo el giro hacia la investigación y el asesoramiento científico relevantes, sino también la interrupción de las actividades de investigación y los impactos asimétricos sobre investigadores y empresas.

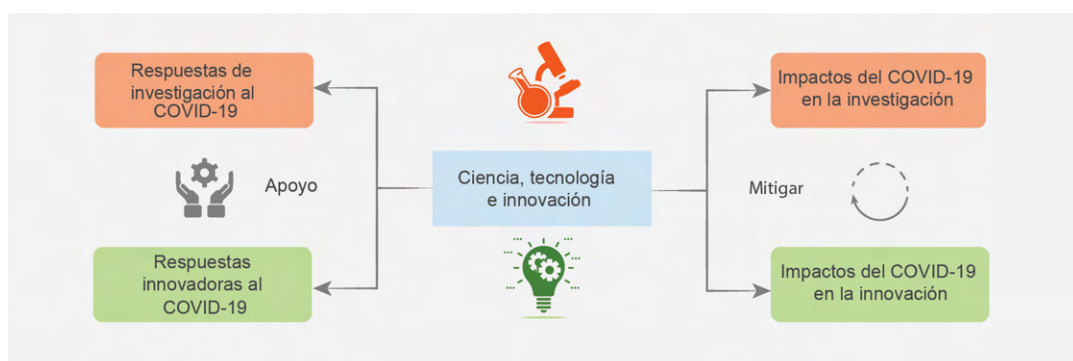


Figura 1.1: Las funciones de CTI en la crisis inmediata.

Respuestas e impactos de las organizaciones de investigación pública y de los investigadores

Actividades de investigación que responden al COVID-19

Implementación rápida de las investigaciones sobre las soluciones al COVID-19

Las universidades, los institutos públicos de investigación y las empresas farmacéuticas y de biotecnología, a veces en colaboración, han realizado I+D para desarrollar rápidamente nuevos tratamientos y vacunas para el COVID-19. Varios rastreadores proporcionan información en tiempo real sobre el desarrollo de vacunas, incluido el rastreador de vacunas contra el coronavirus del *New York Times*,² basado en datos de la Organización Mundial de la Salud (OMS). Ya a finales de mayo de 2020, se estaban considerando 131 candidatos a vacunas (10 en evaluación clínica). A principios de septiembre de 2020, el número había aumentado a 180 vacunas candidatas, 35 de las cuales estaban en evaluación clínica (WHO, 2020). A mediados de octubre de 2020, la base de datos del Instituto Nacional de Salud de los Estados Unidos mostraba que se habían realizado

o estaban todavía en curso más de 3,600 ensayos sobre COVID-19 en todo el mundo (NIH, 2020). La gran mayoría son ensayos clínicos de medicamentos para tratar el COVID-19, alrededor del 30 % de los cuales están registrados en los Estados Unidos (Capítulo 5). A medida que el 2020 llegaba a su fin, el lanzamiento de la vacuna había comenzado en un primer grupo de países, lo que brindaba una esperanza cautelosa de una salida a la crisis, aunque llegar a una masa crítica de personas aún llevará meses y años.

El compromiso activo de la comunidad científica también se refleja en la explosión de publicaciones científicas relacionadas con el virus. A mediados de abril de 2020, ya se habían publicado más de 3,500 artículos relacionados con el COVID-19 en revistas académicas médicas, una tasa más alta que en pandemias anteriores, según PubMed, un recurso gratuito que apoya la búsqueda y recuperación de publicaciones de ciencias biomédicas y biológicas del Centro Nacional de Información Biotecnológica del EE. UU. National Center for Biotechnology Information (Bryan, Lemus and Marshall, 2020). A fines de noviembre de 2020, los artículos relacionados con el COVID-19 en PubMed sumaban alrededor de 75,000 (el Capítulo 2 proporciona un desglose detallado de las publicaciones sobre el COVID-19). Otra evidencia de la participación masiva y rápida proviene de una encuesta internacional de investigadores en diferentes disciplinas realizada por Springer Nature y Digital Science del 24 de mayo al 18 de junio, que encontró que el 43 % de los 3,436 encuestados ya tenían o probablemente reutilizarían sus subvenciones para la investigación del COVID-19 (Baynes and Hahnel, 2020).

La Figura 1.2 mapea el país de origen de la investigación sobre el COVID-19 y muestra que los Estados Unidos y la República Popular de China (en adelante, China) se encuentran entre los dos principales contribuyentes a las publicaciones del COVID-19 en PubMed. También son el principal socio colaborador de cada uno (consulte el Capítulo 5). Otras investigaciones confirman este patrón, mostrando que Estados Unidos y China aumentaron sus niveles de colaboración después del brote (en comparación con la investigación sobre coronavirus realizada antes de la pandemia de COVID-19) (Fry *et al.*, 2020). Otros países con un alto compromiso en colaboraciones de investigación internacionales sobre COVID-19 incluyen el Reino Unido, Alemania, Francia, Italia, Australia, Canadá e India.

Provisión de asesoría científica a los responsables de la formulación de políticas y al público

Los países tienen diferentes sistemas permanentes para brindar asesoramiento científico a los responsables de la formulación de políticas, complementados con mecanismos *ad hoc* adicionales en tiempos de crisis. Si bien la mayoría

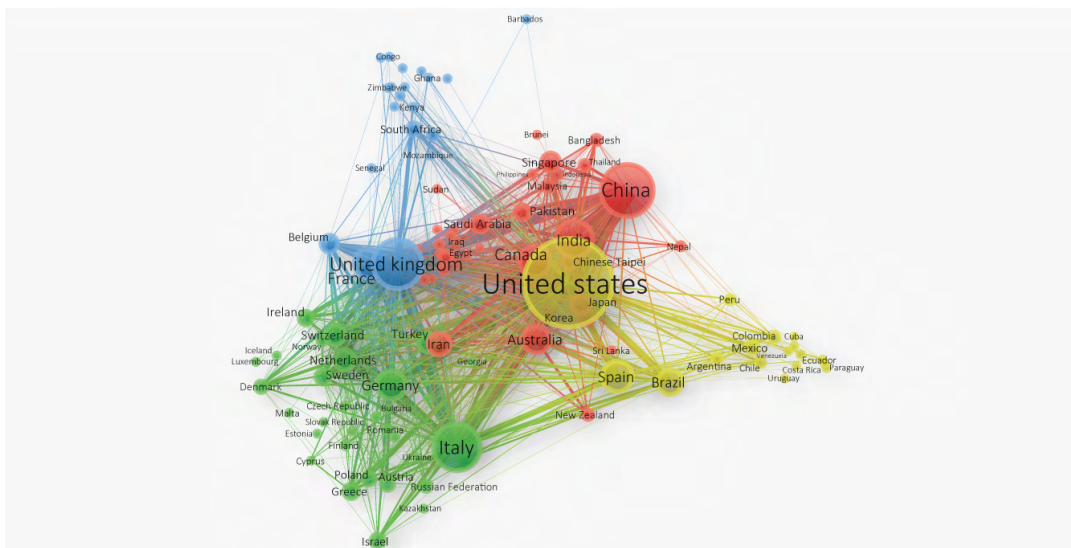


Figura 1.2: Colaboración científica internacional en materia de investigación biomédica sobre el COVID-19.

Cómputo total de enero al 30 de noviembre de 2020.

Nota: Se creó un mapa identificando cuatro grupos, también llamados comunidades, basado en datos bibliográficos de afiliación económica. Las economías se clasifican en dichos grupos según su interconexión. El color de un artículo está determinado por el grupo al que pertenece. Cuanto más alto es el peso de un artículo, más grande es la etiqueta y más grande el círculo del artículo. Las líneas entre los artículos representan enlaces. En general, cuanto más cerca están las dos economías entre sí, más estrecha es su relación. Los vínculos de copropiedad más fuertes entre las economías también están representados por líneas. Obsérvese que la asignación de territorio para estos indicadores se basa enteramente en la información de las nacionalidades comunicadas por los autores y los editores registrados en PubMed. Consulte <https://doi.org/10.1787/888934223099> para obtener información metodológica adicional.

Fuente: Cálculos de la OCDE y el OCTS-OEI, basados en los datos de los Institutos Nacionales de Salud de los Estados Unidos, <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/> (consultado el 30 de noviembre de 2020).

StatLink 2 <https://doi.org/10.1787/888934223099>

de los países de la OCDE se han basado en la experiencia nacional, muchas economías menos desarrolladas han dependido más de fuentes internacionales de asesoramiento, por ejemplo, de la OMS. A medida que la pandemia ha evolucionado, los requisitos de asesoramiento científico se han expandido a través de ministerios y escalas geográficas: local, nacional e internacional.

La evidencia científica que informa la respuesta política al COVID-19 sigue siendo incompleta y condicional; a medida que se recopilan más datos, la comprensión científica de COVID-19 cambia. Esta dinámica situación ha representado un desafío para la comunidad científica en un momento en el que los responsables políticos y el público han buscado seguridad y certidumbre.

El consenso científico sigue siendo difícil de lograr y, sin embargo, comunicar incertidumbres y puntos de vista alternativos puede socavar la confianza en el asesoramiento científico y las políticas relacionadas (véase el Capítulo 8).

En muchos países, los expertos científicos se han convertido en portavoces nacionales, de quienes se espera no solo que proporcionen evidencia científica, sino que también justifiquen las acciones políticas. En ocasiones, esto ha borrado la distinción entre asesor y responsable de la formulación de políticas. Con la segunda ola de infecciones por COVID-19, existe un intenso debate público sobre los datos científicos y la información que ayudan a determinar las políticas. La confianza es fundamental para garantizar el apoyo y el cumplimiento de las medidas políticas, como el uso obligatorio de cubrebocas y el distanciamiento social. A largo plazo, la confianza será importante para garantizar la solidaridad y un amplio apoyo público a las intervenciones para garantizar la recuperación socioeconómica.

El acceso abierto a artículos de revistas ha alcanzado niveles sin precedentes

Un cambio importante provocado por la pandemia ha sido la mayor rapidez con la que se han publicado los resultados de la investigación científica, destacando el papel de la ciencia abierta. Muchas revistas han acelerado sus procesos de revisión por pares para asegurar una rápida difusión. Basado en datos de 669 artículos publicados en 14 revistas médicas durante y antes de la pandemia actual, un estudio encuentra que el tiempo de publicación había disminuido en un 49 % en promedio, de 117 días a 60 días (Horbach, 2020). Las preimpresiones (es decir, artículos académicos que aún no han sido revisados por pares o publicados) se han vuelto más comunes en el campo de la investigación médica en cuestión de semanas. Las preimpresiones permiten una mayor velocidad de difusión (también a través de campos científicos) y alcanzan una gama más amplia de pares potenciales. Su rápida adopción también queda ilustrada por la alta proporción de documentos de acceso abierto publicados: el análisis de PubMed de la OCDE encuentra que la proporción de investigaciones de acceso abierto sobre COVID-19 fue del 76 % (comparado, por ejemplo, con el 43 % de diabetes y 40 % para publicaciones sobre demencia durante el mismo período (consulte el Capítulo 2).

Impactos de la crisis del COVID-19 sobre el sector público de investigación

Acceso limitado a las infraestructuras de la investigación y a las herramientas durante la cuarentena

Con la excepción de las actividades que abordan directamente la emergencia sanitaria del COVID-19 y otras consideradas esenciales para proteger al público, las actividades de investigación e innovación que requieren acceso físico a laboratorios y otras instalaciones de investigación, así como aquellas que involucran trabajo de campo o ensayos clínicos, se vieron fuertemente interrumpidas por medidas de bloqueo (World Bank, 2020). Esto incluyó actividades en las que las interrupciones obstaculizan gravemente la realización de la investigación (por ejemplo, experimentos a largo plazo donde la observación de la frecuencia temporal es fundamental) y aquellas que requieren supervisión continua para los requisitos reglamentarios, de seguridad o de salud (por ejemplo, el cuidado de especímenes vivos o la investigación que utiliza materiales peligrosos).³

Cuando se aplicaron restricciones de acceso, muchos investigadores cambiaron a actividades de investigación que se pueden realizar desde casa (Stenvot, 2020). Una encuesta de ResearchGate que utilizó datos de 3,000 investigadores internacionales en todos los campos académicos sugirió que casi la mitad de ellos reemplazó las actividades en el sitio con redacción, análisis, publicación y planificación más enfocados para futuras investigaciones durante la primera ola de la cuarentena. En ausencia de nuevos datos de investigación, algunos también dedicaron más tiempo a analizar conjuntos de datos más antiguos que no habían sido explorados previamente (Research Gate, 2020; Baynes and Hahnel, 2020). Otros donaron su tiempo y experiencia para combatir el coronavirus, reutilizando sus instalaciones y equipos para satisfacer las necesidades de COVID-19. Por ejemplo, el Instituto Francis Crick de Londres, un centro de investigación del cáncer, se ha convertido en parte en una instalación de pruebas de coronavirus (Viglione, 2020; Baker, 2020).

Los resultados de la Encuesta Science Flash Survey 2020⁴ de la OCDE hacen eco de estos hallazgos y más de las tres cuartas partes de los científicos indicaron que habían pasado a trabajar desde casa (Figura 1.3, Panel A). Más de la mitad experimentó o espera una disminución en el uso de materiales e instalaciones de investigación, y alrededor del 40 % una disminución en el tiempo disponible para la investigación. Más de la mitad también experimentó o espera una disminución en la financiación de la investigación (Figura 1.3, Panel B).

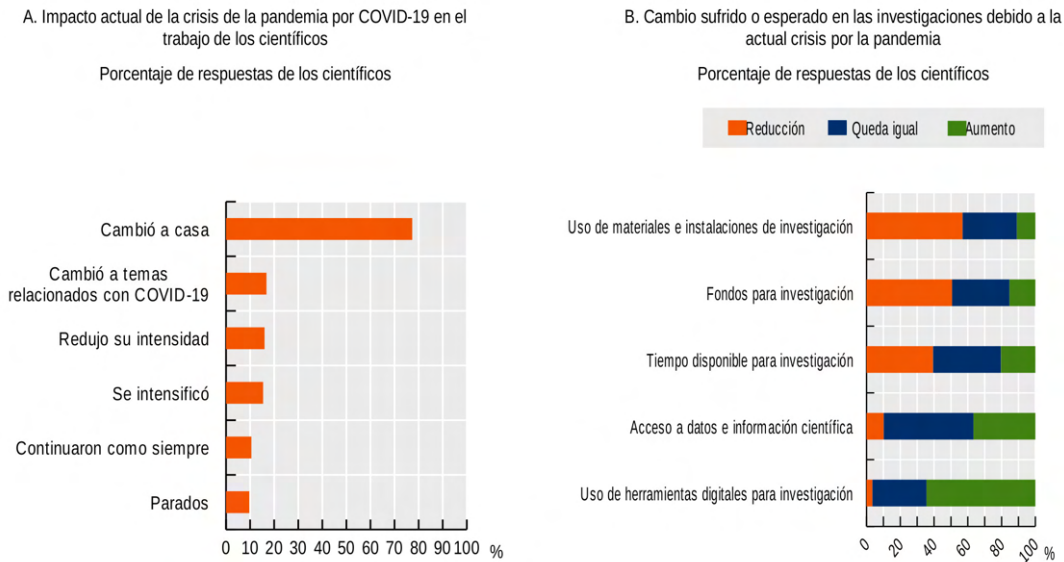


Figura 1.3: Impacto de la crisis del COVID-19 en el trabajo de los científicos.

Nota: El panel A muestra el porcentaje de respuestas de los científicos a la declaración: “En las últimas semanas y días, a medida que se intensificó la emergencia del COVID-19, su trabajo (i) se detuvo; (ii) continuó normalmente; (iii) se intensificó; (iv) se redujo en intensidad; (v) cambió hacia temas relacionados con COVID-19; y (vi) se desplazó a casa”. El panel B muestra el porcentaje de respuestas de los científicos a la pregunta: “Como resultado de la crisis actual, ¿ha experimentado personalmente o espera experimentar un cambio en (i) el uso de herramientas digitales para la investigación; (ii) el acceso a información y datos científicos; (iii) el tiempo disponible para investigación; (iv) el financiamiento para la investigación; y (v) en el uso de materiales e instalaciones de investigación?”

Fuente: OECD Science Flash Survey 2020, <https://oecdsciencesurveys.github.io/2020flashsciencecovid/> (consultado el 12 de octubre de 2020).
StatLink 2 <https://doi.org/10.1787/888934223118>

La “COVID-ización” de la investigación

Las medidas de bloqueo afectaron a las disciplinas científicas de manera desigual al desviar los esfuerzos de investigación hacia el COVID-19. Según las respuestas de 3,436 investigadores, una encuesta internacional realizada por Springer Nature y Digital Science del 24 de mayo al 18 de junio de 2020 encontró que las disciplinas más perturbadas, por ejemplo, debido a los cierres de laboratorios, fueron la química, la biología, la medicina y las ciencias de los materiales, mientras que las humanidades y las ciencias sociales reportaron el menor impacto (Baynes and Hahnel, 2020). Según las respuestas de casi 1,300 investigadores, la encuesta Science Flash de la OCDE, lanzada en abril de 2020, descubrió que la cuarentena tuvo la mayor interrupción en materia de inmunología y

microbiología, profesiones de la salud y productos farmacéuticos, mientras que las áreas de física y astronomía, y ciencias terrestres y planetarias, informaron la menor interrupción.

La otra cara de la participación generalizada de la comunidad de investigadores en el diseño de soluciones para COVID-19 es el riesgo de desviar los esfuerzos de investigación de temas no relacionados con COVID-19. El Instituto de Investigación del Cáncer, por ejemplo, registró 958 ensayos clínicos detenidos debido al COVID-19 de marzo a septiembre de 2020 (Cancer Research Institute, 2020) Esto se aplica al campo de la medicina, pero también a otros campos de la ciencia (ver Capítulo 2). Madhukar Pai, Director de los Programas de Salud Global de McGill, se refirió a esta amenaza como la “COVIDización” de la investigación, que está llevando a investigadores de todas las disciplinas a participar en tales actividades (Pai, 2020).

Disminución de los ingresos de la investigación y las cuotas académicas

Las universidades también enfrentan importantes desafíos financieros a corto plazo como resultado de la pandemia. Algunos estudiantes pueden aplazar o abandonar sus planes de participar en programas de educación superior en 2020/21 (Jaschik, 2020). Algunos también pueden abandonar o posponer sus planes de estudiar en el extranjero. En consecuencia, las universidades que dependen en gran medida de las cuotas académicas de los estudiantes, en particular aquellas con una proporción importante de estudiantes internacionales, sufrirán reducciones en los ingresos. Esto también podría tener un impacto en el gasto en investigación, ya que los ingresos por docencia a menudo subvencionan las actividades de investigación. Esto podría ir acompañado de reducciones en la financiación de la investigación (por ejemplo, ingresos de investigación por contrato de empresas) y otras actividades generadoras de ingresos, como alojamiento y conferencias.

Efecto de las medidas de la cuarentena en los investigadores y adopción exitosa de sustitutos digitales

Las severas restricciones a los viajes impuestas por las medidas de la cuarentena han interrumpido la movilidad de los recursos humanos en materia de CTI (por ejemplo, investigadores visitantes, intercambios de personal con la industria). Durante los primeros meses de la pandemia, se pospusieron o cancelaron muchos eventos científicos y conferencias, y aún prevalece la incertidumbre sobre cuándo se reanudarán por completo. Como sustitutos, algunas de estas conferencias y eventos (incluidas las grandes conferencias emblemáticas) se organizan cada

vez más de forma digital, a veces registrando una asistencia muy alta. Por ejemplo, la Sociedad Estadounidense de Física tuvo más de 7,000 participantes registrados para su reunión de abril de 2020 celebrada en línea, un número significativamente mayor que el promedio de 1,700 participantes que normalmente asistirían a la reunión en persona (Castelvecchi, 2020). Tal movimiento ha enfatizado las ventajas de las conferencias digitales, particularmente en términos de accesibilidad mejorada, llegar a audiencias más diversas, menores costos y reducción de la huella de carbono de los viajes. Sin embargo, los intercambios virtuales no son sustitutos perfectos de las conferencias en persona, que a menudo resultan en colaboraciones y relaciones de confianza a largo plazo, y también representan una oportunidad para que los investigadores en el inicio de su carrera encuentren trabajo y mejoren la visibilidad de su trabajo.

Impactos negativos en investigadores jóvenes y mujeres

Las limitaciones de los entornos virtuales han favorecido las conexiones continuas, pero no la creación de nuevas conexiones. También han desfavorecido a los principiantes, incluidos los investigadores en etapa inicial con contratos de duración determinada, que necesitan conectarse y compartir su trabajo. Más de la mitad de los científicos que habían respondido a la Science Flash Survey 2020 de la OCDE en octubre de 2020 esperaban que la crisis afectara negativamente su seguridad laboral y sus oportunidades profesionales (Figura 1.4, Panel A). Poner un pie en la puerta de la investigación de la industria también fue más difícil en la fase inicial del COVID-19. La evidencia de los Estados Unidos sugiere que las empresas recortaron significativamente los puestos para trabajos altamente calificados en marzo y abril de 2020 (Campello, Kankanhalli and Muthukrishnan, 2020). El impacto del COVID-19 ha ayudado en general a investigadores de renombre, pero ha desafiado a los investigadores de carrera temprana a posicionarse en el campo. La necesidad de soluciones rápidas y la capacidad de los eventos virtuales para atraer más “poder de las estrellas” han generado menos oportunidades para que los investigadores menos conocidos expresen sus puntos de vista, lo que ha culminado en un mayor dominio de los que han sido señalados como superestrellas en sus respectivas redes. (ver el Capítulo 2).

Las mujeres también se vieron particularmente afectadas, ya que dedicaron más tiempo al cuidado de niños y ancianos durante la cuarentena de la primera ola de COVID-19 (OECD, 2020; Minello, 2020). Un análisis de más de 300,000 preimpresiones e informes registrados encuentra que la producción de investigación de las mujeres disminuyó significativamente en marzo y abril de 2020 en comparación con los dos meses anteriores y los mismos dos meses de

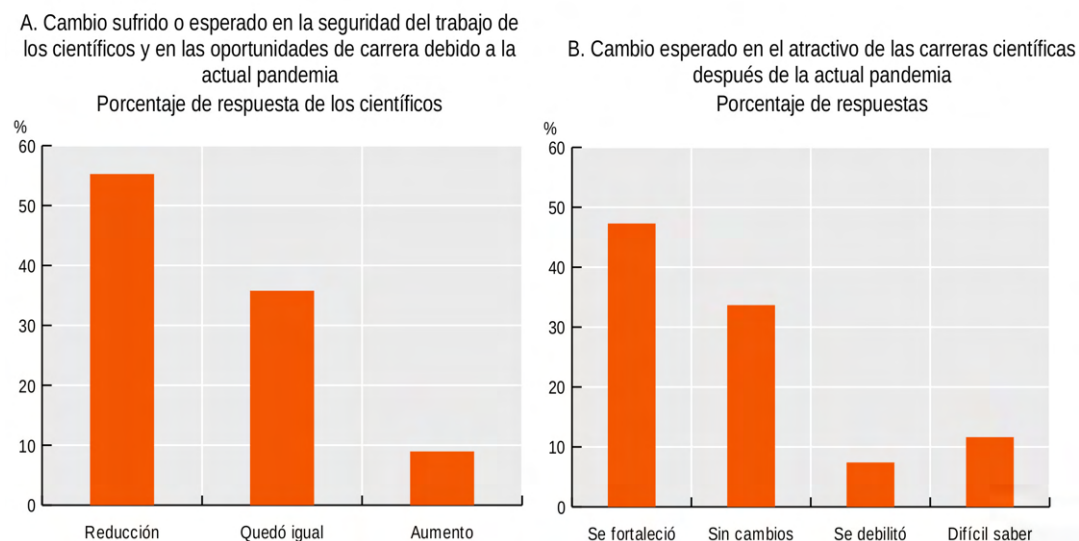


Figura 1.4: Expectativas de los científicos para una carrera investigadora a la luz de la crisis del COVID-19.

Nota: El panel A muestra el porcentaje de respuestas de los científicos a la pregunta: “Como resultado de la crisis actual, ¿ha experimentado personalmente o espera experimentar un cambio en su seguridad laboral y oportunidades profesionales?” El panel B muestra el porcentaje de todas las respuestas a la pregunta: “¿Cómo espera que el mundo de la ciencia salga de la crisis actual, en términos de atractivo de las carreras científicas?”.

Fuente: OECD Science Flash Survey 2020, <https://oecdsciencesurveys.github.io/2020flashsciececovid/> (consultado el 1 de octubre de 2020).

StatLink 2 <https://doi.org/10.1787/888934223137>

2019, con un impacto desproporcionado en los investigadores que inician su carrera (Vincent-Lamarre, Sugimoto and Larivière, 2020). Otro análisis basado en datos de publicación de documentos de trabajo encuentra que, aunque el COVID-19 ha estimulado la investigación en economía, la proporción promedio de investigadoras (particularmente en puestos de carrera temprana y media) que participan en investigaciones relacionadas con la pandemia es significativamente menor (12 % del número total de autores) que su participación promedio en otros temas (21 %). Sin embargo, el estudio también encuentra que las mujeres han continuado trabajando en su investigación en curso, lo que sugiere que han contribuido menos a la nueva literatura sobre la economía de las pandemias (Amano-Patiño *et al.*, 2020). A pesar de este panorama sombrío, los encuestados de la Science Flash Survey 2020 de la OCDE se mostraron más optimistas sobre el atractivo de las carreras científicas a largo plazo, y casi la mitad esperaba que aumentara (Figura 1.4, Panel B).

Movilizar la innovación empresarial

Actividades de innovación empresarial en respuesta al COVID-19

Aparte de la investigación realizada por la industria de la salud, a menudo en conexión con organizaciones públicas de investigación, la industria también se ha movido para responder a los desafíos del COVID-19. Una encuesta a profesionales de I+D y tomadores de decisiones en 247 empresas patentadoras mostró que cerca de una cuarta parte (23 %) de las empresas habían reutilizado sus innovaciones en los mercados, como los servicios de Internet, las comunicaciones, el saneamiento y los servicios sanitarios y hospitalarios, incluso si no se trataba de su industria principal (Kanesarajah and White, 2020). Un ejemplo ilustrativo del compromiso de la industria es el fuerte aumento de las solicitudes de patentes de la Oficina de Patentes y Marcas Registradas de los Estados Unidos (USPTO) sobre tecnologías que respaldan el trabajo desde casa (WFH) entre enero y mayo de 2020 (Bloom, Davis, and Zhestkova, 2020).

Otro fenómeno observado durante los primeros meses de la pandemia fue el rápido desarrollo de innovaciones frugales para remediar la escasez de suministro de equipos médicos y otros productos de emergencia (Harris *et al.*, 2020). A mediados de marzo de 2020, una nueva empresa italiana realizó ingeniería inversa de una versión impresa en 3D de una válvula de respiración y suministró 100 de ellas al hospital de Chiari en unos pocos días. Poco después, el equipo diseñó una mascarilla de ventilación de emergencia, modificando una máscara de snorkel que ya estaba disponible en el mercado del minorista francés de artículos deportivos Decathlon (Isinnova, 2020). Algunas empresas de los sectores de la automoción, la aviación o los bienes de consumo reutilizaron (parte de) sus líneas de producción para fabricar equipos médicos que se necesitaban con urgencia, como ventiladores y equipos de respiración, mascarillas, caretas protectoras y desinfectante de manos.

Las empresas de nueva creación académicas también desempeñaron un papel importante en la respuesta a las necesidades inmediatas planteadas por el desafío sanitario debido al COVID-19. Zentech,⁵ una empresa de biotecnología fundada en 2001 como un derivado de la Universidad de Lieja, desarrolló “QuickZen”, un kit de prueba de anticuerpos destinado a los profesionales de la salud. AdaptVac,⁶ una empresa conjunta entre ExpreS2ion Biotech y la filial NextGen de la Universidad de Copenhague, se centra actualmente en el desarrollo de una vacuna contra el COVID-19. En el sector de la tecnología, la empresa india Azimov Robotics⁷ ha desarrollado robots para atender a los pacientes con COVID-19 (por ejemplo, llevarles alimentos y medicamentos, realizar desinfecciones y permitir videollamadas entre el médico y el paciente).

Impacto de la crisis del COVID-19 en la investigación e innovación empresarial

Las empresas innovadoras se vieron afectadas por los bloqueos

Muchas empresas redujeron sus actividades de innovación en el punto álgido de la cuarentena. Según una encuesta de abril de 2020 de empresas innovadoras realizada por el Ministerio Federal de Economía y Energía de Alemania, que recibió 1,800 respuestas (86 % de pymes), el 54 % de las empresas había suspendido proyectos de investigación e innovación en curso y el 24 % estaba planificando poner fin a uno o más proyectos (BMW, 2020). Una encuesta internacional y las entrevistas posteriores de más de 200 ejecutivos de todas las industrias realizadas por McKinsey en abril de 2020 encontraron que el enfoque en la innovación como una prioridad comercial central había disminuido en la mayoría de las industrias, excepto en los sectores de suministros médicos y farmacéuticos, a medida que las empresas buscaban abordar los desafíos relacionados inmediatos del COVID-19 (McKinsey, 2020).

Las fuertes disminuciones de la demanda durante el período de bloqueo de la primera ola y la reducción del acceso a las infraestructuras de investigación afectaron la innovación. Como ocurre en otros lugares, las medidas de la cuarentena llevaron al cierre de la mayoría de las instalaciones de pruebas e innovación, laboratorios y parques científicos. Esto tuvo un impacto directo en la capacidad de muchas empresas para avanzar en su actividad de investigación, desarrollo de productos y comercialización planificada, como se establece en los planes comerciales y acuerdos con inversores. En términos más generales, las primeras estimaciones para el área de la OCDE sugirieron que en ausencia de la intervención del gobierno, el 30 % de las empresas se quedaría sin liquidez después de dos meses de confinamiento (OECD, 2020). Una encuesta de 414 empresas de tecnología realizada en Israel en mayo de 2020 encontró que el 54 % de las empresas (y el 65 % de las empresas con menos de diez empleados) no podrían mantener sus operaciones durante más de seis meses (Solomon, 2020).

El desempeño de la innovación persistió y se recuperó

La evidencia de los datos de patentes hasta la fecha sugiere impactos moderados y de corta duración de la primera ola de la pandemia. Al comparar las tendencias en las solicitudes de patentes del Tratado de Cooperación en materia de Patentes (PCT) entre noviembre de 2019 y junio de 2020 con el mismo período año tras año, los países de la OCDE experimentaron en promedio una desaceleración en las solicitudes de patentes después del brote de COVID-19. Sin

embargo, la pandemia en sí no ha tenido como resultado una ruptura dramática en las tendencias de patentes. En el caso de China, las solicitudes de patentes del PCT en marzo de 2020 incluso volvieron a los niveles registrados en marzo de 2019, y en la OCDE en su conjunto, la brecha con el año anterior parecía estar disminuyendo a partir de junio de 2020. En cambio, las reducciones en las actividades de innovación derivadas del COVID-19 pueden verse reflejadas en las solicitudes de patentes en los próximos meses o años. La evidencia de la crisis financiera de 2008-09 mostró este patrón en muchos países. Sin embargo, la demanda de innovaciones digitales puede producir diferentes tendencias para tales invenciones. Por ejemplo, el hallazgo de que las patentes en el trabajo en casa (WFH) en las solicitudes de patentes de la USPTO aumentaron al inicio de la primera ola de COVID-19 (Kanesarajah and White, 2020).

Impactos asimétricos de la crisis del COVID-19 en todos los sectores

La crisis del COVID-19 ha tenido efectos desiguales en todas las economías. Algunas empresas y sectores se han visto especialmente afectados, en particular aquellos caracterizados por niveles comparativamente más bajos de innovación. Dentro de los sectores de servicios, las industrias del turismo, los viajes y el ocio, así como las actividades que requieren contacto entre los consumidores y los proveedores de servicios (por ejemplo, peluqueros y minoristas), las empresas se vieron muy afectadas por las restricciones de movimiento y el distanciamiento social. En su mayoría, los mismos servicios se ven afectados directamente por las medidas de reclusión adoptadas para responder a la segunda ola de infecciones por COVID-19. Es probable que el impacto general en la I+D empresarial sea menor, ya que la inversión media en I+D de la empresa en estos sectores es baja. Sin embargo, también se vieron afectadas más actividades intensivas en I+D, incluidos los sectores manufactureros con cadenas de suministro mundiales largas (por ejemplo, automotriz y electrónica), ya que la demanda de bienes duraderos cayó momentáneamente. La demanda volvió a aumentar gradualmente a medida que se levantaron las medidas de bloqueo, excepto en aquellas industrias manufactureras que están directamente vinculadas a los sectores del turismo y el transporte.

Algunas empresas, particularmente en el sector digital (por ejemplo, servicios en la nube, videoconferencia y herramientas de colaboración digital, transmisión de video, compras en línea, aprendizaje en línea y telemedicina), están prosperando en este contexto y continúan innovando, con una mayor demanda de sus productos. La figura 1.5 muestra las inversiones correspondientes en I+D en el sector digital, así como en los sectores farmacéutico, en comparación con una reducción de los gastos entre las principales empresas de los sectores automotriz, aeroespacial y de defensa.

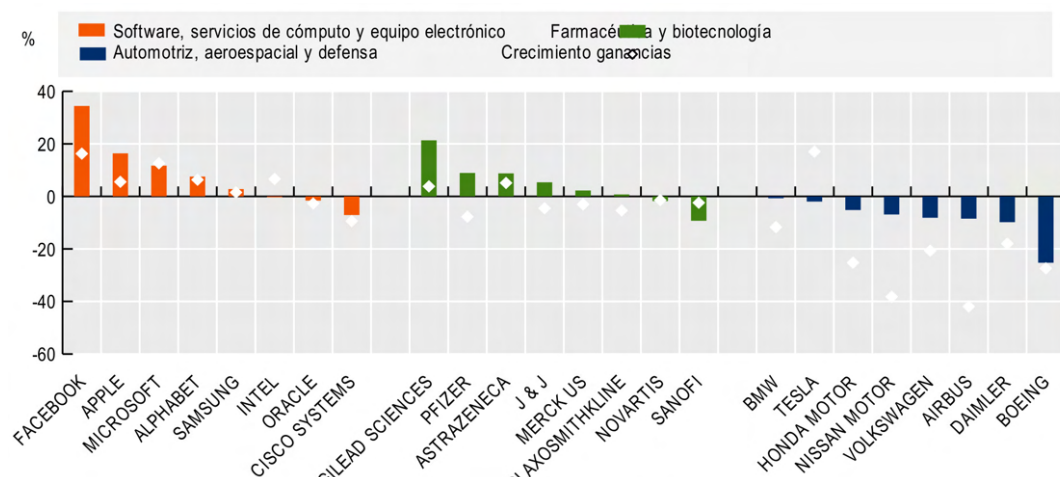


Figura 1.5: Figura 1.5. Crecimiento de ingresos y gastos de I+D reportado en empresas seleccionadas intensivas en I+D.

Variación porcentual de abril a septiembre de 2019 y de abril a septiembre de 2020.

Nota: Las tasas de crecimiento de I+D se expresan en términos nominales y se miden de abril y septiembre de 2019 y de abril a septiembre de 2020. Los datos se refieren al período de 6 meses desde principios de abril hasta finales de septiembre, excepto Cisco (de mayo a octubre) y Oracle (marzo a agosto). No es necesario que los informes de las empresas sobre gastos en I+D coincidan con los gastos en I+D que se recogen en las estadísticas oficiales de I+D compiladas según el Manual de Frascati. La información metodológica se puede encontrar en el StatLink a continuación.

Fuente: Cálculos de la OCDE basados en los informes financieros empresariales publicados trimestralmente, diciembre de 2020.

StatLink 2 <https://doi.org/10.1787/888934223156>

Creación de empresas durante la primera ola de COVID-19

Como es común en períodos de crisis, en el primer semestre de 2020 se observaron menores registros de nuevas empresas y un aumento de las quiebras en comparación con 2019 (Figura 1.6). Los registros comerciales disminuyeron en Alemania, Francia, Bélgica e Islandia, pero no en Noruega, Japón, Suecia y los Países Bajos, donde la creación de empresas fue mayor que durante el primer semestre de 2019.

La evidencia preliminar para los Estados Unidos muestra que el impacto inicial de la primera ola de COVID-19 fue de corta duración, con un rápido repunte y aumento en las aplicaciones comerciales (Dinlersoz *et al.*, forthcoming). La Oficina de Estadísticas Nacionales del Reino Unido también informó que el número de creaciones de empresas en el Reino Unido en el tercer trimestre de 2020 fue ligeramente mayor que durante el mismo período en 2019, luego de una pequeña caída en el segundo trimestre de 2020 (Office for National Statistics,

2020). Si bien este es un fenómeno positivo, es posible que solo sea temporal debido a las incertidumbres futuras. Además, parte de la creación de empresas puede provenir de personas afectadas por el desempleo que opten temporalmente por actividades empresariales privadas.

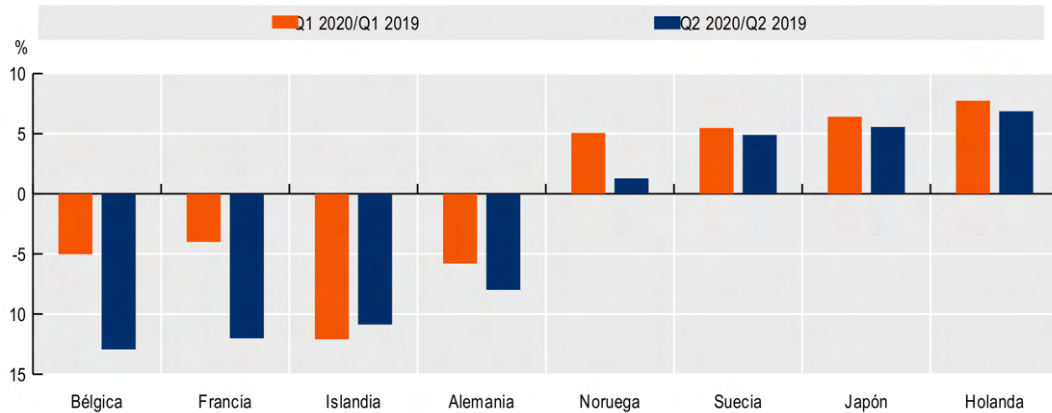


Figura 1.6: Tasa de crecimiento en la creación empresarial. Q1 2020/Q1 2019 y Q2 2020/Q2 2019 para una selección de países.

Nota: El concepto de “creación” de empresas reflejado en la serie de datos difiere entre países. La base de datos de indicadores oportunos del espíritu empresarial de la OCDE utiliza datos basados únicamente en definiciones nacionales. La creación de una empresa se refiere al surgimiento de una nueva unidad de producción. Esto puede deberse a un nacimiento real de la unidad o creaciones mediante fusiones, escisiones o mediante la reactivación de empresas inactivas.

Fuente: OCDE (2021), “Indicadores oportunos de emprendimiento”, Estadísticas estructurales y demográficas de empresas (base de datos). <https://doi.org/10.1787/b1bfd8c5-en> (consultado el 19 de octubre de 2020).

StatLink 2 <https://doi.org/10.1787/888934223175>

Financiación de capital riesgo para el emprendimiento innovador

La evidencia preliminar sugiere que el impacto del COVID-19 afectó la inversión en capital riesgo y capital ángel/semilla, una fuente clave de financiamiento para empresas emergentes innovadoras (OECD, 2020). Según los análisis de Ipsos MORI, el número de operaciones de capital riesgo a escala global disminuyó entre enero y agosto de 2020, alcanzando su nivel más bajo desde febrero de 2013 (Ipsos MORI, 2020). Una encuesta de 1,000 capitalistas de riesgo institucionales y corporativos, en su mayoría con sede en Estados Unidos, también encontró que desaceleraron su ritmo de inversión (71 % de lo normal) durante la primera mitad de 2020 (Gompers *et al.*, 2020). La evidencia de muchos países sugiere que las empresas en etapa inicial se vieron más afectadas por la disminución de

la inversión, incluso en China (Brown and Rocha, 2020), Irlanda (ICVA, 2020), el Reino Unido (Ipsos MORI, 2020) y los Estados Unidos (Howell *et al.*, 2020).

Sin embargo, el impacto agregado al capital riesgo fue mucho más débil que durante la crisis financiera de 2008-09, y la actividad de capital riesgo se recuperó relativamente rápido en julio de 2020. De hecho, el análisis de Ipsos MORI muestra que el valor de las operaciones ya había vuelto a niveles altos en esa fecha, aunque se basa en un menor número de grandes acuerdos (Ipsos MORI, 2020). El estudio de Gompers *et al.* (Gompers *et al.*, 2020) también señala que la desaceleración de las inversiones fue más modesta que durante el estallido de la burbuja “puntocom” de 2001-02 (donde las inversiones disminuyeron más del 50 %) y la crisis financiera mundial de 2008-09 (cuando las inversiones disminuyeron en un 30 %). Sin embargo, existen importantes asimetrías en el financiamiento, con más financiamiento asignado a firmas más grandes establecidas y empresas que operan en sectores que se beneficiaron de la pandemia de COVID-19. Este cambio en la distribución de la financiación de capital riesgo aún puede desafiar las futuras dinámicas de innovación en diferentes sectores y actores, especialmente en las empresas en etapa inicial.

1.3 MOVILIZAR POLÍTICAS EN MATERIA DE CTI PARA COMBATIR LA PANDEMIA DEL COVID-19

Respuestas de las políticas en materia de CTI a la pandemia del COVID-19

Los responsables de la formulación de políticas en materia de CTI intensificaron rápidamente sus respuestas a la pandemia del COVID-19, buscando tanto movilizar como proteger los sistemas de CTI. Los esfuerzos iniciales dirigieron los recursos a encontrar soluciones médicas (es decir, vacunas y tratamientos) y a apoyar a los actores de la innovación en la investigación y la industria afectados por el impacto de la pandemia. Para abordar los costos socioeconómicos de la crisis, los gobiernos invirtieron en CTI, incluso a través de iniciativas para impulsar los servicios digitales, mejorar la capacidad de las organizaciones públicas y privadas para utilizarlos en la educación y la industria, y abordar la propagación de información errónea. Los gobiernos también establecieron mecanismos de coordinación para asegurar respuestas eficientes de CTI y la implementación de medidas en diferentes niveles de gobierno (ver Capítulo 8). Por ejemplo, Irlanda estableció un Plan de Acción Nacional intergubernamental sobre COVID-19, y Sudáfrica estableció un Consejo de Comando Nacional. Los países han implementado una amplia gama de medidas. La Figura 1.7 ilustra

las medidas implementadas por el gobierno federal de Alemania de enero a septiembre de 2020.



Figura 1.7: Respuesta de la política de CTI a nivel federal de Alemania al COVID-19, enero a septiembre de 2020.

Fuente: OCDE (2020), STIP COVID-19 Consulte. (<https://stip.oecd.org/Covid.html>).

Aceleración de iniciativas de investigación

Los gobiernos, empresas y fundaciones han comprometido grandes cantidades de fondos para actividades de I+D destinadas a desarrollar vacunas, terapias y diagnósticos para COVID-19. En los Estados Unidos, solo los Institutos Nacionales de Salud (NIH) habían dedicado 1,800 millones de dólares estadounidenses a la investigación del COVID-19 en abril de 2020 (Lauer, 2020). La Comisión Europea había movilizado 1,000 millones de euros (es decir, 1,200 millones de dólares) en mayo de 2020 en el marco de horizonte 2020, el programa marco de la UE para la investigación y la innovación (European Union, 2020). Varios rastreadores de financiación de I+D proporcionan estimaciones actualizadas periódicamente de los montos totales de financiación asignados a los proyectos de I+D en materia de COVID-19. Según el rastreador desarrollado por

Policy Cures Research,⁸ un grupo de expertos en salud global, el gobierno, la industria y las organizaciones filantrópicas habían comprometido más de USD 9,100 millones al 18 de septiembre de 2020 para proyectos de I+D en materia de COVID-19. Casi el 60 % de dicha financiación se ha asignado a I+D sobre vacunas, y alrededor de la mitad de los fondos provienen de organizaciones ubicadas en los Estados Unidos (Policy Cures Research, 2020). El Rastreador de proyectos de investigación (Research Project Tracker)⁹ sobre el COVID-19, mantenido conjuntamente por la Colaboración de Investigación del Desarrollo del Reino Unido y la Colaboración de Investigación Global para la Preparación de Enfermedades Infecciosas, muestra un número notable de proyectos dedicados a estudiar las respuestas sociales a la crisis del COVID-19 (ver Capítulo 2). A septiembre de 2020, los datos de la recopilación de fondos de I + D relacionados con COVID-19 de la OCDE muestran inversiones públicas y filantrópicas totales en proyectos de I+D por valor de 6,600 millones de dólares (véase el Capítulo 2) (OECD, 2020).

Como se describe en el Capítulo 2, muchos gobiernos han acelerado las iniciativas competitivas de financiación de la investigación para apoyar el desarrollo de vacunas, diagnósticos y tratamientos de COVID-19. En marzo de 2020, la Agencia Nacional de Investigación de Francia lanzó una convocatoria Flash COVID-19¹⁰ por 3 millones de euros (pronto aumentaron a 14.5 millones de euros) que permite la evaluación, selección y financiación de propuestas de investigación en un corto período de tiempo. En algunos casos, el apoyo se canaliza a través de los mecanismos de financiación existentes para acelerar las respuestas. En Canadá, una de las medidas del plan Mobilize Industry¹¹ es reenfocar los programas industriales y de innovación existentes (por ejemplo, el Fondo de Innovación Estratégica y los Superclusters de Innovación) en la lucha contra el COVID-19. Algunas convocatorias gubernamentales también alientan a los beneficiarios de subvenciones existentes a reutilizar sus actividades de investigación e innovación. El programa de subvenciones de Investigación e Innovación del Reino Unido (UKRI) para ideas relacionadas con el COVID-19¹² invita a los investigadores que poseen subvenciones estándar de UKRI existentes a cambiar la financiación a áreas prioritarias de COVID-19 (UKRI, 2020)

Los gobiernos también han invertido en mejorar la visibilidad de las oportunidades de financiación de la investigación, a menudo mediante la creación de plataformas en línea que enumeran toda la información relevante sobre las actividades de CTI relacionadas con el COVID-19, como la plataforma corona del Espacio Europeo de Investigación (ERA) de la Comisión Europea¹³ y el portal Science 4 de Portugal del COVID-19¹⁴ (OECD, 2020).

Acelerando la innovación para responder al COVID-19

La mayoría de los países también han implementado medidas para estimular respuestas rápidas e innovadoras a la amplia gama de desafíos planteados por el COVID-19, desde prevenir la transmisión del virus hasta producir suministros esenciales, combatir la información errónea y manejar los efectos de la cuarentena. Los enfoques de los países incluyen:

- **Lanzamiento de competiciones abiertas aceleradas.** Estas buscan estimular el pensamiento innovador apuntando a las aportaciones de todas las partes de los sistemas de CTI, incluidas las empresas, los equipos de investigación y los inventores individuales. La Llamada de Respuesta Rápida al COVID-19 de Irlanda y la competencia acelerada del Reino Unido por la innovación impulsada por las empresas en respuesta a la disrupción global son bastante abiertas y piden a los solicitantes que demuestren la relevancia del desafío relacionado con el COVID-19 que abordan con sus innovaciones.
- **Organizar o apoyar hackatones virtuales.** Los hackatones suelen ser eventos de 24 a 48 horas durante los cuales los participantes reciben datos que deben usar para crear un producto innovador. Los ganadores son compensados con fondos para desarrollar y escalar sus ideas. A finales de abril de 2020, más de 30,000 participantes de toda la Unión Europea se unieron al hackatón EUvsVirus organizado por la Comisión Europea y el Consejo Europeo de Innovación para abordar alrededor de 20 desafíos relacionados con COVID-19. Se presentaron más de 2,100 soluciones en diferentes categorías de desafíos, con las mayores contribuciones en salud y vida (898), continuidad empresarial (381), trabajo y educación a distancia (270), cohesión social y política (452) y finanzas digitales (75). Se identificaron un total de 117 soluciones innovadoras, incluido un sistema de monitorización de pacientes altamente escalable que minimiza la necesidad de contacto físico entre enfermeras y pacientes (European Commission, 2020). Los ganadores fueron invitados a un “Matchathon” (y un Demo Day) en mayo de 2020 para ayudar a los equipos ganadores a coincidir con corporaciones, inversores y aceleradores de todo el mundo para poner en producción sus soluciones innovadoras. Este ejercicio de emparejamiento generó más de 2,000 nuevas asociaciones (European Commission, 2020).
- **Promoción de colaboraciones de investigación.** Los gobiernos también están lanzando iniciativas para fomentar la colaboración en investigación e innovación. En Canadá, por ejemplo, el programa Desafío de Respuesta a Pandemias del Consejo Nacional de Investigación¹⁵ tiene como

objetivo movilizar a investigadores canadienses e internacionales de universidades, empresas y gobiernos para trabajar juntos en desafíos específicos en materia de COVID-19 identificados por expertos en salud canadienses (Government of Canada, 2020).

- **Apoyar el intercambio de datos y conocimientos.** Se han lanzado iniciativas de intercambio de datos para compartir datos epidemiológicos, clínicos y genómicos, así como estudios relacionados (ver Capítulo 5). También se están compartiendo los protocolos y estándares utilizados para recopilar datos. El Conjunto de Datos de Investigación Abierta de COVID-19 (CORD-19), (CORD-19),¹⁶ creado por el Instituto Allen de inteligencia artificial (IA) en colaboración con el gobierno de los EE. UU. y varias empresas, fundaciones y editoriales, contiene¹⁷ más de 200,000 artículos académicos legibles por máquina sobre COVID-19 y coronavirus relacionados (incluidos más de 100,000 con texto completo), y sirve como base para aplicar técnicas de aprendizaje automático para generar nuevos conocimientos para la investigación del COVID-19. Otras iniciativas incluyen repositorios de datos del genoma (p. Ej., Nextstrain¹⁸ y GISAID),¹⁹ datos de estructura química (por ejemplo, Conjunto de datos CAS COVID-19 sobre compuestos candidatos a antivirales),²⁰ estudios clínicos (p. Ej., ClinicalTrials.org) y datos para la investigación de modelos (e.g. MIDAS).²¹
- **Introducir flexibilidades regulatorias donde sea necesario** para asegurar respuestas rápidas mientras se mantienen las salvaguardas. En el contexto de emergencia de COVID-19, se introdujeron flexibilidades regulatorias cuando fue posible. En Australia, la Administración de Productos Terapéuticos, parte del Departamento de Salud, ha priorizado la evaluación regulatoria de las aplicaciones de productos terapéuticos relacionados con el COVID-19. En el Reino Unido, la Agencia Reguladora de Medicamentos y Productos Sanitarios publicó un paquete de flexibilidades regulatorias para respaldar la respuesta sanitaria al COVID-19, incluso a través de asesoramiento científico acelerado y revisiones rápidas de aplicaciones de ensayos clínicos e investigaciones clínicas aceleradas de dispositivos médicos.²²
- **Se han lanzado iniciativas para facilitar el acceso a las infraestructuras de investigación**, como laboratorios, bases de datos y herramientas, para ayudar a los investigadores a acelerar sus actividades (ver Capítulo 2). Por ejemplo, el Consorcio de Cómputo de Alto Rendimiento público-privado para el COVID-19 en los Estados Unidos proporciona a

los investigadores de COVID-19 de todo el mundo acceso a la informática de alto rendimiento,²³ mientras que la Infraestructura Europea de Investigación sobre Agentes Altamente Patógenos ofrece acceso a capacidades de investigación in vitro y en vivo a los investigadores que realizan estudios sobre COVID-19.²⁴

- **Establecer sistemas de incentivos para los derechos de propiedad intelectual (DPI) para abordar la pandemia de COVID-19.** En mayo de 2020, la USPTO lanzó un programa piloto de examen prioritario de COVID-19 para acelerar el examen de las solicitudes de patente relacionadas con COVID-19 presentadas por pequeñas y microempresas, sin cobrar tarifas adicionales (USPTO, 2020). Un debate en curso con respecto a la búsqueda de soluciones para el COVID-19 es cómo aprovechar los incentivos de los DPI para desarrollar soluciones sin restringir el acceso a esas soluciones.

Soporte para sistemas de CTI para resistir el impacto de la pandemia

Además de la acción política en materia de CTI para respaldar la investigación y la innovación a medida que responde a los desafíos del COVID-19, la respuesta política de CTI inmediata se ha centrado en mantener a flote las empresas innovadoras y ayudar a los investigadores y las organizaciones públicas de investigación a adaptarse rápidamente al nuevo contexto. Estas medidas a menudo forman parte de paquetes de estímulo más amplios diseñados para impulsar la economía (por ejemplo, la Ley de Ayuda, Alivio y Seguridad Económica por el Coronavirus (CARES) en los Estados Unidos),²⁵ que también refuerzan directa o indirectamente a los actores de CTI. En comparación con la crisis financiera de 2008-09, la escala y la velocidad del apoyo fiscal proporcionado por muchos países durante la crisis del COVID-19 ha sido excepcional (IMF, 2020). Sin embargo, es importante señalar que los países de ingresos medianos y bajos tienen una capacidad financiera mucho más limitada para brindar ese apoyo, y es probable que algunos países necesiten asistencia internacional para capear las crisis que enfrentan.

Las medidas políticas inmediatas para abordar los impactos negativos del COVID-19 en la CTI incluyen las siguientes:²⁶

- **Monitorear de cerca los impactos de la crisis en diferentes actores de CTI.** Por ejemplo, Israel está realizando encuestas mensuales y ha organizado mesas redondas con las partes interesadas esenciales para obtener una imagen completa de los principales desafíos que enfrentan las empresas innovadoras y cómo estos están evolucionando con el tiempo.

- **Introducir flexibilidades para los beneficiarios actuales de los programas de investigación e innovación.** La mayoría de los organismos de financiación de la investigación han introducido flexibilidades y han pospuesto los plazos de presentación de solicitudes.
- **Apoyar a los institutos de educación superior y a los investigadores,** incluidos los investigadores que inician su carrera, a medida que se enfrentan a desafíos a corto plazo. Las medidas han incluido ayudar a las instituciones de educación superior a proporcionar al personal académico herramientas y capacitación para llevar a cabo de manera efectiva sus actividades docentes en línea. Varias medidas tienen como objetivo apoyar a los estudiantes de doctorado: por ejemplo, la UKRI ofrece extensiones de subvención de hasta seis meses a los estudiantes de doctorado financiados en su último año cuyos estudios se hayan visto interrumpidos por la pandemia (ver Capítulo 3). En Alemania, el programa Erasmus+ y los proveedores de becas alemanas han revisado de manera flexible sus condiciones para estudiantes nacionales e internacionales.
- **Apoyar a los institutos de investigación y educación superior para proteger los trabajos de investigación y los proyectos de investigación afectados por la pandemia.** Dada la pérdida de ingresos esperada por una disminución en los estudiantes internacionales, el Reino Unido ha lanzado un plan de 280 millones de libras esterlinas (361 millones de dólares estadounidenses) que otorga préstamos a bajo interés a las universidades para cubrir los salarios de los investigadores y otros costos, como equipos de laboratorio y trabajo de campo, y para financiar proyectos de I+D en curso.²⁷
- **Facilitar el acceso a la financiación a emprendedores y empresas innovadoras.** Este apoyo puede adoptar diferentes formas, como préstamos, subvenciones y anticipos reembolsables. Francia puso en marcha un Plan de Ayuda para la Puesta en Marcha de Emergencia de 4,000 millones de euros (4,750 millones de dólares estadounidenses), que proporciona préstamos de flujo de caja garantizados por el estado; anticipos en efectivo a través del reembolso acelerado de reclamaciones de impuestos corporativos que son reembolsables en 2020 (incluido el crédito fiscal por I+D de 2019); y pagos anticipados de subvenciones a la innovación en el marco de las Inversiones para el Programa Futuro.²⁸
- **Ayudar a las empresas,** en particular a las pymes y las compañías incipientes, a adaptarse al contexto del COVID-19. Enterprise Ireland proporciona Vales de Continuidad Empresarial Austeros de hasta 2,500

euros (3,200 dólares estadounidenses) a las empresas para que puedan adquirir formación o asesoramiento sobre cómo seguir operando sus negocios durante la pandemia.

- **Utilizar herramientas digitales para diseñar e implementar políticas de investigación e innovación.** Estas herramientas promueven una toma de decisiones más rápida y eficaz, basada en pruebas más sólidas. El Ministerio de Universidades e Investigación de Italia lanzó una actividad de mapeo para recopilar información sobre todos los proyectos de investigación en curso y planificados sobre COVID-19, con el objetivo de reducir la fragmentación y prevenir duplicaciones innecesarias.

1.4 INCERTIDUMBRES CLAVE, PUNTOS CRÍTICOS DE PIVOTE Y SUS IMPLICACIONES PARA LOS SISTEMAS DE CTI Y LAS OPCIONES DE POLÍTICAS

La respuesta a la pandemia plantea varios problemas clave en los que los desarrollos futuros son muy inciertos. La Figura 1.8 expone los temas clave relacionados con las organizaciones públicas de investigación y los investigadores, mientras que la Figura 1.9 hace lo mismo con los temas clave relacionados con la investigación e innovación empresarial. Además de estos problemas específicos del dominio, existen “incertidumbres clave” más amplias, por ejemplo, relacionados con la dinámica social y económica, el cambio tecnológico y las relaciones internacionales, que darán forma a las actividades y políticas de CTI en los próximos meses y años. “Ampliar” es esencial cuando se piensa estratégicamente sobre los desarrollos futuros, ya que los cambios que emanan de fuera del propio campo de especialización a menudo pueden ser la mayor fuente de sorpresa y disrupción. Los efectos de un cambio disruptivo como en el caso del COVID-19 se sentirán por todas partes. Muchos impactos en otros sectores se extenderán y caerán en cascada a través de los paisajes de CTI, con implicaciones para las políticas de CTI. Algunas de estas incertidumbres clave más amplias son particularmente agudas en el contexto de la pandemia y los actuales “puntos de pivote críticos”, donde los desarrollos futuros podrían ir en direcciones radicalmente diferentes. Mapear estos puntos de pivote y esbozar visiones plausibles, pero suficientemente divergentes del futuro que capturen una amplia gama de posibles desarrollos futuros, puede hacer que las políticas en materia de CTI sea más ágil y resistente.

Esta sección ofrece un marco estilizado para monitorear sistemáticamente la evolución de la crisis y sus impactos desde una perspectiva de las políticas de CTI (Figura 1.10). Dado el rápido ritmo de cambio durante la crisis, puede resultar útil proporcionar un marco de este tipo, en lugar de un conjunto de

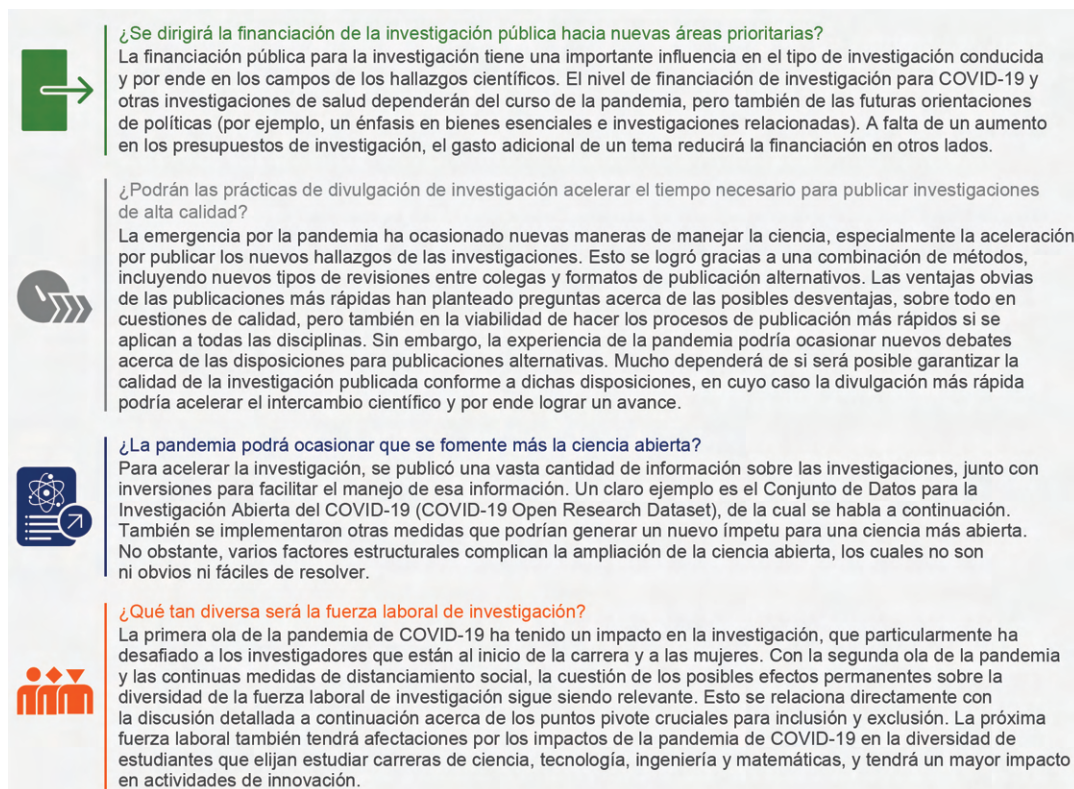


Figura 1.8: Temas clave emergentes para los investigadores y las organizaciones públicas de investigación.

pronósticos *ad hoc*. Cuando se combina con un seguimiento regular mediante indicadores, puede funcionar como un sistema de alerta temprana que alerta a los responsables de formular las políticas (y a otros) sobre posibles desarrollos futuros. También permite a los responsables de la toma de decisiones estar atentos a las vías y los resultados alternativos que podrían perseguir o desear evitar. De hecho, el curso de la incertidumbre está determinado por las decisiones sobre la dirección que se debe tomar para evitar algunas decisiones obviamente malas y perseguir otras más prometedoras.

El marco tiene cuatro elementos principales:

1. **Incertidumbres clave:** el primer paso es comenzar con un conjunto limitado de incertidumbres clave de alto nivel relacionadas con la crisis pandémica que se espera que tengan implicaciones significativas, incluso para la CTI y las políticas en materia de CTI, como se muestra en la Figura 1.10. La forma en que se desenvuelven estas incertidumbres clave puede verse influida por la CTI y las políticas en materia de CTI, pero también de alguna manera por factores exógenos. Otras incertidumbres clave podrían

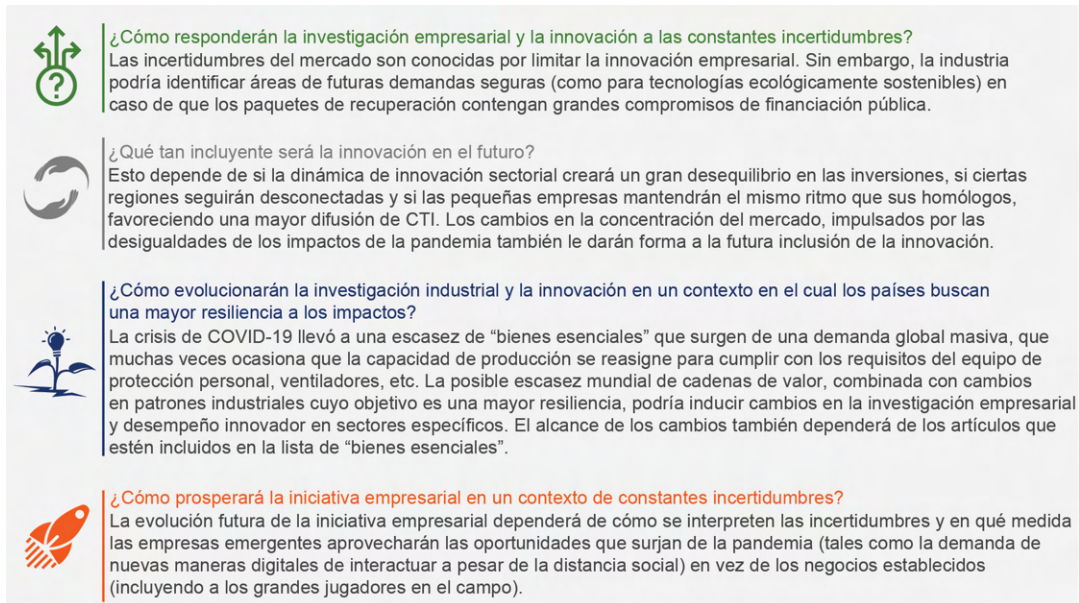


Figura 1.9: Temas clave emergentes para el futuro de la investigación y la innovación empresarial.

agregarse más adelante a medida que los usuarios implementen el marco. En la versión siguiente, se presentan otras crisis y desafíos, como la emergencia climática, como parte de los paquetes de recuperación y estabilidad económica, pero podrían incluirse como elementos independientes.

2. **Puntos de pivote críticos:** la mayoría de las incertidumbres clave cubiertas aquí comprenden puntos de pivote críticos, que se refieren a aspectos de incertidumbre en los que quedan abiertas vías de desarrollo radicalmente diferentes. Por el momento, cada punto de pivote crítico tiene solo dos "mini escenarios" opuestos, generalmente de unas pocas oraciones de longitud, para transmitir la idea principal. Se podrían desarrollar más mini escenarios para cada punto de pivote crítico en un ejercicio más completo.
3. **Implicaciones para la CTI:** este elemento presenta muy brevemente algunas de las implicaciones de los mini escenarios opuestos de los puntos de pivote críticos para la CTI y las políticas en materia de CTI. Estos se lanzan a un alto nivel y son algo especulativos, como es típico de tales ejercicios. Desarrollar aún más estas implicaciones sería una parte importante de un proceso más amplio y deliberativo.

4. **Seguimiento de la evolución:** si el marco se va a utilizar para realizar un seguimiento de la evolución emergente, debe identificar “indicadores líder” al nivel de la incertidumbre clave en sí, pero también cubriendo los efectos más específicos sobre la CTI. En la medida de lo posible, estos indicadores también deberían ser cuantitativos, pero también podrían ser cualitativos (por ejemplo, noticias sobre los impactos de la crisis en las empresas o sus actividades y anuncios de nuevas políticas), señalando las direcciones del desarrollo futuro. Dados los tiempos de espera tanto en la aparición de efectos como en su medición, las predicciones inmediatas y las previsiones a corto plazo serían útiles, aunque no están especialmente bien desarrolladas en el campo de las políticas en materia de CTI. Por otro lado, las actividades relacionadas con la CTI tienden a reaccionar con lentitud, particularmente en el lado de la investigación e innovación públicas, donde los compromisos a largo plazo, los costos irrecuperables y los bloqueos son comunes. La siguiente sección analiza brevemente algunas de las opciones de indicadores. Incluye gráficos de indicadores líder cuantitativos para algunas incertidumbres clave, tanto para llamar la atención sobre fenómenos particulares como para demostrar el marco en acción.

Las siguientes secciones exploran seis incertidumbres clave, como se muestra en la Figura 1.10. La primera incertidumbre clave es la evolución de la pandemia. Se describen dos escenarios principales; aquí se presentan más como un telón de fondo de otras incertidumbres clave, y no se exploran sus implicaciones para las políticas de CTI. Las siguientes cuatro incertidumbres clave (sobre las preferencias de la sociedad, el ritmo y la dirección de la digitalización, la inclusión y las relaciones globales) y sus puntos de pivote críticos se establecen en tablas que también describen brevemente las implicaciones para la CTI y sugieren posibles indicadores principales para realizar un seguimiento de los desarrollos futuros. Los cuadros van acompañados de una introducción de las cuestiones en juego y sus implicaciones para la CTI, seguidas de un breve resumen de los acontecimientos hasta la fecha. La incertidumbre clave final, sobre la orientación futura de las políticas de CTI, se trata de manera diferente a las demás, en un estilo más discursivo, ya que es más endógena al campo de la CTI y una preocupación central de muchos responsables de políticas de CTI. Incluso en este caso, sigue habiendo una incertidumbre considerable sobre el alcance del futuro apoyo gubernamental para la CTI dado el empeoramiento de las condiciones económicas y el grado en que el apoyo gubernamental se dirigirá a los desafíos, como la “transición verde” que se resume en varios paquetes de recuperación nacional (OECD, 2020).

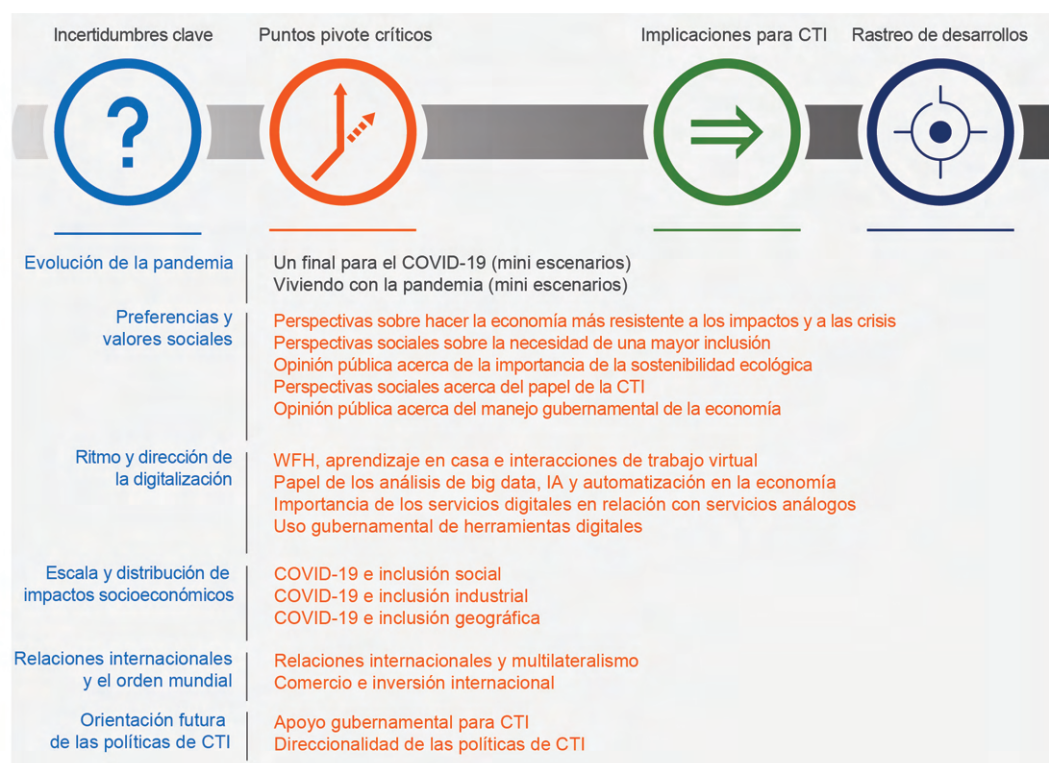


Figura 1.10: Marco para considerar las incertidumbres clave en torno al COVID-19 y los puntos de pivote críticos, con implicaciones para la CTI.

Es probable que este marco evolucione a medida que se utilice y se desarrolle la crisis. Por lo tanto, esta primera versión es muy provisional, sujeta a un mayor desarrollo mediante la adopción y el uso. Los formuladores de políticas y las partes interesadas del sistema de CTI podrían utilizar el marco para participar en un ejercicio que proporcione una perspectiva internacional sobre las incertidumbres clave y los puntos de pivote críticos, mapeando su evolución para complementar los esfuerzos nacionales. Estos elementos también podrían ser bloques de construcción para desarrollar escenarios exploratorios de futuros sistemas de CTI, lo que ayudaría a los gobiernos a evaluar sistemáticamente una amplia gama de opciones de políticas para dar forma al estado futuro y la dinámica de los paisajes de CTI.²⁹

La incierta evolución de la pandemia de COVID-19

El curso de la pandemia de COVID-19 sigue siendo desconocido, incluso con la aprobación regulatoria de las primeras vacunas. Los gobiernos están abordando la “segunda ola” de la pandemia mediante medidas de contención que pesan

sobre las actividades socioeconómicas, incluido el cierre forzoso de restaurantes y bares, la emisión de advertencias y restricciones de viajes y medidas de cierre de diversa gravedad. La incertidumbre sobre la propagación del virus, la duración potencial y la forma de las restricciones, y la posibilidad de nuevas restricciones en el futuro, han impedido un regreso completo a las actividades anteriores a la crisis, particularmente aquellas que involucran interacciones sociales y viajes.

Esta incertidumbre ha tenido un impacto negativo en el optimismo social y económico, a pesar del desempeño relativamente bueno de la CTI en varias dimensiones durante los primeros meses de la pandemia, y la recuperación constante del comercio y la actividad económica a medida que se reanudó la demanda. Los paquetes de estímulos masivos implementados en el mundo desarrollado han reducido aún más los impactos sustantivos, al menos en el período inicial.

Si las vacunas o tratamientos efectivos eliminarán la amenaza del COVID-19 (lo que significa “el fin del COVID-19”), o si el virus seguirá siendo una amenaza en los próximos años (“vivir con la pandemia”), son posibles varios cambios en la vida futura social y económica. (Scudellari, 2020). A continuación, se definen dos brevemente:

- Una solución rápida que ponga fin al COVID-19, ya sea a través de vacunas y/o tratamientos efectivos, podría significar un regreso más o menos a la normalidad. Las prácticas que surgieron por necesidad durante la pandemia, como el trabajo en casa, viajes de negocios limitados o nulos y el uso de servicios de salud y educación en línea, se revertirían en gran medida. Sin embargo, las experiencias exitosas con algunas de estas prácticas pueden llevar a su continuación, incluso después de que haya pasado la crisis pandémica. Además, una pandemia de menor duración ofrecería una recuperación económica más rápida. La industria y los gobiernos tendrían los medios para realizar las inversiones necesarias para mejorar las tecnologías que permitan que estas prácticas prosperen. También podrían tomar medidas para prepararse contra futuros impactos y perturbaciones, incluidos las que probablemente surgirán de la emergencia climática.
- Vivir con la pandemia podría conducir a cambios forzosos a largo plazo. También puede resultar en un retorno a las prácticas anteriores, a pesar de los riesgos de la pandemia en curso, debido a los enormes costos económicos y la menor aceptación pública de las medidas de contención. En el contexto de la segunda ola de la pandemia, muchos gobiernos están intentando implementar un distanciamiento social eficiente para reducir los casos de COVID-19 al tiempo que reducen el daño económico tanto como sea posible. Si “vivir con la pandemia” resulta en un período prolongado de recesión

económica, esto afectaría las inversiones en transiciones de sostenibilidad socio-técnica.

No es nada fácil determinar lo que escenarios como estos podrían significar para las actividades de CTI. En la siguiente sección se analizan varias incertidumbres clave relacionadas con la pandemia y los puntos de pivote críticos que plantean para la economía mundial, así como sus implicaciones e importancia para la CTI.

Incertidumbres clave y puntos de pivote críticos presentados por el COVID-19

Preferencias y valores sociales

Los temas en juego y sus implicaciones para la CTI

La pandemia del COVID-19 y las medidas de cierre resultantes, que llevaron en abril de 2020 al confinamiento en sus hogares de más de 3,900 millones de personas, han afectado la vida de la mayor parte de la población mundial. En tal contexto, las preferencias sociales y su traducción en futuras prioridades políticas pueden cambiar. Por ejemplo, la experiencia de la acción colectiva durante la crisis podría impulsar nuevas formas de solidaridad, mientras que las narrativas colectivas sobre la crisis del COVID-19 podrían poner en primer plano el vínculo entre la sostenibilidad ambiental y la resiliencia social, lo que llevaría a las sociedades a buscar un mayor equilibrio en las prioridades ambientales, económicas y sociales (OECD, 2020). Al mismo tiempo, la opinión pública y los puntos de vista de la sociedad están lejos de ser monolíticos en las sociedades democráticas. Hay una variedad de opiniones, valores e intereses en juego, que a menudo compiten pero también se complementan entre sí. Los últimos años han visto una mayor polarización de las sociedades en muchos países de la OCDE, a veces manifestada como “guerras culturales” o conflictos intergeneracionales, que han sido impulsados en parte por las crecientes desigualdades y el surgimiento de políticas de identidad y partidos políticos “populistas”.

La opinión pública y las preferencias de la sociedad están determinadas por numerosos factores que son en gran medida imposibles de desenredar, aunque esto no los hace menos importantes como influencias en las políticas públicas. La gestión de la pandemia del COVID-19 (por ejemplo, las restricciones implementadas y su eficacia para controlar la propagación del virus, y la comunicación de asesoramiento científico al público), así como los impactos socioeconómicos de la crisis (por ejemplo, el nivel de dependencia de la economía en sectores que en gran medida no se vieron afectados por la crisis y los impactos en la

inclusión) probablemente tengan implicaciones sobre cómo las sociedades ven la intervención del gobierno en general, los roles de la ciencia en la sociedad y la necesidad de una mayor atención a la sostenibilidad, la inclusión y la resiliencia. La Tabla 1.1 describe varios puntos críticos relacionados con los impactos del COVID-19 en las preferencias sociales y las posibles implicaciones para la CTI.

Tabla 1.1: Puntos de pivote críticos en las preferencias y valores sociales

Impactos de la crisis del COVID-19: puntos de pivote críticos
<p>Perspectivas para hacer que la economía sea más resistente a los impactos y más resistente a las crisis</p> <p><i>Factores que favorecen la resiliencia como objetivo clave de las políticas:</i> la crisis del COVID-19 aumenta la conciencia social sobre las vulnerabilidades de la economía real a los impactos, lo que favorece la acción política para crear economías más resilientes.</p> <p><i>Factores en contra de la resiliencia como objetivo clave de las políticas:</i> la crisis se considera un hecho excepcional, que no se repetirá, y los cambios necesarios para hacer que las economías sean más resilientes se consideran demasiado costosos. En consecuencia, hay poca demanda por parte de la sociedad de una economía más resistente a los impactos.</p>
<p>Puntos de vista de la sociedad sobre la necesidad de una mayor inclusión</p> <p><i>Factores que favorecen la inclusión como objetivo clave de la política:</i> los problemas de exclusión social y económica quedaron expuestos y exacerbados durante la crisis. La inclusión como objetivo gana terreno en las agendas políticas a medida que movimientos sociales como #MeToo y Black Lives Matter impregnan las esferas políticas y sociales. En el ámbito económico, el dominio de las grandes empresas se considera perjudicial para el bienestar socioeconómico y conduce a un llamamiento más amplio para apoyar a las pymes.</p> <p><i>Factores en contra de la inclusión como objetivo de política:</i> la necesidad de recuperarse después de la gran conmoción económica relega la inclusión a una prioridad menor. Movimientos como los grupos nacionalistas que abogan por la exclusión ganan mayor impulso. Las grandes empresas proporcionan productos que los consumidores demandan y utilizan sus recursos o capacidades para responder a los desafíos del COVID-19, lo que lleva al respaldo público implícito de su dominio.</p>
<p>Opinión pública sobre la importancia relativa de la sostenibilidad ambiental</p> <p><i>Factores que favorecen la sostenibilidad como objetivo clave de la política:</i> el impacto del COVID-19 aumenta la conciencia pública sobre la necesidad de abordar el cambio climático y la degradación ambiental como una prioridad política clave, ya que plantean riesgos de impactos futuros a una escala sin precedentes.</p> <p><i>Factores que favorecen un menor apoyo público:</i> la opinión pública minimiza el desafío climático a medida que los asuntos de salud y la recuperación económica (incluida la preservación de empleos a cualquier costo) ganan en importancia.</p>

<p>Puntos de vista de la sociedad sobre el papel de la CTI</p> <p><i>Factores que favorecen la CTI:</i> el apoyo público a la CTI aumenta ya que se considera que proporciona las únicas soluciones duraderas a la crisis del COVID-19, por ejemplo, mediante el rápido desarrollo de una vacuna eficaz.</p> <p><i>Factores en contra de la CTI:</i> la opinión pública se vuelve negativa hacia la CTI, por ejemplo, porque el asesoramiento científico se considera un “culpable” de las impopulares medidas de confinamiento y otras restricciones.</p>
<p>Opinión pública sobre la dirección gubernamental de la economía</p> <p><i>Factores que promueven una mayor “dirección” del gobierno:</i> la experiencia del impacto da como resultado la percepción de que el gobierno debe ayudar a “dirigir” los mercados para proteger las economías vulnerables propensas a las crisis. La confianza en las intervenciones del gobierno aumenta gracias a la utilidad y efectividad percibidas de las acciones tomadas para compensar los impactos negativos del COVID-19.</p> <p><i>Factores en contra de la opinión pública que favorecen la dirección del gobierno:</i> los cierres impopulares y el alto número de muertos significan que las percepciones públicas de las respuestas del gobierno al impacto del COVID-19 son desfavorables, lo que reduce el apoyo público para que el gobierno desempeñe un papel clave en la dirección de la economía.</p>
<p>Ejemplos de las implicaciones para la CTI</p>
<p>Políticas transformadoras de CTI: las perspectivas sociales sobre la importancia de transformar los sistemas socio-técnicos para que sean más resilientes, inclusivos y sostenibles en la recuperación influirían en los objetivos de las políticas de CTI y los instrumentos de política que utilizan. Por ejemplo, las políticas de CTI estarían más orientadas hacia los objetivos sociales si la sociedad valorara más las cuestiones de sostenibilidad e inclusión.</p> <p>Escala de apoyo a las políticas en materia de CTI: la opinión de la sociedad sobre la intensidad de la intervención gubernamental y las funciones de la CTI determinaría el apoyo a la CTI en los paquetes de estabilidad y recuperación. Por ejemplo, si la sociedad ve de manera positiva tanto la CTI como la intervención del gobierno, la CTI desempeñaría un papel destacado en los ambiciosos paquetes de recuperación.</p> <p>Alcance de los sistemas de CTI: más allá de influir en la política, los cambios en las percepciones sociales de la CTI afectarán la influencia de la CTI en la sociedad (por ejemplo, la confianza de las personas en el asesoramiento científico y sus acciones resultantes), así como la capacidad de la CTI para atraer nuevos talentos (por ejemplo, más estudiantes que participen en carreras científicas).</p>
<p>Seguimiento de la evolución: ejemplos de indicadores</p>

Incertidumbres clave: encuestas de opinión pública sobre prioridades; encuestas de opinión pública sobre la confianza en el gobierno y la confianza en el asesoramiento científico; análisis de medios, redes sociales y búsquedas en línea; mapeo de políticas y legislación gubernamentales; y análisis de las actividades de la sociedad civil (movimientos sociales, manifestaciones, respuestas a encuestas)

Implicaciones para la CTI: mapeo de los gastos en I + D por objetivos socio-económicos, los ODS, etc.; mapear la importancia de la CTI en los paquetes de estabilidad y recuperación del gobierno, y las orientaciones estratégicas asociadas, así como las declaraciones de la industria / asociación laboral sobre la dirección de innovaciones hacia los objetivos de sostenibilidad, resiliencia e inclusión.

Seguimiento de la evolución de las percepciones públicas del papel de la CTI y los gobiernos

Las percepciones del papel de la CTI en las primeras fases de la crisis parecen ser positivas. Por ejemplo, los resultados de una encuesta a 2,651 personas en Inglaterra, Gales y Escocia, realizada entre el 30 de marzo y el 26 de abril de 2020, muestran que el 72 % de los encuestados confiaba en los científicos e investigadores de la salud por completo o en gran medida para hacer frente a la crisis. (Craig *et al.*, 2020). Las respuestas a las preguntas de la OCDE Science Flash Survey 2020 sobre asesoramiento científico y confianza sugieren que los investigadores esperan un aumento en el uso de la evidencia científica, una mejor reputación de la ciencia y un uso más amplio del asesoramiento científico después de la crisis (véase el Capítulo 8). También esperan que las carreras científicas se vuelvan más atractivas.

Sin embargo, estas percepciones positivas pueden no durar necesariamente. Las nuevas medidas de distanciamiento social para contrarrestar la segunda ola de infecciones por COVID-19, basadas en el asesoramiento científico, han dado lugar a manifestaciones públicas en varios países. Se ha generado más debate sobre la proporcionalidad de las medidas de confinamiento dado el estado de las infecciones, y se ha producido una resistencia más activa entre los más afectados por las decisiones de confinamiento.

En cuanto a la opinión pública sobre el manejo de la pandemia por parte de los gobiernos, el Barómetro Regional y Local Anual de la UE, una encuesta realizada en septiembre de 2020 mostró una participación promedio del 44 % de ciudadanos de la UE (basado en 26,381 respuestas de todos los países de la UE) que confían en sus gobiernos nacionales para tomar las decisiones adecuadas para superar los impactos socioeconómicos de la crisis del COVID-19. Esto en comparación con el 48 % que dijo que no confía en sus gobiernos nacionales en este sentido. Sin embargo, los niveles de confianza varían sustancialmente entre países, siendo típicamente más altos en la región nórdica y más bajos en Europa

central y oriental. Es probable que los niveles de confianza evolucionen con el tiempo a medida que se desarrolle la crisis.

Ritmo y dirección de la digitalización

Los temas en juego y sus implicaciones para la CTI

El papel desempeñado por las tecnologías digitales, el análisis de big data y la inteligencia artificial en la economía y la sociedad durante la crisis también representa un punto de inflexión crítico. Cambios en la organización del trabajo (con mayor trabajo remoto e interacciones virtuales); la rápida expansión de los servicios digitales (por ejemplo, herramientas digitales de salud y educación); y el mayor uso de análisis de big data, inteligencia artificial y herramientas digitales por parte de la industria y el gobierno están poniendo esas tecnologías a prueba.

Estos desarrollos también tienen impactos importantes en la CTI, tanto porque marcan nuevos procesos que pueden cambiar la productividad de los sistemas de CTI, como porque están cambiando las demandas de CTI (por ejemplo, en términos de mejores tecnologías para el trabajo encasa y el progreso en la realidad virtual), lo que podría generar nuevas oleadas de innovación tecnológica en estos campos.

El que las tecnologías digitales, el análisis de big data y la inteligencia artificial asuman roles más importantes en la sociedad y la economía dependerá de varios factores, incluidas sus contribuciones para abordar la crisis del COVID-19. El éxito del trabajo en casa, las conferencias virtuales, la robótica (ver Capítulo 6) y los servicios virtuales en salud, educación y entretenimiento también influirán. La experiencia en la gestión de la crisis mediante herramientas digitales también influirá en el uso futuro de dichas herramientas por parte de los gobiernos. La Tabla 1.2 describe varios puntos de pivote críticos relacionados con los impactos de COVID-19 en el rol socioeconómico de las tecnologías digitales y sus posibles implicaciones para la CTI.

Tabla 1.2: Puntos de pivote críticos en el papel socioeconómico de las tecnologías digitales, el análisis de big data y la inteligencia artificial

Impactos de la crisis de COVID-19: puntos de pivote críticos
<p>Interacciones laborales virtuales y del trabajo en casa</p> <p><i>Factores para un aumento del trabajo virtual y del trabajo en casa:</i> la experiencia de confinamiento derivada de la pandemia conduce a una experimentación generalizada con el trabajo en casa y los intercambios virtuales. Muchos trabajadores profesionales prefieren el trabajo en casa al menos a tiempo parcial. Las empresas ven sus estructuras de costos cambiar a medida que se reduce el espacio de oficina y se vuelve más flexible para acomodar a menos personal en el sitio en cualquier momento.</p> <p><i>Factores en contra de más patrones digitales de consumo y de trabajo:</i> las experiencias negativas con el trabajo en casa, en particular las deficiencias de las conferencias virtuales para promover intercambios efectivos, reducen el interés en el trabajo en casa y conducen a un desarrollo y una aceptación limitados. Las limitaciones de la infraestructura y los temores de seguridad también generan preocupaciones, lo que ralentiza la adopción generalizada de estas tecnologías.</p>
<p>Roles de la analítica de big data, la inteligencia artificial y la automatización en la economía</p> <p><i>Factores para una mayor aceptación de las tecnologías digitales en la economía:</i> el impacto en la oferta laboral, causado por las medidas de confinamiento aplicadas para reducir la propagación de la primera ola de la pandemia del COVID-19, conduce a una mayor automatización de las fábricas. La posible reubicación de actividades económicas también puede resultar en una mayor automatización, para reducir los costos laborales de la reubicación a ubicaciones donde la mano de obra es cara. Al mismo tiempo, las experiencias comerciales positivas con el análisis de macrodatos y la inteligencia artificial generan un interés y una adopción más generalizados.</p> <p><i>Factores para una menor aceptación de las tecnologías digitales:</i> una percepción de falta de impacto de la inteligencia artificial y las tecnologías digitales para abordar la crisis del COVID-19 puede debilitar su amplia adopción. El énfasis en otras prioridades, por ejemplo, las inversiones en innovación en salud, desvía la atención de la inteligencia artificial y la automatización. Abusos de privacidad; el dominio de los grandes jugadores; amenazas digitales; el uso indebido de modelos de lenguaje de alta calidad para desinformación, spam y phishing; y el abuso de los procesos legales y gubernamentales puede reducir su aplicación, al igual que los sesgos en las aplicaciones basadas en IA.</p>
<p>La importancia de los servicios digitales en relación con los analógicos</p> <p><i>Factores para un aumento repentino de los servicios digitales:</i> la experiencia generalizada de los servicios digitales en la educación, la salud y el comercio minorista es positiva y conduce a una aplicación más amplia.</p> <p><i>Factores en contra de un mayor despliegue de servicios digitales:</i> las experiencias de los servicios digitales fueron generalmente insatisfactorias durante la pandemia y condujeron a un retorno a los servicios anteriores. Esto puede verse reforzado por las preocupaciones sobre la privacidad (especialmente en lo que respecta a los datos de salud) y la mayor concentración del mercado en la prestación de estos servicios.</p>

<p>Uso gubernamental de herramientas digitales</p> <p><i>Factores para un mayor uso de herramientas digitales en el gobierno:</i> la crisis de COVID-19 mostró los beneficios de los datos en tiempo real para alimentar la formulación de políticas ágiles. Esto conduce a un mayor uso de nuevas aplicaciones digitales y en tiempo real en los gobiernos, basándose en una combinación de fuentes de datos.</p> <p><i>Factores que obstaculizan la adopción de herramientas digitales en el gobierno:</i> experiencias negativas con herramientas digitales, por ejemplo, debido a problemas técnicos, la calidad de los datos, las preocupaciones sobre la privacidad, la falta de habilidades digitales entre los funcionarios y las preocupaciones sobre la participación del sector privado, la aceptación por parte del gobierno es débil hasta que se resuelvan tales desafíos.</p>
<p>Ejemplos de implicaciones para la CTI</p>
<p>Mayor demanda de innovaciones digitales: si se intensifica el uso de la tecnología digital, habrá presión de demanda por herramientas digitales mejoradas, lo que generaría nuevas olas de innovación tecnológica.</p> <p>Cambios en las operaciones y el rendimiento de los sistemas de CTI: cualquier cambio en el trabajo en casa y las interacciones virtuales afectaría las operaciones de sistemas de CTI. Por ejemplo, podrían conducir a una mayor automatización en la ciencia. El progreso en materia de CTI depende fundamentalmente de las conexiones: si bien las tecnologías digitales podrían abrirlas aún más, podrían reducir los intercambios en persona, lo que podría ser perjudicial.</p> <p>Cambios en la intensidad de la innovación de los servicios: la digitalización puede aumentar la intensidad de la innovación de este conjunto de industrias tradicionalmente menos intensivas en innovación, así como los tipos de empresas que operan en los servicios.</p> <p>Cambios en el enfoque de las políticas en materia de CTI: las políticas en materia de CTI en sí misma ganarían en agilidad y capacidad de respuesta mediante la aplicación de nuevas herramientas digitales, y las mejoras en su eficacia podrían, a su vez, afectar el rendimiento del rendimiento de los sistemas de CTI.</p>
<p>Seguimiento de la evolución: ejemplos de indicadores</p>
<p>Incertidumbres clave: evidencia de encuestas sobre la aceptación del trabajo en casa, big data, servicios en la nube y aplicaciones de inteligencia artificial; difusión de tecnologías digitales en empresas de diversos tamaños, en hogares o por particulares y en el gobierno o por industria.</p> <p>Implicaciones para la CTI: indicadores de innovación digital e impulsada por IA, así como tecnologías de herramientas de educación en línea y del trabajo en casa (por ejemplo, aplicaciones de software y patentes), distribución geográfica de colaboraciones de investigación (por ejemplo, internacional y nacional, etc.).</p>

Seguimiento de la evolución de la adopción de tecnologías digitales

El COVID-19 ha sido llamado el “gran acelerador”, particularmente cuando se trata de tecnologías digitales que permiten el comercio electrónico, el teletrabajo, la telepresencia y la automatización. La evidencia preliminar apunta a que los actores del sistema de CTI han adoptado más herramientas digitales

durante la crisis. Por ejemplo, una encuesta realizada por el Center for Economic Performance–Confederation of British Industry de 375 empresas del Reino Unido en julio de 2020 encontró que desde finales de marzo de 2020 hasta julio de 2020, más del 60 % de las empresas adoptaron nuevas tecnologías digitales y prácticas de gestión, y alrededor de un tercio invirtió en nuevas capacidades digitales (Riom and Valero, 2020). La digitalización también ha tenido un impacto en la investigación. Más de la mitad de los que respondieron a una encuesta de profesionales y responsables de la toma de decisiones en 247 empresas de patentes mencionaron la digitalización como el cambio más significativo (Kanesarajah and White, 2020). Las herramientas de IA también se han utilizado para ayudar a acelerar el desarrollo de medicamentos y vacunas, identificar cadenas de transmisión de virus, diagnosticar rápidamente casos de COVID-19, monitorear impactos económicos más amplios y abordar la desinformación (OECD, 2020). Por ejemplo, según un conjunto de datos que comprende 1.8 millones de artículos de tres repositorios preimpresos (arXiv, bioRxiv y medRxiv) recopilados a finales de mayo de 2020, Mateos-García, Klinger y Stathoulopoulos (Mateos-García, Klinger and Stathoulopoulos, 2020) encontraron que más de un tercio de las publicaciones de IA relacionadas con el COVID-19 involucraban análisis predictivos de datos de pacientes, particularmente exploraciones médicas. Sin embargo, estos artículos recibieron menos citas que los artículos comparables sobre el mismo tema.

Los servicios digitales en educación, salud, entretenimiento, comercio minorista y restaurantes se utilizaron mucho al mismo tiempo que las medidas de confinamiento, y han dado lugar a una demanda sin precedentes que continuó incluso cuando se levantaron las estrictas medidas de confinamiento. Parece poco probable que todos estos servicios permanezcan en caso de que se resuelva el desafío del COVID-19: se esperaría alguna reducción en la demanda cuando los servicios virtuales se consideren un sustituto imperfecto de sus alternativas en persona.

Los propios gobiernos han demostrado una agilidad sin precedentes en el uso de herramientas digitales, ejemplificado principalmente por las aplicaciones de rastreo de contactos introducidas como una forma de controlar la propagación de la enfermedad. La crisis del COVID-19 también ha demostrado cómo la formulación de políticas también ha cambiado en comparación con la crisis financiera de 2008-09, como lo ilustra el uso de datos en tiempo real (como las estadísticas de movilidad de Google) y otras herramientas para monitorear y responder mejor a las crisis. Una serie de encuestas de pulso también han estado informando las políticas de CTI. La publicación abierta de documentos del COVID-19 por parte de iniciativas como CORD-19 no solo ha apoyado actividades científicas, sino que también ha ayudado a identificar la naturaleza

de la colaboración científica sobre el COVID-19. El análisis inicial de tales datos ha señalado una caída en las actividades de investigación de las mujeres y una gran dependencia de las redes existentes para colaboraciones de investigación, por ejemplo. Este tipo de herramientas podrían usarse de manera más sistemática en el futuro para respaldar la capacidad de respuesta y la agilidad de las políticas de CTI. Por ejemplo, la Fundación Portuguesa para la Ciencia y la Tecnología lanzó el concurso *AI 4 COVID19*, un concurso dotado con un presupuesto de 3 millones de euros (USD 3.6 millones) para proyectos de I+D sobre ciencia de datos e IA que ayuden a mejorar la respuesta de los organismos de la administración pública al impacto del COVID-19 y futuras pandemias.

Escala y distribución de impactos socioeconómicos

Los temas en juego y sus implicaciones para la CTI

La medida en que las medidas de las políticas ayuden a evitar fuertes efectos distributivos negativos será un importante punto de inflexión crítico en la configuración de los sistemas y las políticas de CTI. Esto dependerá de varios factores, incluida la intensidad del impacto del COVID-19 y las medidas de confinamiento relacionadas, y la disponibilidad y adopción de tecnologías y prácticas digitales por parte de diferentes actores. La exclusión socioeconómica influye en el funcionamiento de los sistemas de CTI y la difusión de nuevas tecnologías. Una combinación de medios más limitados para invertir en tecnologías líderes y una capacidad más limitada para retener personal calificado para operar esas tecnologías en tiempos difíciles explica por qué la exclusión afecta negativamente a la difusión. La Tabla 1.3 describe varios puntos de pivote críticos relacionados con los impactos del COVID-19 en la inclusión y exclusión, y sus posibles implicaciones para la CTI.

Seguimiento de los desarrollos en la escala y distribución de los impactos socioeconómicos relacionados con el COVID-19

Como se discutió anteriormente en el capítulo, los impactos asimétricos del impacto del COVID-19 en empresas innovadoras, universidades e institutos públicos de investigación, la fuerza laboral de investigación y los empresarios destacan los diferentes desafíos distributivos del impacto del COVID-19. Uno de los riesgos es que se agraven las brechas existentes en la adopción y el uso de las tecnologías digitales, en particular entre las grandes empresas y las pymes, pero también entre los sectores. Si no se aborda, esta difusión desigual puede tener importantes implicaciones para el desempeño de la productividad de las empresas

a medida que la pandemia continúa acelerando la digitalización. Potencialmente, podría ampliar la brecha de productividad entre los adoptantes digitales y los rezagados digitales, mejorar la vulnerabilidad de los rezagados y reducir la resiliencia económica. Por tanto, se necesitarán mayores esfuerzos políticos para impulsar la adopción y difusión de herramientas digitales, en particular para las pymes.

Una dimensión adicional se refiere a los impactos geográficos del choque COVID-19. Las diferencias en los efectos entre sectores han influido en la intensidad del shock a nivel regional (Bailey *et al.*, 2020). Por ejemplo, las regiones altamente especializadas en el sector turístico se encuentran entre las más afectadas por la crisis (Gössling, Scott and Hall, 2021; OECD, 2020). Estos sectores también fueron los más afectados por las medidas de “distanciamiento social” destinadas a reducir los viajes internacionales y nacionales, así como las reuniones sociales. A medida que se desarrolla la crisis y otros sectores se ven duramente afectados por la recesión resultante, es probable que más regiones sufran más que otras.

Tabla 1.3: Puntos de pivote críticos con respecto a la distribución de impactos socioeconómicos

Impactos de la crisis del COVID-19: Puntos de pivote críticos
<p><i>Factores que apuntan a una mayor exclusión:</i> la pandemia ofrece menos oportunidades de nuevas conexiones para los recién graduados, los solicitantes de empleo y las personas con contratos precarios (que a menudo incluyen trabajadores más jóvenes y personas con profesiones por contrato) y tiene un efecto negativo en la fuerza laboral femenina, asumida por cuidados dependientes (niños o ancianos). La demanda de una presencia en línea constante también puede exacerbar los obstáculos para quienes brindan atención a más dependientes. La demanda de una presencia en línea constante también puede exacerbar los obstáculos para quienes brindan atención a más dependientes.</p> <p><i>Factores que apuntan a una mayor inclusión:</i> el impacto lleva a una mayor conciencia de los desafíos de la inclusión, que estaban algo ocultos antes de la pandemia de COVID-19. En consecuencia, los paquetes de estabilidad y la acción política relacionada destacan una mayor inclusión como un objetivo explícito. Los cambios en las prácticas debido al COVID-19, como el trabajo en casa y los servicios digitales, ofrecen oportunidades para una mayor inclusión. El objetivo de lograr una mayor resiliencia también se alinea con la promoción de procesos económicos inclusivos en empresas, regiones e individuos.</p>

<p>COVID-19 e inclusión industrial</p> <p><i>Factores que apuntan a una menor inclusión:</i> los paquetes de recuperación del gobierno se centran principalmente en los grandes empleadores (aerolíneas, grandes fabricantes, etc.). Las grandes empresas de tecnología, pero también otras grandes empresas, se beneficiaron de la gran demanda de sus productos durante los bloqueos, lo que posiblemente redujo las oportunidades para que las empresas más pequeñas del sector digital y de otros sectores compitieran.</p> <p><i>Factores que apuntan a una mayor inclusión:</i> las respuestas políticas destinadas a proteger la economía de la crisis se han centrado con éxito en las fragilidades financieras de las pymes, en particular las empresas jóvenes innovadoras, que emergen como catalizadores de la innovación radical. La pandemia brinda nuevas oportunidades para el espíritu empresarial, donde las empresas emergentes ayudan a abordar las limitaciones creadas por las difíciles condiciones económicas y de salud, y responden a las preferencias y necesidades cambiantes.</p>
<p>COVID-19 e inclusión geográfica</p> <p><i>Factores que apuntan a una menor inclusión:</i> la crisis del COVID-19 fue geográficamente desigual ya que los brotes diferían entre los países y dentro de ellos, los efectos entre los sectores (por ejemplo, el turismo frente a la tecnología digital) y las regiones variaban, las medidas de confinamiento eran más o menos graves y las capacidades de los países para responder difirió (por ejemplo, dependiendo del nivel de deuda pública o la capacidad de endeudamiento).</p> <p><i>Factores que apuntan a una mayor inclusión:</i> se implementaron esfuerzos de políticas para apoyar a las regiones y sectores más afectados, y medidas regionales para controlar los brotes y mitigar los efectos negativos de la pandemia. Las nuevas formas de proporcionar bienes y servicios (como ofertas de entretenimiento en línea) ayudaron a reducir los efectos sectoriales desiguales. La brecha urbano-rural también puede reducirse a medida que las áreas rurales se vuelven más populares en virtud de la mayor exposición a la pandemia en las ciudades y el costo reducido de participar en actividades profesionales de forma remota a través de herramientas digitales, en lugar de realizar desplazamientos que consumen mucho tiempo.</p>
<p>Ejemplos de implicaciones para la CTI</p>
<p>Impactos en el desempeño del sistema de CTI: la crisis presenta diferentes oportunidades de innovación para diferentes actores en empresas, regiones, países y grupos sociales. Una mayor diversidad conduce a una mayor innovación, mientras que la concentración tiene efectos mixtos en los resultados de la innovación. Una mayor inclusión puede aumentar la competencia en el mercado, lo que puede aumentar la tasa de innovación (aunque de manera no lineal).</p> <p>Impactos en las políticas en materia de CTI: si se toma en serio la inclusión, las políticas de CTI prestarán más atención que en el pasado a aquellos que están más excluidos, incluidas las mujeres y las minorías, y la innovación en los sectores de tecnología baja y media y en las regiones “rezagadas”. Esto significaría un mayor enfoque en las políticas de difusión de tecnología y las políticas de CTI para apoyar la inclusión de manera más general.</p>
<p>Seguimiento de la evolución: ejemplos de indicadores</p>

Incertidumbres clave: índices de Gini y medidas de distribución a nivel regional, empresarial e individual en respuesta al COVID-19. Gini.

Implicaciones para la CTI: varios indicadores de desempeño en materia de CTI (por ejemplo, escala y alcance de las publicaciones, graduados, PI, etc.) por región (incluida la división rural-urbana), empresas (por tamaño, sector, edad) e individuos (perfiles de empresarios e investigadores).

Relaciones internacionales y orden global

Los temas en juego y sus implicaciones para la CTI

Existen considerables incertidumbres sobre el futuro del actual sistema multilateral y lo que esto podría significar para la cooperación y la movilidad internacional en CTI. Por un lado, hay señales de que ha pasado la “cumbre” de la globalización y de que un nuevo orden global fragmentado, marcado por un aumento del etnonacionalismo, un comercio y una inversión más gestionados y una mayor competencia estratégica entre las “grandes potencias”, está emergente. Además, la crisis actual puede contribuir a socavar la confianza en las soluciones de gobernanza global, alimentando el ya creciente descontento anterior a la crisis y, en última instancia, impulsando un cambio hacia enfoques nacionales a medida que los países, especialmente las economías más grandes, buscan volverse más autosuficientes. Estas tendencias podrían verse aumentadas por las empresas multinacionales que buscan depender menos de las cadenas de valor globales para reducir la incertidumbre y mejorar su resiliencia, lo que conduciría a una mayor “reubicación” de la producción.

Por otro lado, los marcos multilaterales podrían reforzarse como resultado de una mayor apreciación de los riesgos y desafíos que trascienden las fronteras nacionales y requieren respuestas coordinadas, especialmente si los actores transnacionales de los sectores público y privado tienen éxito en liderar la lucha contra la pandemia. La Tabla 1.4 describe los puntos de pivote críticos relacionados con los impactos del COVID-19 en la economía política internacional.

Tabla 1.4: Puntos de pivote críticos sobre las relaciones internacionales y el orden global

Impactos de la crisis del COVID-19: puntos de pivote críticos³⁰
<p>Relaciones internacionales y multilateralismo</p> <p><i>Factores que apuntan a un multilateralismo fuerte:</i> los efectos sistemáticos en cascada de la pandemia, así como su naturaleza indiscriminada, constituyen un fuerte argumento para un respaldo renovado de la cooperación multilateral. Ilustra que se necesitan respuestas globales a las crisis globales, lo que incita a los países a participar en una mayor colaboración internacional. La emergencia sanitaria mundial y las consecuencias económicas desencadenan un nuevo e importante compromiso con la cooperación al desarrollo que va más allá del enfoque tradicional Norte-Sur para centrarse en el aprendizaje mutuo y la solidaridad multidireccional. La visión holística del desarrollo de los ODS se refuerza a medida que se aprecia una nueva percepción de la interconexión e interdependencia de los resultados del desarrollo humano y la seguridad humana.</p> <p><i>Factores que apuntan a un multilateralismo vacilante:</i> El sistema multilateral comienza a colapsar por la pérdida de credibilidad y recursos, y prevalecen acciones y decisiones unilaterales o bilaterales, dando paso a instituciones, actores de poder y alianzas nuevas, pero en competencia. Las economías emergentes y en desarrollo ven un aumento del multilateralismo regional, mientras que las “viejas potencias” están preocupadas por los problemas y divisiones internas y abdican del liderazgo a nivel internacional.</p>
<p>Inversión y comercio internacional</p> <p><i>Factores que apuntan a una inversión y un comercio internacionales sostenidos:</i> la crisis del COVID-19 cataliza nuevos vínculos comerciales y de inversión a nivel mundial para abordar los shocks de oferta localizados. La digitalización acelerada permite una nueva ola de globalización que es más transparente y eficiente. Las ganancias de eficiencia de la colaboración internacional y la división internacional del trabajo en la producción introducen un gran costo para el comportamiento autárquico, particularmente en un período en el que la reconstrucción del crecimiento económico es esencial.</p> <p><i>Factores que apuntan a preferencias por enfoques regionales nacionales o supranacionales:</i> la crisis del COVID-19 ya ha generado competencia internacional para asegurar los escasos recursos globales. Las tensiones geopolíticas más amplias aumentan los esfuerzos nacionales o supranacionales para protegerse contra futuras crisis, incluso en el suministro de bienes esenciales. El impacto creado por la pandemia y la escasez de productos clave durante la crisis pueden amplificar las demandas de acceso a campos tecnológicos clave, como las comunicaciones 5G y la inteligencia artificial, a la luz de las preocupaciones sobre la seguridad nacional, el riesgo de futuras dependencias de proveedores de tecnología extranjeros, y preocupaciones sobre los monopolios mundiales y su impacto potencialmente perjudicial sobre el progreso tecnológico.</p>
<p>Ejemplos de implicaciones para la CTI</p>

Impactos en los sistemas de CTI: las interrupciones en la colaboración científica internacional y la división internacional del trabajo en la producción afectarían el desempeño de los sistemas de CTI, así como también cambiarían las orientaciones de la CTI nacional (como sustituto o complemento de los esfuerzos globales).

Impactos en las políticas de CTI: las políticas de CTI pueden centrarse en las especializaciones nacionales existentes y apoyar las colaboraciones científicas internacionales para optimizar el sistema mundial de CTI. Alternativamente, las políticas de CTI pueden ser específicas de la tecnología o del producto a fin de garantizar el acceso nacional a las tecnologías o productos básicos. También se pueden buscar alianzas estratégicas de CTI con países seleccionados para explotar los valores compartidos y los beneficios y costos recíprocos de tales colaboraciones.

Seguimiento de la evolución: ejemplos de indicadores

Incertidumbres clave: medidas de la evolución de las barreras a la colaboración internacional y los intercambios económicos, por ejemplo, datos sobre comercio e inversión, datos sobre cadenas de valor mundiales, financiación gubernamental de organizaciones multilaterales, etc.

Implicaciones para la CTI: medidas de la naturaleza y el alcance de la colaboración internacional en CTI, por ejemplo, datos de patentes y publicaciones, datos de financiación de la investigación.

Seguimiento de la evolución de las relaciones internacionales y el orden mundial

En cooperación con los gobiernos nacionales, una amplia gama de fundaciones y organizaciones internacionales participan activamente en acciones de CTI para responder al COVID-19. La OMS, la Coalición para la Preparación e Innovación ante Epidemias y la Colaboración de Investigación Global para la Preparación para Enfermedades Infecciosas (por nombrar solo algunas) están desempeñando un papel destacado en la coordinación del desarrollo de vacunas y terapias (véase el Capítulo 5). Las fundaciones involucradas en este esfuerzo incluyen la Fundación Bill y Melinda Gates, el Wellcome Trust y la Fundación Novo Nordisk. Entre otros objetivos, estas fundaciones que operan a nivel mundial buscan aprovechar la ciencia y la innovación para abordar las enfermedades infecciosas. En el contexto del COVID-19, no solo han brindado financiamiento para la investigación, sino que también han promovido respuestas en materia de CTI al COVID-19 a nivel mundial, con especial énfasis en los desafíos que enfrentan los países en desarrollo.

Varios enfoques regionales bilaterales y supranacionales también han apoyado colaboraciones de investigación. Por ejemplo, la Fundación Nacional de Investigación de Corea y el Consejo de Investigación Sueco lanzaron un programa de subvenciones para colaboraciones de investigación conjuntas entre investigadores suecos y surcoreanos sobre el control y la prevención del COVID-19, mientras que los Proyectos de Investigación de Datos de Salud Nórdicos sobre COVID-19

son una convocatoria colaborativa de propuestas de financiación para promover la cooperación en investigación y el intercambio de datos sanitarios en Suecia, Finlandia, Dinamarca, Noruega, Islandia, Estonia y Letonia.³¹

Un gran número de resultados de investigación también han sido internacionales. El análisis de los artículos de investigación publicados sobre COVID-19 desde enero de 2020 hasta septiembre de 2020 muestra que alrededor de la mitad de los autores con sede en el Reino Unido, una cuarta parte de los autores con sede en los EE. UU. y una cuarta parte de los autores con sede en China publicaron conjuntamente sus artículos con un autor conjunto internacional. Los colaboradores chinos representan, con mucho, la mayor proporción de coautores en los Estados Unidos y viceversa (ver Capítulo 5).

Al mismo tiempo, la crisis del COVID-19 también ha demostrado que se ha presentado un componente importante de la respuesta científica a nivel nacional. Los institutos nacionales que trabajan en enfermedades infecciosas, como el Institut Pasteur en Francia y el Instituto Robert Koch en Alemania, han desempeñado un papel central en asesorar a los responsables de la formulación de políticas nacionales sobre los medios para abordar la situación nacional del COVID-19.

La orientación futura de las políticas en materia de CTI

La política en materia de CTI está determinada por las incertidumbres clave mencionadas anteriormente, pero también influye en ellas. En comparación con la situación durante la crisis financiera mundial de 2008-09, la CTI se encuentra en el centro de las soluciones a la crisis del COVID-19 y tiene un papel muy visible en la formulación de políticas para contener la propagación del virus. Por tanto, es probable que el papel desempeñado por la CTI en este contexto influya en el posicionamiento de las políticas en materia de CTI en el futuro. Sin embargo, también existen incertidumbres sobre los objetivos y prácticas futuros de las políticas en materia de CTI y los recursos que tendrán a su disposición. Esta sección considera los niveles futuros de apoyo gubernamental a la CTI, a la luz de las contribuciones muy visibles que la CTI está haciendo para resolver la pandemia, pero también el creciente endeudamiento del sector público. También considera si las políticas en materia de CTI se volverán más direccionales para promulgar la sostenibilidad y las transiciones digitales a mediano y largo plazo.

Apoyo gubernamental para la CTI

Los niveles futuros de apoyo gubernamental estarán determinados por las preferencias de la sociedad y el reconocimiento de la CTI como un actor esencial

de las transiciones socio-técnicas para alcanzar los objetivos de sostenibilidad, inclusión y resiliencia. Un fuerte respaldo y reconocimiento de la CTI podría conducir a aumentos significativos en la I+D pública, el equivalente, quizás, a la reacción de Occidente al Sputnik, que marcó el comienzo de la carrera espacial entre Estados Unidos y la Unión Soviética (Subbaraman, 2020). Esto podría convertirse en una realidad a medida que Estados Unidos, China, otros países industrializados asiáticos y Europa persigan posiciones de liderazgo en IA, computación cuántica, supercomputación, robótica (ver Capítulo 6) y otras tecnologías, particularmente relacionadas con la salud (ver Capítulo 7 sobre biología de ingeniería). La mayoría de los gobiernos de la OCDE están lanzando paquetes de recuperación para ayudar a superar las consecuencias a largo plazo de la crisis pandémica. Muchos tienen grandes ambiciones de modernizar las economías nacionales, particularmente a través de la digitalización, e impulsar una transición verde hacia una producción y un consumo más sostenibles. Algunos también proclaman como meta una mayor “soberanía tecnológica”.

Sin embargo, sigue siendo incierto hasta qué punto ambiciones como estas se traducen en acciones que impulsan el cambio estructural. La intervención del gobierno también debe ser asequible, lo que será una preocupación importante para muchos países, ya que la pandemia aumenta los costos para la economía. Tras la primera ola de infecciones por COVID-19, la deuda pública de todos los países ya se encontraba en un nivel sin precedentes, muy por encima de los niveles alcanzados durante la crisis financiera mundial (Figura 1.11). El nivel actual de apoyo a la investigación y la innovación emula el comportamiento de 2008-09, cuando la financiación fue impresionante inmediatamente después, pero disminuyó en varios países debido a niveles insostenibles de deuda pública. Si bien algunos países tendrán pocas dificultades para obtener crédito, otros no serán tan afortunados. Los impactos del COVID-19 ya son sustanciales y no todos los países han estado en condiciones de apoyar a los más afectados por el COVID-19. Esto se aplica en particular a los países en desarrollo, que han dejado sin apoyo a varias de sus industrias. Esto tiene implicaciones para la CTI, ya que la escala y el enfoque de los paquetes de recuperación afectarán los objetivos y los tipos de medidas de apoyo a la investigación y la innovación que los gobiernos elijan implementar, así como el nivel de financiación.

Al mismo tiempo, la cantidad de fondos públicos no es necesariamente sinónimo de apoyo a los sistemas de CTI, ya que la industria y la sociedad civil también juegan un papel. Como posible solución a las limitaciones de financiación, los actores de la industria y la sociedad civil, en particular las fundaciones, que trabajan en conjunto con las agencias públicas de financiación de la investigación y la innovación pueden amplificar los impactos del apoyo público.

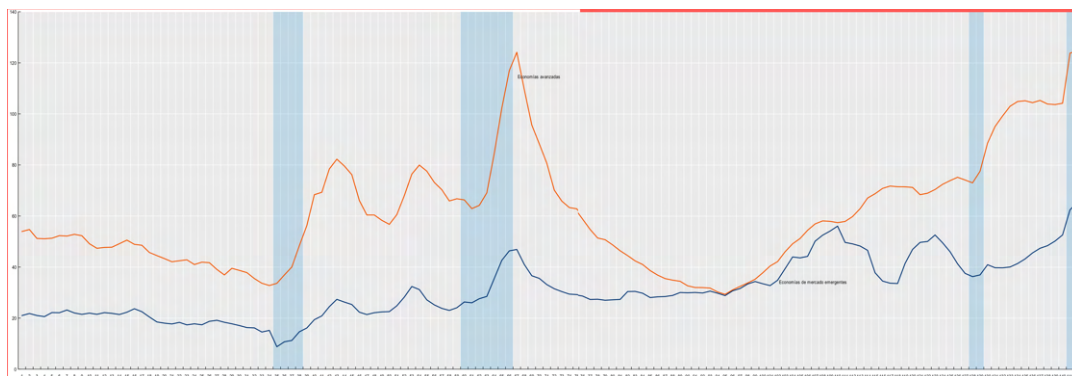


Figura 1.11: Patrones históricos de la deuda general del gobierno. Porcentaje de GDP.

Nota: La serie de deuda pública agregada al PIB para las economías avanzadas y las economías de mercados emergentes se basa en una muestra constante de 25 y 27 países, respectivamente, ponderados por el PIB en términos de paridad de poder adquisitivo.

Fuente: Fondo Monetario Internacional (FMI). 2020. Monitor Fiscal: Políticas para la Recuperación. Washington, octubre.

StatLink 2 <https://doi.org/10.1787/888934223213>

Direccionalidad de las políticas en materia de CTI

Las preferencias del público sobre la necesidad de construir sociedades más resilientes, sostenibles e inclusivas, así como las perspectivas sobre los límites de la intervención del gobierno, darán forma a los objetivos y cajas de herramientas de la política en materia de CTI. El movimiento hacia un modelo de “transformación de sistemas” más proactivo, en comparación con un modelo centrado principalmente en eliminar las fallas del mercado, podría acelerarse. Esto podría reflejarse en proyectos ambiciosos orientados a una misión que apunten a involucrar a una amplia gama de partes interesadas de todo el sistema de CTI (ver Capítulo 8). Estos proyectos pueden ocupar un lugar destacado en los paquetes de estímulo y recuperación del gobierno, en particular aquellos que enfatizan las transformaciones verdes y digitales. La política en materia de CTI tiene roles bien establecidos que desempeñar en el apoyo al desarrollo de tecnologías sostenibles (por ejemplo, invirtiendo en tecnologías ambientalmente sostenibles) y respondiendo a la necesidad de una mayor inclusión (por ejemplo, permitiendo la participación de grupos excluidos en CTI) (OECD, 2011; Planes-Satorra and Paunov, 2017; Borowiecki *et al.*, 2019) Los países de la OCDE han aumentado sus programas de apoyo en este sentido durante la última década o más, y ahora podrían ampliarlos. Si bien la política en materia de CTI puede necesitar ajustarse al nuevo énfasis en la construcción de una mayor resiliencia socioeconómica,

la CTI ya hace contribuciones importantes a este respecto, como se describe en el Recuadro 1.1.

Recuadro 1.1. Las contribuciones de la CTI a la construcción de resiliencia

Los sistemas de CTI pueden contribuir a desarrollar la resiliencia de las siguientes formas:

- Un sistema de CTI ágil que funcione de manera eficaz puede ayudar a encontrar respuestas y soluciones a desafíos inesperados. En el contexto de la crisis del COVID-19, el sistema de CTI tiene la capacidad de desarrollar vacunas y tratamientos rápidamente (por ejemplo, a través de plataformas de tecnología novedosa) y formas de lidiar con el virus (por ejemplo, mediante aplicaciones de seguimiento y búsqueda de formas alternativas de reducir las tasas de infección mantener la economía en funcionamiento). También ha desarrollado una gama de tecnologías digitales que han ayudado a gran parte de la economía y la sociedad a continuar sus operaciones a través del trabajo remoto y el comercio electrónico. Sin embargo, los sistemas de CTI deben permanecer ágiles, ya que las crisis futuras, incluidas las crisis de salud y otros impactos, probablemente requerirán respuestas muy diferentes a las que se aplican al COVID-19.
- La CTI juega un papel importante en el aumento de la producción de bienes y servicios que pueden ayudar a abordar una crisis. Durante el ataque inicial de la pandemia del COVID-19, varios países pudieron impulsar rápidamente la producción crítica, gracias a su sólida base tecnológica e industrial, y al uso de nuevas herramientas y tecnologías como la impresión 3D y los diseños y software de fuente abierta. De manera más general, las fortalezas tecnológicas en campos centrales, como la biotecnología, el sector digital y la inteligencia artificial, brindan los medios para responder a los impactos de la producción mundial.
- Si bien no se puede predecir el momento exacto y el tipo de impacto futuro, es previsible una serie de crisis. Las medidas de preparación pueden beneficiarse de los esfuerzos en materia de CTI dirigidos a evitar las crisis antes de que surjan y desarrollar la resiliencia a sus consecuencias. Pueden surgir crisis futuras del cambio climático, incluidos sus impactos en la salud, la biodiversidad y la producción

de alimentos. Hacer frente a tales contingencias significa que la CTI debe contribuir a la sostenibilidad.

- El asesoramiento científico también es fundamental para ayudar a desarrollar respuestas eficaces a crisis futuras. El asesoramiento científico puede contribuir a la preparación de los sistemas de investigación, anticipando los probables conocimientos y los requisitos de infraestructura necesarios para respaldar los sistemas socioeconómicos en tiempos de crisis. Las estructuras de asesoramiento multidisciplinario que simulan crisis futuras pueden contribuir a los esfuerzos nacionales de planificación de contingencias en caso de emergencias.

1.5 CONCLUSIONES

La ciencia es la única estrategia de salida del COVID-19, y el capítulo muestra que la pandemia ha desencadenado una movilización sin precedentes de la comunidad científica. La ciencia y la innovación han desempeñado un papel esencial para proporcionar una mejor comprensión del virus y su transmisión, y para desarrollar cientos de posibles terapias y vacunas en un período muy corto. La pandemia ha subrayado más que en otras crisis recientes la importancia de la ciencia y la innovación para estar preparados y reactivos a las crisis venideras. También ha llevado los sistemas de investigación e innovación al límite, revelando brechas que deben llenarse para mejorar la resiliencia general del sistema y la preparación para crisis futuras. Es una llamada de atención para todos y destaca la necesidad de recalibrar las políticas en materia de CTI para equipar mejor a los gobiernos con los instrumentos y capacidades para orientar los esfuerzos de innovación hacia los objetivos de sostenibilidad, inclusión y resiliencia.

- Una serie de objetivos y acciones de políticas en materia de CTI relevantes ayudarán a implementar esta orientación para la recuperación y enfrentar los desafíos de la crisis actual, como se muestra en la Tabla 1.5.

Tabla 1.5: Objetivos generales de las políticas en materia de CTI y acciones para la crisis y la recuperación

Objetivos de las políticas en materia de CTI	Ejemplos de las acciones políticas en materia de CTI

<p>Dirigir la CTI para identificar soluciones a la pandemia del COVID-19</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ proporcionar financiación para la investigación y la innovación para el diagnóstico, así como el desarrollo de vacunas y tratamientos ■ Apoyar áreas de investigación e innovación, incluidas las ciencias sociales, que aporten soluciones al COVID-19 y mitiguen los efectos negativos de las medidas tomadas para contener la propagación de la pandemia ■ apoyar la colaboración internacional en soluciones de CTI para el desafío global compartido de COVID-19.
<p>Mitigar los impactos negativos en los sistemas de CTI, incluidos los efectos distributivos desiguales del COVID-19</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ ofrecer apoyo a los institutos de investigación públicos a la luz de la posible reducción de fondos como resultado de la pandemia (por ejemplo, debido a una menor cantidad de estudiantes) ■ Apoyar a las investigadoras y a las investigadores que inician su carrera, que se ven más afectadas por los trastornos causados por la crisis ■ apoyar a las pymes y emprendedores innovadores afectados por la crisis del COVID-19 ■ invertir en la difusión de tecnologías digitales para ayudar a las empresas a hacer frente a las medidas de confinamiento ■ Apoyar la agilidad del sistema de CTI proporcionando extensiones de subvenciones a los innovadores afectados por COVID-19, incluidas las pymes innovadoras.
<p>Brindar asesoramiento científico a los formuladores de políticas y al público sobre las respuestas adecuadas al COVID-19.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ gestionar la comunicación confiable de evidencia científica sobre COVID-19, incluidas sus limitaciones a medida que se aprende más (incluido el tratamiento de la información errónea) ■ ofrecer perspectivas transparentes sobre las compensaciones de las decisiones y el papel de la ciencia a la hora de informar (pero no decidir) las decisiones políticas ■ comunicar las contribuciones de CTI para hacer frente a los impactos de COVID-19 (prestando mucha atención a las redes sociales y las posibles cámaras de eco) ■ abordar la desinformación sobre la evidencia científica sobre COVID-19.

<p>Aumentar la agilidad y la capacidad de respuesta de los sistemas de CTI</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ establecer direcciones de políticas que cumplan con los objetivos sociales, incluida la inclusión, la sostenibilidad y la resiliencia ■ utilizar dicha direccionalidad, por ejemplo, en los paquetes de recuperación, para reducir las incertidumbres para las empresas y otros actores no gubernamentales, señalando las inversiones previstas y los compromisos de demanda futura en apoyo de los objetivos de transición ■ revisar la combinación de políticas, por ejemplo, en apoyo de la innovación empresarial, si se necesitan medidas más directas para alcanzar los ambiciosos objetivos de transición ■ utilizar la crisis como una oportunidad para reformar aquellas partes de los sistemas de investigación que funcionan de manera subóptima, por ejemplo, la tubería de investigación-carrera ■ utilizar nuevas herramientas de políticas para un apoyo óptimo y ágil de CTI para abordar los problemas de COVID-19, aprovechando las nuevas tecnologías digitales para la formulación de políticas (por ejemplo, datos en tiempo real, aplicaciones digitales y bases de datos interconectadas) ■ utilizar enfoques deliberativos y anticipatorios de las políticas que consideren sistemáticamente dinámicas más amplias y a más largo plazo.
--	--

Sigue siendo necesario que la investigación y la innovación médicas aporten soluciones a la pandemia, y el apoyo a estas debería continuar, incluida la colaboración internacional, dada la escala mundial del desafío. Las asociaciones colaborativas brindan a los sistemas de CTI una mayor agilidad para responder a los desafíos futuros. El apoyo a las políticas para otras áreas de la ciencia y la innovación que mitigan los efectos de la crisis también debe continuar, prestando mucha atención a los efectos distributivos desiguales del COVID-19. Con el inicio de la segunda ola de la pandemia, el asesoramiento científico a los responsables políticos y los ciudadanos es cada vez más impugnado. Esto exige un énfasis renovado en la transparencia y un enfoque multidisciplinario, y una presentación clara del asesoramiento científico como una sola, aunque importante, aportación al proceso de formulación de políticas. Por último, si la recuperación posterior a la crisis debe promover las reformas estructurales necesarias para cumplir con una agenda centrada en una transición hacia la sostenibilidad, las políticas en materia de CTI deberán reformar los sistemas de investigación e innovación. Los gobiernos también deberán prepararse de manera más eficaz contra futuras crisis, evaluando los desarrollos en torno a incertidumbres clave y sus implicaciones para la CTI. Los formuladores de políticas y las partes interesadas del sistema de CTI podrían utilizar el marco de incertidumbres clave de este capítulo para

evaluar una amplia gama de opciones de políticas para dar forma al estado futuro y la dinámica de los paisajes de CTI.

Esquema del libro

El resto del libro profundiza en varios temas cubiertos en este capítulo. El Capítulo 2 analiza más de cerca la intensa presión del COVID-19 sobre los sistemas de investigación, revelando su capacidad de respuesta inherente y su flexibilidad. La producción científica, en términos de publicaciones académicas, ha sido impresionante. Las bases de datos de investigación y las editoriales científicas han eliminado las barreras tradicionales para que la comunidad científica pueda compartir rápidamente datos y publicaciones relacionados con el COVID-19. Las herramientas digitales y las infraestructuras de datos abiertos han permitido que muchos científicos continúen funcionando eficazmente fuera de sus entornos habituales de laboratorio o de campo. El COVID-19 también ha arrojado luz sobre áreas que necesitan fortalecerse para aumentar la preparación general de los sistemas de investigación para (y la resistencia a) crisis futuras, poniendo de manifiesto preocupaciones preexistentes sobre la asunción de riesgos en la investigación y la calidad de la investigación. En la prisa por comprender y encontrar soluciones al COVID-19, la tendencia ha sido comprensiblemente apoyar la investigación convencional “segura”, pero también existe la necesidad de tomar riesgos calculados y explorar nuevas ideas que podrían conducir a avances. La intensa presión para publicar datos y resultados rápidamente ha interrumpido o eludido los procesos normales de publicación de revisión por pares, aunque el fuerte aumento de las preimpresiones parece haber causado relativamente pocos problemas, y se están realizando experimentos para “revisar rápidamente” dichos artículos antes de su publicación.

Incluso en ausencia de COVID-19, muchos investigadores de carrera temprana se encontraban en posiciones precarias, empleados con contratos a corto plazo sin una perspectiva clara de un puesto académico permanente (Capítulo 3). Para las mujeres en particular, el entorno hipercompetitivo y la falta de seguridad han sido un desincentivo activo para continuar con la investigación. La mayoría de los investigadores que inician su carrera ahora esperan tener aún menos oportunidades de carrera académica, una situación agravada por la movilidad internacional radicalmente interrumpida de los investigadores. Se requieren trayectorias profesionales nuevas y más atractivas que brinden mayor seguridad y opciones alternativas de movilidad dentro y fuera de la academia y otros sectores de investigación.

Con respecto a la investigación e innovación empresarial, la crisis del COVID-19 no es solo una amenaza clave para la capacidad de los sistemas de innovación para cumplir con sus funciones normales, sino también un llamado a movilizar

estos sistemas para brindar nuevas soluciones a los desafíos inmediatos de salud, sociales y económicos planteados por la pandemia (Capítulo 4). En términos agregados, las inversiones empresariales en investigación e innovación son procíclicas y, por lo tanto, propensas a contraerse en tiempos de crisis. Es difícil imaginar que la crisis actual sea diferente, dados sus profundos, aunque desiguales, impactos económicos hasta ahora. Sin embargo, los gobiernos no pueden actuar solos para impulsar programas de políticas ambiciosos (como las transiciones de sostenibilidad): necesitan asociaciones sólidas con las empresas y la sociedad civil para tener éxito. Los paquetes de recuperación deberán incluir una combinación de medidas que incentiven al sector privado a invertir en investigación e innovación adecuadas. Un objetivo de política importante será reducir las incertidumbres señalando las inversiones previstas del sector público y los compromisos de demanda futura que respalden los objetivos de transición. La crisis actual también sirve como recordatorio de que las políticas de apoyo a la innovación deben poder orientar los esfuerzos de innovación donde más se necesitan. Los gobiernos deben crear carteras de apoyo a la innovación que les proporcionen los mecanismos, instrumentos y capacidades que les permitan orientar los esfuerzos de innovación, particularmente en áreas donde el gobierno es un usuario o cliente principal de las innovaciones. En este sentido, los incentivos fiscales son un medio insuficiente para orientar la innovación hacia necesidades sociales más amplias y no son óptimos para fomentar la inversión en conocimiento en la interfaz entre la investigación básica y el desarrollo real de productos o procesos. Las subvenciones directas pueden apoyar la investigación a largo plazo y de alto riesgo, así como dirigirse a áreas específicas que generan bienes públicos (por ejemplo, salud y defensa) o que tienen un potencial particularmente alto de efectos secundarios. Los gobiernos deberían revisar su combinación de políticas en apoyo de la investigación y la innovación empresarial para garantizar un equilibrio adecuado entre las medidas directas e indirectas.

Así como la pandemia es un problema global, requiere soluciones globales que involucren cooperación y colaboración internacional (Capítulo 5). Ningún país puede vencer al COVID-19 por sí solo. La colaboración en investigación, tanto entre la investigación pública y las empresas, como a nivel internacional, tal vez no tenga paralelo, ya que la empresa científica mundial se ha unido para encontrar soluciones a la pandemia. La velocidad con la que los grupos de investigación y las empresas biofarmacéuticas están desarrollando vacunas contra el COVID-19 se basa en años de inversión en investigación básica, así como en la reciente institucionalización de los esfuerzos de coordinación internacional para desarrollar plataformas tecnológicas ágiles que puedan activarse a medida que surgen nuevos patógenos. Estos arreglos relativamente nuevos están funcionando bien, pero carecen de fondos suficientes y dependen de un puñado de países e

instituciones filantrópicas para su financiación. Los gobiernos deberían considerar ampliarlos y extenderlos a otros desafíos globales donde la preparación para I+D es importante, aprovechando el impulso de la respuesta al COVID-19. Las medidas de preparación para la I+D incluyen plataformas tecnológicas, infraestructuras y redes de colaboración que mejorarán la capacidad de los países para responder eficazmente a una amplia gama de riesgos. Los gobiernos también deben trabajar juntos en nuevos mecanismos de financiación y gobernanza, en los que las empresas y los agentes financieros privados trabajen con los bancos de desarrollo multilaterales y nacionales para cofinanciar soluciones de CTI para los desafíos globales. La movilización rápida y sin precedentes de fondos públicos y privados para I+D para las vacunas contra el COVID-19 y su distribución global ha demostrado que se pueden implementar nuevos modelos de financiación innovadores para abordar los desafíos globales a través de la cooperación internacional en materia de CTI.

Las tecnologías digitales y biomédicas están desempeñando un papel esencial y muy visible en la lucha contra los impactos de la pandemia y en la búsqueda de soluciones médicas, especialmente en lo que respecta al desarrollo rápido de vacunas. Dos tecnologías emergentes, la biología de la ingeniería y la robótica, se han mostrado prometedoras para ayudar a mejorar la capacidad de recuperación de la salud de las sociedades. La biología de la ingeniería (capítulo 7) es un intento de convertir la biotecnología en una disciplina que recuerda más a la ingeniería que a la biología y se centra en la producción industrial. Un avance tecnológico reciente, la bio-fundición, puede reducir en gran medida el tiempo entre la idea y el producto y mejorar la confiabilidad y reproducibilidad de la bio-fabricación. Las biofundidoras son instalaciones altamente automatizadas que siguen flujos de trabajo complejos y detallados mediante el uso coordinado de robots de laboratorio. Las vacunas de ARN mensajero para COVID-19 (por ejemplo, las vacunas Pfizer y Moderna que han sido las primeras en aprobar los ensayos clínicos) son especialmente adecuadas para este enfoque. Más allá de su uso en las biofundidoras, la robótica puede desempeñar otras funciones que mejoran la capacidad de recuperación de la salud de las sociedades (Capítulo 6), desde ayudar en la investigación de laboratorio, la cirugía y la rehabilitación física, hasta la entrega de medicamentos, el transporte de desechos, la lucha contra la soledad y la mejora de los diagnósticos y tratamientos médicos. Los gobiernos poseen varias herramientas para acelerar el desarrollo y despliegue de tecnologías como estas: investigación básica y aplicada en empresas y organizaciones de investigación públicas; alianzas público-privadas y plataformas colaborativas; investigación interdisciplinaria y transdisciplinaria para tecnologías convergentes; y bancos de pruebas, demostradores y entornos limitados regulatorios para ayudar a las empresas a eliminar los riesgos de las inversiones. El desarrollo de

habilidades es otro requisito importante, al igual que el apoyo a los estándares y la difusión de tecnología.

Los arreglos de gobernanza de los países dan forma a sus respuestas de investigación e innovación a la actual crisis del COVID-19 e influirán en la contribución de la CTI a la recuperación (Capítulo 8). Estos arreglos son de amplio alcance e incluyen las formas en que los gobiernos establecen direcciones y eligen prioridades, sus relaciones con otros actores en el sistema de innovación y las tecnologías que utilizan para gobernar. Uno de los aspectos más visibles, y más debatidos, de la respuesta de los gobiernos a la pandemia es el uso del asesoramiento científico en el diseño de políticas. El trabajo anterior de la OCDE ha formulado directrices sobre la prestación y el uso de asesoramiento científico en crisis internacionales como el COVID-19. El capítulo revisa estas pautas y considera cómo los gobiernos las han seguido en su formulación de políticas. La eficacia de las políticas en materia de CTI también depende de las herramientas de inteligencia de políticas utilizadas, incluidos los sistemas de gestión de datos y los servicios de información que detectan, monitorean y comunican los desarrollos en los sistemas de CTI. Estos pueden mapear las dependencias del sistema, alertar a los tomadores de decisiones sobre los impactos y comunicar los impactos en tiempo real de posibles impactos futuros a un nivel granular. La crisis del COVID-19 ha dado lugar a usos sin precedentes de nuevas herramientas y datos digitales para informar las políticas, lo que podría acelerar la digitalización de la ciencia y la política de innovación en sí.

Los experimentos en curso de los gobiernos con políticas de innovación orientadas a la misión, que han tendido a abordar grandes desafíos sociales, podrían ocupar un lugar más destacado en la combinación de políticas en materia de CTI, por ejemplo, como parte de los paquetes de recuperación dirigidos a las transiciones ecológicas. Los gobiernos deberán renovar sus marcos de políticas y sus capacidades para llevar a cabo una agenda de políticas de ciencia e innovación más ambiciosa. El Capítulo 8 sostiene que los gobiernos deberían vincular el apoyo a las tecnologías emergentes con misiones más amplias que encapsulen los principios de innovación responsable. Esto ayudará a asegurar una alineación del desarrollo de tecnología emergente con los objetivos de las políticas de innovación orientadas a la misión. Será fundamental desarrollar las capacidades del gobierno para cumplir con una agenda de políticas más ambiciosa, incluidas las capacidades para utilizar análisis avanzados de manera más efectiva y en todo el gobierno. Un mayor énfasis de las políticas en el desarrollo de la resiliencia, que requiere agilidad de las políticas, destaca la necesidad de que los gobiernos posean capacidades dinámicas para adaptarse y aprender frente a entornos que cambian rápidamente.

1.6 REFERENCIAS

- Amano-Patiño, N. *et al.* (2020), “Who is doing new research in the time of COVID-19? Not the female economists”, *VoxEU*, <https://voxeu.org/article/who-doing-new-research-time-covid-19-not-female-economists> (accessed on 15 May 2020).
- Bailey, D. *et al.* (2020), “Regions in a time of pandemic”, *Regional Studies*, Vol. 54/9, <http://dx.doi.org/10.1080/00343404.2020.1798611>.
- Baker, N. (2020), “These cancer scientists turned their lab into a coronavirus-testing facility”, *Nature*, Vol. 580/7804, pp. 441-441, <http://dx.doi.org/10.1038/d41586-020-01109-x>.
- Baynes, G. y M. Hahnel (2020), “Research Practices in the wake of COVID-19: Busting open the myths around open data”, *Springer Nature*, <https://www.springernature.com/gp/advancing-discovery/blog/blogposts/research-practices-in-the-wake-of-covid/18256280> (accessed on 28 September 2020).
- Bloom, N., S. Davis, y Y. Zhestkova (2020), “COVID-19 Shifted Patent Applications toward Technologies that Support Working from Home”, No. No. 2020-133, Becker Friedman Institute for Economics at University of Chicago, <https://bfi.uchicago.edu/working-paper/covid-19-shifted-patent-applications-toward-technologies-that-support-working-from-home/> (accessed on 1 October 2020).
- BMW (2020), *Companies adjusting their R&D work during the crisis*, <https://www.bmw.de/Redaktion/EN/Pressemitteilungen/2020/20200526-companies-adjusting-their-rd-work-during-the-crisis.html> (accessed on 27 August 2020).
- Borowiecki, M. *et al.* (2019), “Supporting research for sustainable development”, *OECD Science, Technology and Industry Policy Papers*, No. 78, OECD Publishing, Paris, <https://dx.doi.org/10.1787/6c9b7be4-en>.
- Brown, R. y A. Rocha (2020), “Entrepreneurial Uncertainty during the Covid-19 Crisis: Mapping the Temporal Dynamics of Entrepreneurial Finance”, *Working Papers in Responsible Banking and Finance*, No. 20-008, University of St. Andrews, School of Management, https://www.st-andrews.ac.uk/business/rbf/workingpapers/RBF20_008.pdf (accessed on 28 May 2020).
- Bryan, K., J. Lemus y G. Marshall (2020), “Innovation During a Crisis: Evidence from Covid-19”, *SSRN Electronic Journal*, <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3587973> (accessed on 20 May 2020).
- Campello, M., G. Kankanhalli y P. Muthukrishnan (2020), *Corporate Hiring under COVID-19: Labor Market Concentration, Downskilling, and Income*

- Inequality*, National Bureau of Economic Research, Cambridge, MA, <http://dx.doi.org/10.3386/w27208> (accessed on 16 October 2020).
- Cancer Research Institute (2020), *COVID-19 and Clinical Trials*, <https://www.cancerresearch.org/scientists/immuno-oncology-landscape/covid-19-oncology-clinical-trials> (accessed on 16 October 2020).
- Castelvecchi, D. (2020), “‘Loving the minimal FOMO’: First major physics conference to go virtual sees record attendance”, *Nature*, Vol. 580/7805, <http://dx.doi.org/10.1038/d41586-020-01239-2>.
- Craig, S. *et al.* (2020), *Wellcome Monitor 2020: Covid-19 Study*, NatCen Social Research and Wellcome Trust, <https://wellcome.org/sites/default/files/wellcome-monitor-2020-covid-19-report.pdf> (accessed on 16 October 2020).
- Dinlersoz, E. *et al.* (forthcoming), “Business Formation: A Tale of Two Recessions”, *American Economic Review Papers and Proceedings*.
- European Commission (2020), *European Commission #EUvsVirus Hackathon identifies 117 solutions to support European and global recovery from the coronavirus outbreak | European Commission*, European Commission, Directorate-General for Communication, https://ec.europa.eu/info/news/117-solutions-selected-european-hackathon-support-recovery-coronavirus-outbreak-2020-a-pr-30_en (accessed on 26 May 2020).
- European Commission (2020), *EUvsVirus: from ideas to solutions*, European Commission, <https://www.euvsvirus.org/finalreport.pdf> (accessed on 4 June 2020).
- European Union (2020), *Coronavirus Global Response*, https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/research_and_innovation/research_by_area/documents/ec_rtd_cv-pledging-event_factsheet.pdf (accessed on 12 May 2020).
- Fry, C. *et al.* (2020), “Consolidation in a Crisis: Patterns of International Collaboration in COVID-19 Research”, *SSRN Electronic Journal*, <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3595455>.
- Gompers, P. *et al.* (2020), *Venture Capitalists and COVID-19*, National Bureau of Economic Research, Cambridge, MA, <http://dx.doi.org/10.3386/w27824>.
- Gössling, S., D. Scott and C. Hall (2021), “Pandemics, tourism and global change: a rapid assessment of COVID-19”, *Journal of Sustainable Tourism*, Vol. 29/1, <http://dx.doi.org/10.1080/09669582.2020.1758708>.
- Government of Canada (2020), *The NRC Pandemic Response Challenge program*, <https://nrc.canada.ca/en/research-development/research-collaboration/programs/pandemic-response-challenge-program> (accessed on 28 May 2020).
- Harris, M. *et al.* (2020), “Fast and frugal innovations in response to the COVID-19 pandemic”, *Nature Medicine*, Vol. 26/6, <http://dx.doi.org/10.1038/s41591-020-0889-1>.

- Heslop, E. *et al.* (2020), *Covid-19's impact on the ocean observing system and our ability to forecast weather and predict climate change*, https://www.gosocean.org/index.php?option=com_oeytask=viewDocumentRecordydocID=26920.
- Horbach, S. (2020), *Pandemic Publishing: Medical journals drastically speed up their publication process for Covid-19*, Cold Spring Harbor Laboratory, <http://dx.doi.org/10.1101/2020.04.18.045963>.
- Howell, S. *et al.* (2020), "Financial Distancing: How Venture Capital Follows the Economy Down and Curtails Innovation", *Harvard Business School Working Paper*, No. 20-115, <https://www.hbs.edu/faculty/Pages/item.aspx?num=58126> (accessed on 2 June 2020).
- ICVA (2020), *IVCA VenturePulse survey finds first quarter overall increase disguises negative impact of Covid-19 - IVCA*, Irish Venture Capital Association, <https://www.ivca.ie/ivca-venturepulse-survey-finds-first-quarter-overall-increase-disguises-negative-impact-of-covid-19> (accessed on 28 May 2020).
- IMF (2020), *Fiscal Monitor - April 2020*, International Monetary Fund, <https://www.imf.org/en/Publications/FM/Issues/2020/04/06/fiscal-monitor-april-2020> (accessed on 28 September 2020).
- Ipsos MORI (2020), *Innovation Finance: Private funding for innovative firms during the COVID-19 pandemic (July 2020 update)*.
- Isinnova (2020), *EASY COVID 19*, <https://www.isinnova.it/easy-covid19-eng> (accessed on 13 May 2020).
- Jaschik, S. (2020), "Will They Return? Surveys offer mixed outlook on student enrollment in the fall", *Inside Higher Ed*, <https://www.insidehighered.com/admissions/article/2020/03/30/surveys-offer-mixed-outlook-student-enrollment-fall> (accessed on 19 May 2020).
- Kanesarajah, V. y E. White (2020), "Chasing change: Innovation and patent activity during COVID-19. A report on the pandemic's impact on the global R&D community and innovation lifecycle", *Clarivate*, <https://clarivate.com/derwent/blog/chasing-change-innovation-and-patent-activity-during-covid-19/> (accessed on 16 October 2020).
- Mateos-Garcia, J., J. Klinger y K. Stathoulopoulos (2020), "Artificial Intelligence and the Fight Against COVID-19", Nesta, <https://www.nesta.org.uk/report/artificial-intelligence-and-fight-against-covid-19/> (accessed on 11 September 2020).
- McKinsey (2020), "Innovation in a crisis: Why it is more critical than ever", *McKinsey*, <https://www.mckinsey.com/business-functions/strategy-and-corporate-finance/our-insights/innovation-in-a-crisis-why-it-is-more-critical-than-ever> (accessed on 5 October 2020).

- Minello, A. (2020), “The pandemic and the female academic”, *Nature*, <http://dx.doi.org/10.1038/d41586-020-01135-9>.
- National Institutes of Health, O. (ed.) (2020), *COVID-19 Funding and Funding Opportunities*, <https://nexus.od.nih.gov/all/2020/04/13/covid-19-funding-and-funding-opportunities/> (accessed on 12 May 2020).
- NIH (2020), “National Institutes of Health - US National Library of Medicine”, *ClinicalTrials.gov*, <https://www.clinicaltrials.gov> (accessed on 16 October 2020).
- OECD (2021), “Timely indicators of entrepreneurship”, *Structural and Demographic Business Statistics* (database), <https://dx.doi.org/10.1787/b1bfd8c5-en> (accessed on 5 January 2021).
- OECD (2020), “Corporate sector vulnerabilities during the Covid-19 outbreak”, *OECD Policy Responses to Coronavirus (COVID-19)*, <http://www.oecd.org/coronavirus/policy-responses/corporate-sector-vulnerabilities-during-the-covid-19-outbreak-a6e670ea> (accessed on 19 May 2020).
- OECD (2020), “Making the green recovery work for jobs, income and growth”, *OECD Policy Responses to Coronavirus (COVID-19)*, <http://www.oecd.org/coronavirus/policy-responses/making-the-green-recovery-work-for-jobs-income-and-growth-a505f3e7/> (accessed on 15 October 2020).
- OECD (2020), *OECD Digital Economy Outlook 2020*, OECD Publishing, Paris, <https://dx.doi.org/10.1787/bb167041-en>.
- OECD (2020), “OECD Survey on STI policy responses to COVID-19”, *EC-OECD STIP Compass database, edition 10 December 2020*, <https://stip.oecd.org/covid>.
- OECD (2020), “Science, technology and innovation: How co-ordination at home can help the global fight against COVID-19”, *OECD Policy Responses to Coronavirus (COVID-19)*, <http://www.oecd.org/coronavirus/policy-responses/science-technology-and-innovation-how-co-ordination-at-home-can-help-the-global-fight-against-covid-19-aa547c11> (accessed on 8 September 2020).
- OECD (2020), *Start-ups in the Time of COVID-19: Facing the Challenges, Seizing the Opportunities*, OECD Tackling Coronavirus (Covid-19): Contributing to a global effort, <http://www.oecd.org/coronavirus/policy-responses/start-ups-in-the-time-of-covid-19-facing-the-challenges-seizing-the-opportunities-87219267/> (accessed on 14 May 2020).
- OECD (2020), “Strategic foresight for the COVID-19 crisis and beyond: Using futures thinking to design better public policies”, *OECD Policy Responses to Coronavirus (COVID-19)*, <http://www.oecd.org/coronavirus/policy-responses/strategic-foresight-for-the-covid-19-crisis-and-beyond-using-futures-t>

- hinking-to-design-better-public-policies-c3448fa5 (accessed on 15 October 2020).
- OECD (2020), “Tourism Policy Responses to the coronavirus (COVID-19)”, *OECD Policy Responses to Coronavirus (COVID-19)*, <https://www.oecd.org/coronavirus/policy-responses/tourism-policy-responses-to-the-coronavirus-covid-19-6466aa20> (accessed on 6 October 2020).
- OECD (2020), “Using artificial intelligence to help combat COVID-19”, *OECD Policy Responses to Coronavirus (COVID-19)*, <http://www.oecd.org/coronavirus/policy-responses/using-artificial-intelligence-to-help-combat-covid-19-ae4c5c21> (accessed on 2 June 2020).
- OECD (2020), “Women at the core of the fight against COVID-19 crisis”, *OECD Policy Responses to Coronavirus (Covid-19)*, <http://www.oecd.org/coronavirus/policy-responses/women-at-the-core-of-the-fight-against-covid-19-crisis-553a8269> (accessed on 15 May 2020).
- OECD (2011), “Towards Green Growth”, *OECD Green Growth Studies*, OECD Publishing, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/22229523>.
- Office for National Statistics (2020), *Coronavirus (COVID-19) roundup: Economy, business and jobs*, <https://www.ons.gov.uk/peoplepopulationandcommunity/healthandsocialcare/conditionsanddiseases/articles/coronaviruscovid19roundupeconomybusinessandjobs/2020-07-02> (accessed on 16 October 2020).
- Pai, M. (2020), “Covidisation of academic research: opportunities and risks”, *Nature Research*, <https://naturemicrobiologycommunity.nature.com/users/20892-madhukar-pai/posts/65638-covidisation-of-academic-research-opportunities-and-risks> (accessed on 28 May 2020).
- Paunov, C. y S. Planes-Satorra (forthcoming), “Science, technology and innovation in the time of COVID-19”, *OECD Science, Technology and Industry Policy Papers*, OECD Publishing, Paris.
- Paunov, C. y S. Planes-Satorra (forthcoming), “What future for science, technology and innovation after COVID-19?”, *OECD Science, Technology and Industry Policy Papers*, OECD Publishing, Paris.
- Planes-Satorra, S. y C. Paunov (2017), “Inclusive innovation policies: Lessons from international case studies”, *OECD Science, Technology and Industry Working Papers*, No. 2017/2, OECD Publishing, Paris, <https://dx.doi.org/10.1787/a09a3a5d-en>.
- Policy Cures Research (2020), *COVID-19 RyD TRACKER*, <https://www.policycuresresearch.org/covid-19-r-d-tracker> (accessed on 25 September 2020).
- Research Gate (2020), *Report: COVID-19 impact on global scientific community*, <https://www.researchgate.net/institution/ResearchGate/post/5e81f09ad78>

5cf1ab1562183_Report_COVID-19_impact_on_global_scientific_community (accessed on 4 May 2020).

- Riom, C. y A. Valero (2020), “The business response to Covid-19: the CEP-CBI survey on technology adoption”, *A CEP Covid-19 analysis*, No. 009, Centre for Economic Performance, https://cep.lse.ac.uk/_new/publications/abstract.asp?index=7291 (accessed on 30 September 2020).
- Scudellari, M. (2020), “The Pandemic’s Future”, *Nature*, Vol. 584, <https://media.nature.com/original/magazine-assets/d41586-020-02278-5/d41586-020-02278-5.pdf> (accessed on 2 October 2020).
- Solomon, S. (2020), “Most early stage Israeli startups at risk of closure due to pandemic — survey”, *The Times of Israel*, <https://www.timesofisrael.com/early-stage-israeli-startups-at-risk-of-closure-due-to-pandemic-survey-shows> (accessed on 2 June 2020).
- Stenvot, L. (2020), “CNRS Labs: Research Under Lockdown”, *CNRS News*, <https://news.cnrs.fr/articles/cnrs-labs-research-under-lockdown> (accessed on 18 May 2020).
- Subbaraman, N. (2020), “Sputnik moment or budget breaker: How will the pandemic alter research funding?”, *Nature*, Vol. 582/7811, <http://dx.doi.org/10.1038/d41586-020-01519-x>.
- UKRI (2020), *Get funding for ideas that address COVID-19*, UK Research and Innovation, <https://www.ukri.org/funding/funding-opportunities/ukri-open-call-for-research-and-innovation-ideas-to-address-covid-19> (accessed on 18 May 2020).
- USPTO (2020), *USPTO announces COVID-19 Prioritized Examination Pilot Program for small and micro entities*, USPTO, <https://www.uspto.gov/about-us/news-updates/uspto-announces-covid-19-prioritized-examination-pilot-program-small-and> (accessed on 25 May 2020).
- Viglione, G. (2020), “Tens of thousands of scientists are redeploying to fight coronavirus”, *Nature*, <http://dx.doi.org/10.1038/d41586-020-00905-9>.
- Vincent-Lamarre, P., C. Sugimoto y V. Larivière (2020), “The decline of women’s research production during the coronavirus pandemic”, *Nature Index*, <https://www.natureindex.com/news-blog/decline-women-scientist-research-publishing-production-coronavirus-pandemic>.
- WHO (2020), *Draft landscape of COVID 19 candidate vaccines*, *World Health Organization*, <https://www.who.int/who-documents-detail/draft-landscape-of-covid-19-candidate-vaccines> (accessed on 12 May 2020).
- World Bank (2020), “The COVID-19 Crisis Response : Supporting Tertiary Education for Continuity, Adaptation, and Innovation”, No. 153404, <https://documents.worldbank.org/en/publication/documents-reports/document>

[tdetail/621991586463915490/the-covid-19-crisis-response-supporting-tertiary-education-for-continuity-adaptation-and-innovation.](https://www.oecd.org/education/tertiary-education-for-continuity-adaptation-and-innovation/)

NOTAS

- 1 Ambos documentos de políticas son el resultado del trabajo realizado sobre el COVID-19 bajo los auspicios del Grupo de Trabajo de la OCDE sobre Política de Innovación y Tecnología.
- 2 <https://www.nytimes.com/interactive/2020/science/coronavirus-vaccine-tracker.html>.
- 3 Los impactos sobre las infraestructuras de investigación han sido multifacéticos, a veces con efectos extensos y duraderos. A modo de ilustración, la capacidad de observar el océano se vio afectada de formas sin precedentes. En el segundo trimestre de 2020, los gobiernos y las instituciones oceanográficas retiraron casi todos los buques de investigación oceanográfica a los puertos de origen, y las boyas oceánicas y otros sistemas no pudieron mantenerse, lo que provocó fallas prematuras. Las observaciones de estos sistemas son vitales para los pronósticos y advertencias marinos, climáticos y meteorológicos, y se requerirá algo de tiempo y costos adicionales para recuperar estas capacidades. (Heslop *et al.*, 2020).
- 4 Esta OCDE Science Flash Survey 2020 se implementa a través de un cuestionario de enlace abierto en línea, que invita a científicos o cualquier otra persona interesada en la ciencia o la política científica a responder preguntas sobre el impacto de la crisis del COVID-19 desde una perspectiva científica. La encuesta se promovió inicialmente a través de la red del Comité de Política Científica y Tecnológica de la OCDE y ex participantes de la Encuesta internacional de autores científicos de la OCDE de 2018. Se lleva a cabo en colaboración con el Banco Interamericano de Desarrollo. Al 12 de octubre de 2020, se habían recopilado más de 2600 respuestas de casi 100 países; el 45 % de las respuestas provino de personas que se identifican a sí mismas como científicas; el resto corresponde a asesores de política científica (20 %), profesionales vinculados a la ciencia (15 %), comunicadores científicos (10 %) y personas que realizan labores administrativas relacionadas con la ciencia (10 %). La encuesta no solicita ninguna información que pueda identificar a los encuestados. Como resultado, los resultados no pueden considerarse representativos de una población bien definida y deben considerarse con extrema precaución, como un punto de vista complementario a otras pruebas.
- 5 <http://www.zentech.be>.
- 6 <https://www.adaptvac.com>.
- 7 <https://www.thehindu.com/news/national/kerala/kerala-government-hospital-deploys-robot-to-serve-covid-19-patients/article31432663.ece>.
- 8 <https://www.policycuresresearch.org/covid-19-r-d-tracker>.
- 9 <https://www.ukcdr.org.uk/covid-circle/covid-19-research-project-tracker/>.
- 10 <https://anr.fr/en/call-for-proposals-details/call/flash-call-covid-19>.
- 11 <https://pm.gc.ca/en/news/news-releases/2020/03/20/prime-minister-announces-canadas-plan-mobilize-industry-fight-covid>.
- 12 <https://www.ukri.org/funding/funding-opportunities/ukri-open-call-for-research-and-innovation-ideas-to-address-covid-19>.
- 13 <https://ec.europa.eu/info/funding-tenders/opportunities/portal/screen/covid-19>.
- 14 <https://www.science4covid19.pt>.
- 15 <https://nrc.canada.ca/en/research-development/research-collaboration/programs/pandemic-response-challenge-program>.
- 16 <https://www.semanticscholar.org/cord19>.
- 17 A finales de septiembre de 2020.

-
- 18 www.nextrain.org.
 - 19 www.gisaid.org.
 - 20 <https://www.cas.org/covid-19-antiviral-compounds-dataset>.
 - 21 <https://midasnetwork.us/covid-19/>.
 - 22 <https://www.gov.uk/guidance/mhra-regulatory-flexibilities-resulting-from-coronavirus-covid-19>.
 - 23 <https://www.whitehouse.gov/briefings-statements/white-house-announces-new-partnership-unleash-u-s-supercomputing-resources-fight-covid-19/>.
 - 24 <https://www.erinha.eu/covid19-research/>.
 - 25 <https://home.treasury.gov/policy-issues/cares>.
 - 26 Se proporciona una revisión más completa en (Paunov and Planes-Satorra, forthcoming).
 - 27 <https://www.gov.uk/government/news/government-to-protect-uk-research-jobs-with-major-support-package>.
 - 28 <https://lafrenchtech.com/en/covid19-french-tech-fights-back-n1/>.
 - 29 Dicho ejercicio no comenzaría desde cero y analizaría los análisis prospectivos existentes, incluidos los ejercicios de prospectiva nacionales y los estudios de escenarios futuros, para identificar y explorar tendencias clave, pronósticos y escenarios futuros que podrían informar de manera útil el pensamiento estratégico a largo plazo en la política en materia de CTI en un mundo post-COVID-19. Utilizando talleres específicos llevados a cabo en el transcurso de 2021 y 2022, el ejercicio brindaría una perspectiva global única y proporcionaría recursos útiles para la formulación de políticas en materia de CTI y otros estudios de prospectiva estratégica. También proporcionaría una base útil para la edición 2022 de las Perspectivas de la ciencia, la tecnología y la innovación de la OCDE, que podría proporcionar visiones compartidas convincentes sobre el futuro de la política en materia de CTI.
 - 30 Estos puntos de pivote críticos se basan en (Paunov and Planes-Satorra, forthcoming).
 - 31 <https://funding.nordforsk.org/portal/#call/1904>.

2. Movilizar la financiación y las infraestructuras públicas en materia de investigación en tiempos de crisis

La pandemia de COVID-19 ha desencadenado una movilización sin precedentes de la comunidad científica. En un tiempo récord, las agencias y organizaciones públicas de investigación, las fundaciones privadas y organizaciones benéficas, y la industria de la salud en general, han establecido una serie de iniciativas de investigación recientemente financiadas por valor de miles de millones de dólares. Sin embargo, esta respuesta excepcional del sistema científico también ha revelado muchos desafíos. Este capítulo examina cómo se ha movilizado a la comunidad científica durante la crisis del COVID-19, con un enfoque particular en la financiación y las infraestructuras. Explora cómo las lecciones aprendidas pueden extrapolarse a otras situaciones de crisis y las operaciones de la ciencia de manera más amplia, extrayendo implicaciones políticas para los encargados de formular políticas científicas y los administradores, como la necesidad de una mejor preparación, mecanismos de financiación flexibles, nuevas políticas relacionadas con publicaciones anteriores de resultados científicos y para fortalecer la resiliencia general del sistema de investigación.

HALLAZGOS CLAVE

- **El sistema de investigación ha respondido con firmeza y flexibilidad durante la pandemia.** El sistema de financiación de la investigación, así como las infraestructuras de investigación, pudieron reorientarse rápidamente hacia temas relevantes para la

crisis y simplificar sus procedimientos, aunque se podría mejorar la capacidad de asignar o reasignar recursos rápidamente. La evaluación de la eficacia de los diferentes mecanismos para producir resultados de investigación útiles podría proporcionar información sobre lo que funciona para el futuro.

- **La crisis del COVID-19 ha estimulado nuevas prácticas en la comunicación científica, ya que el intercambio rápido de datos y descubrimientos científicos en todo el mundo se ha vuelto esencial.** Se han eliminado o suavizado muchas limitaciones tradicionales para acelerar la producción, publicación y difusión de resultados científicos relacionados con la pandemia. Las preimpresiones, es decir, los artículos académicos que no han sido revisados por pares, se han vuelto más comunes, lo que permite una difusión más rápida de los hallazgos científicos, pero también aumenta los riesgos en torno al control de calidad. Esto plantea interrogantes sobre cómo funciona la revisión por pares, su importancia y sus limitaciones. Más de las tres cuartas partes de todas las publicaciones de COVID-19 son de acceso abierto, en comparación con menos de la mitad en otros campos biomédicos. Estos desarrollos podrían acelerar la transición a una ciencia más abierta a largo plazo.
- **Existe una incertidumbre considerable con respecto a la financiación a largo plazo de la investigación una vez que ha pasado la emergencia inmediata,** ya que se han reasignado importantes recursos hacia campos de investigación que son relevantes para la crisis. Los gobiernos y los organismos de financiación de la investigación deben definir y comunicar rápidamente sus capacidades para apoyar la investigación en los próximos años, así como sus prioridades estratégicas, a fin de fomentar la cooperación y la colaboración, evitar duplicaciones innecesarias e identificar “espacios oscuros” donde la investigación es necesaria pero no se está llevando a cabo. Esto permitiría a las organizaciones que realizan investigaciones elaborar planes estratégicos realistas a largo plazo y permitiría un enfoque global coordinado.

2.1 INTRODUCCIÓN

La pandemia de COVID-19 ha generado una serie de desafíos excepcionales para el sistema de investigación. Tanto los gobiernos como los ciudadanos confían

en la ciencia para encontrar soluciones a la crisis. A partir de información limitada, se espera que la investigación proporcione una comprensión de la enfermedad, sus causas y transmisión, sus impactos en la sociedad, posibles curas y acciones preventivas, en un tiempo récord. La intensa presión ha puesto a prueba el sistema de investigación hasta sus límites, arrojando luz sobre su capacidad de respuesta y flexibilidad inherentes, pero también revelando áreas que deben fortalecerse para aumentar su resiliencia general y preparación para crisis existentes y futuras.

Este capítulo examina cómo se ha movilizado a la comunidad científica durante la crisis del COVID-19, con un enfoque particular en la financiación de la investigación y las infraestructuras. Las infraestructuras de investigación han movilizado sus recursos y abierto sus instalaciones a nuevos proyectos dirigidos al COVID-19. Las bases de datos de investigación y las editoriales científicas han eliminado las barreras tradicionales de acceso, de modo que los datos y publicaciones relacionados con el COVID-19 se puedan compartir rápidamente en toda la comunidad científica. Sin embargo, la coordinación nacional e internacional a veces ha sido lenta y se ha visto obstaculizada por obstáculos estructurales. Las organizaciones e instituciones de investigación han tenido que reorganizar sus operaciones, estableciendo rápidamente nuevas prioridades y considerando cómo equilibrar las nuevas inversiones para abordar la pandemia con la necesidad de mantener el apoyo a la base científica en su conjunto. Los procesos tradicionales de revisión por pares se han ampliado y el mantenimiento de la calidad de la producción científica bajo un intenso escrutinio público se ha convertido en un desafío particular.

El capítulo explora cómo las lecciones aprendidas pueden extrapolarse a otras situaciones de crisis y las operaciones de la ciencia de manera más amplia, trazando implicaciones políticas para los responsables de la formulación de políticas científicas y los administradores.

2.2 RECURSOS DESBLOQUEADOS PARA LA INVESTIGACIÓN DE COVID-19

La pandemia de COVID-19 ha llevado a una movilización mundial de financiadores de investigación y organizaciones que realizan investigación. Los financiadores de la investigación han establecido numerosos mecanismos de financiamiento rápido para responder al COVID-19 y han alentado y apoyado a los investigadores a reorientar sus esfuerzos hacia las prioridades relacionadas con la pandemia. La inversión filantrópica dirigida al COVID-19 también ha aumentado significativamente, particularmente para apoyar los esfuerzos de investigación internacionales. Si bien es difícil resumir los recursos asignados por varios financiadores para

apoyar la investigación relacionada con el COVID-19, un análisis preliminar de las principales iniciativas de financiamiento de investigación en todo el mundo¹ (Figura 2.1) sugiere que se desbloquearon más de USD 7,000 millones de recursos nuevos o redirigidos en los primeros nueve meses de 2020.²

- Se han anunciado más de 5,000 millones de dólares estadounidenses para planes de financiación de la investigación pública apoyados por organismos y organizaciones nacionales de financiación de la investigación pública. Estos incluyen alrededor de USD 300 millones para la región de Asia y el Pacífico (excluida la República Popular de China, en lo sucesivo China), más de USD 850 millones para Europa y más de USD 3,5 mil millones para América del Norte. Estas cifras no incluyen los recursos internos que se han reorientado hacia el COVID-19 dentro de las organizaciones que realizan investigaciones.
- Se han comprometido alrededor de USD 2,000 millones (una combinación de dinero público y privado) (principalmente a través de la Coalición para la Innovación en la Preparación ante Epidemias [CEPI] y la Alianza Mundial para las Vacunas y la Inmunización [GAVI]) para esfuerzos de investigación internacionales centrados en el desarrollo de Vacunas COVID-19 (consulte el Capítulo 5).
- Las fundaciones filantrópicas han asignado al menos 550 millones de dólares estadounidenses a la investigación del COVID-19, además de sus promesas para importantes iniciativas cooperativas internacionales.

Los recursos prometidos por la industria son más difíciles de determinar, pero las empresas privadas han asignado más de mil millones de dólares estadounidenses para iniciativas de investigación público-privadas. Los recursos de investigación internos invertidos por la industria en la investigación de diagnósticos, terapias y vacunas son probablemente mucho mayores.

Los países se han comprometido a financiar la investigación y la búsqueda de tratamientos en varias reuniones intergubernamentales de alto nivel dedicadas a la recaudación de fondos.³ Sin embargo, estas promesas no fueron asignadas a financiadores y esquemas de financiamiento específicos, y los montos prometidos probablemente incluyeron los ya comprometidos por agencias de financiamiento de investigación. De manera más general, la reasignación de fondos de un presupuesto existente durante una crisis a menudo fue un desafío para los gobiernos y las instituciones, ya que los procesos presupuestarios muchas veces implican una validación compleja y prolongada; En ocasiones, esto se eludió desbloqueando presupuestos suplementarios, pero la “flexibilidad financiera” era muy heterogénea entre los países.

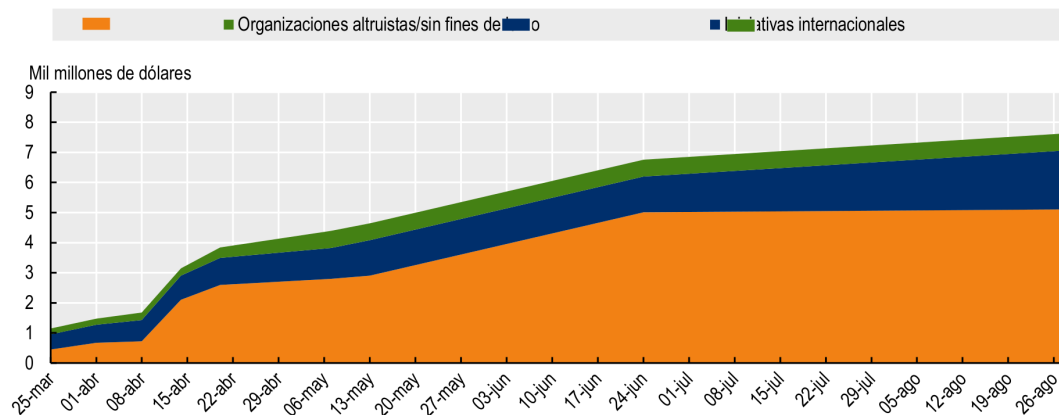


Figura 2.1: Evolución de los programas y compromisos de financiación de la investigación del COVID-19.

Marzo-agosto 2020.

Nota de cautela: Es casi seguro que la inversión general se subestima: el nivel esperado de financiamiento aún no se conoce ni se valida por completo para todos los esquemas de financiamiento, y algunos financiadores no divulgan públicamente las sumas asignadas. También puede haber cierta duplicación cuando los compromisos de financiación se redistribuyen entre diferentes programas de financiación. Por lo tanto, estas cifras deben tratarse con cautela, dada la complejidad de mapear las declaraciones de financiamiento con la inversión real y la ausencia de datos de algunos países. El fuerte aumento de la financiación observado en abril está vinculado a la aclaración de algunos de los principales financiadores de la investigación sobre su asignación de recursos a los principales programas de financiación.

Fuente: Los datos se obtuvieron de fuentes públicas publicadas por los financiadores. Los datos sobre las convocatorias de financiación de la investigación del gobierno están disponibles en el portal STIP COVID-19, consulte: <https://stip.oecd.org/covid/>
StatLink 2 <https://doi.org/10.1787/888934223232>

En cuanto al nivel de los proyectos de investigación, a mediados de septiembre de 2020 se registraron más de 2,000 proyectos financiados en todo el mundo (excluida China) en una base de datos en vivo de proyectos de investigación financiados sobre el COVID-19 mantenida por la UK Collaborative on Development Research (UKCDR) y la Global Research Collaboration for Infectious Disease Preparedness (GloPID-R).⁴ La base de datos muestra que las organizaciones de financiamiento público ya habían otorgado al menos USD 770 millones a grupos de investigación para esa fecha. Esta descripción general de los proyectos de investigación, que se compara con las prioridades identificadas en la Hoja de ruta mundial coordinada de investigación de la Organización Mundial de la Salud (OMS) (WHO, 2020), ilustra la amplia diversidad de investigaciones que reciben apoyo.

No es fácil distinguir con precisión, ya sea a nivel agregado o de proyecto, entre fondos completamente nuevos y recursos que simplemente han sido reasignados. Además, la situación parece ser muy específica de cada país. En los

Estados Unidos, alrededor del 40% (es decir, USD 75 millones) de los recursos de la Fundación Nacional de Ciencias de EE. UU. (NSF) asignados al COVID-19 a fines de octubre de 2020 (USD 190 millones) provinieron de fondos adicionales proporcionados por el Congreso de los Estados Unidos. En Francia, la proporción de nuevos recursos proporcionados por el Ministerio de Investigación fue probablemente incluso mayor. Por el contrario, los recursos fueron reutilizados en su mayoría por las agencias de financiación de la investigación de Alemania y Noruega, Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) y Norges forskningsråd, respectivamente, al menos en el primer semestre de 2020. En DFG, los recursos disponibles que aún no se habían asignado a programas específicos se dirigieron hacia esquemas de financiamiento del COVID-19.

Finalmente, si bien la financiación de la investigación sobre COVID-19 durante la primera mitad de 2020 se caracterizó por el lanzamiento de una gran cantidad de nuevos esquemas de financiación de emergencia, la situación ha pasado progresivamente hacia la integración de las convocatorias de investigación relacionadas con COVID-19 en los mecanismos de financiación convencionales. Muchos financiadores de investigación ahora han integrado convocatorias de propuestas de investigación en varios dominios relevantes para COVID-19 dentro de sus operaciones normales. No está claro si la integración de la investigación de COVID-19 en estas corrientes principales de financiación se está produciendo a expensas de la financiación de otras disciplinas, y de ser así, en qué medida. Los investigadores en el campo biomédico han advertido que la financiación y las convocatorias de propuestas en su dominio no relacionadas con COVID-19 pueden verse severamente recortadas, tanto por una posible reducción en la financiación global (por ejemplo, de organizaciones benéficas médicas, que han experimentado caídas significativas en donaciones) y la nueva priorización de la investigación relacionada con COVID-19 (Kourie *et al.*, 2020). También existen preocupaciones sobre los posibles impactos de una respuesta rápida sobre la equidad, la diversidad y la inclusión dentro del sistema de financiación de la investigación (Witteman, Haverfield and Tannenbaum, 2020).

2.3 ÁREAS DE INVESTIGACIÓN APOYADAS POR NUEVAS INICIATIVAS DE FINANCIACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

En respuesta a la crisis pandémica, la financiación de la investigación y las organizaciones que realizan la investigación han lanzado una amplia gama de proyectos e iniciativas de financiación, que cubren una combinación de temas y objetivos (Figura 2.2). Los esquemas de financiamiento rara vez se enfocan en un solo tema y es difícil evaluar la escala de financiamiento exacta asignada a estas diversas categorías, pero el apoyo para terapias y vacunas ha sido

preeminente. Los datos proporcionados por el rastreador UKCDR-GloPID-R⁵ muestran que las agencias de financiamiento han emitido convocatorias y han otorgado fondos importantes en diferentes categorías, con un número notable de proyectos dedicados a estudiar las respuestas sociales a la crisis del COVID-19 (Figura 2.3).⁶

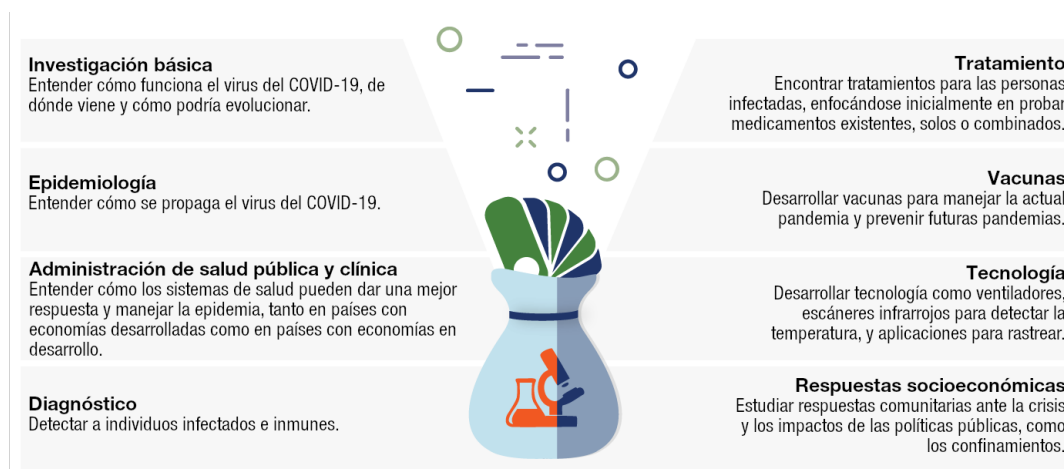


Figura 2.2: Mezcla de temas a los que se dirigen las organizaciones de financiación para abordar el COVID-19 y sus impactos.

2.4 DESAFÍOS EN LA GESTIÓN DE PROYECTOS DE FINANCIACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN DE EMERGENCIA

Los financiadores de investigación que están estableciendo esquemas de emergencia para el financiamiento de la investigación enfrentan una serie de desafíos específicos, en particular en torno a la priorización de temas y la difusión de convocatorias, recursos y resultados de la investigación (Figura 2.4). Algunos de ellos se describen a continuación.

Establecimiento de prioridades

Las organizaciones de financiación tienen varias formas de establecer prioridades. Particularmente en las áreas biomédicas, las prioridades iniciales a menudo se definían sobre la base de las lagunas de investigación, según lo determinaba la OMS, para garantizar que se abordaran los problemas esenciales. Representantes de GloPID-R, OMS, científicos y patrocinadores de investigaciones en materia de salud se reunieron en febrero de 2020 para evaluar el estado actual del conocimiento acerca del COVID-19, y acordaron las prioridades de investigación clave y

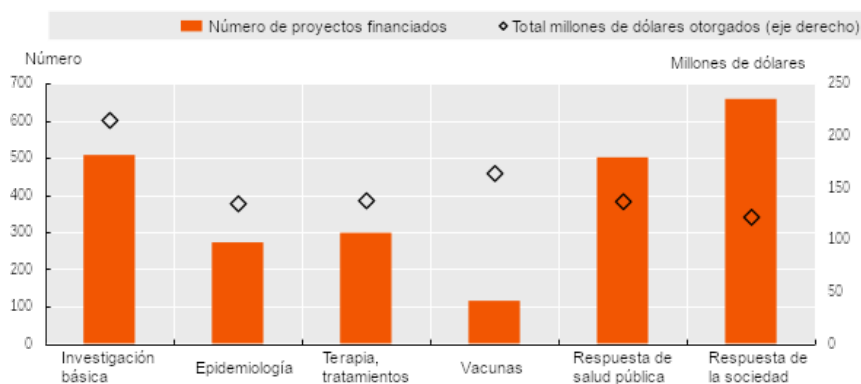


Figura 2.3: Proyectos de investigación financiados por organismos públicos de financiación en diversas áreas de investigación.

Nota: No se incluyen grandes programas sobre terapias y vacunas, como CEPI. No se dispuso de datos desglosados sobre proyectos de investigación sobre diagnóstico y tecnologías. Algunos proyectos pueden asignarse a varias prioridades. Actualmente, la base de datos tiene información limitada sobre los montos de financiamiento para un número significativo de proyectos. Por lo tanto, la cantidad total mostrada subestima significativamente la financiación total real otorgada.

Fuente: Los datos provienen del rastreador UKCDR-GloPID-R: <https://www.glopid-r.org> (consultado el 15 de septiembre de 2020).

las formas de trabajar juntos para acelerar y financiar la investigación prioritaria (ver Capítulo 5). Como ejemplo, el Gobierno de Canadá diseñó sus oportunidades clave de financiación de la investigación para alinearse con el Plan de I+D de COVID-19 que surgió de la reunión entre la OMS y GloPID-R. Posteriormente, estas prioridades se adaptaron a menudo al contexto nacional, a fin de tener en cuenta las fortalezas relativas de las organizaciones nacionales que realizan investigaciones en dominios particulares y evitar la duplicación con proyectos (por ejemplo, sobre vacunas) llevados a cabo por consorcios internacionales. En varios países, las prioridades nacionales fueron determinadas por paneles asesores de expertos *ad hoc* o establecidos por los gobiernos para proporcionar un enfoque estratégico coordinado. En el Reino Unido, por ejemplo, las prioridades fueron identificadas por primera vez por el Grupo Asesor Científico para Emergencias (SAGE) en sinergia con las diversas partes interesadas nacionales e internacionales relevantes. Por el contrario, el establecimiento de prioridades fue mucho menos frecuente en áreas no médicas. Por ejemplo, la NSF pidió a su amplia comunidad de investigadores que proponga investigaciones relacionadas con las dimensiones no médicas y no clínicas de COVID-19. Esto generó una respuesta enorme y variada, con miles de consultas y propuestas, y más de 1,000 premios otorgados a fines de octubre de 2020. Se requirió coordinación dentro de la NSF para evitar duplicaciones, y se llevó a cabo una amplia comunicación

con otras agencias de EE. UU. para evitar superponerse y asegurarse de que los proyectos se dirigieran a la agencia más adecuada. De manera similar, en Francia, la Agence Nationale de la Recherche (ANR) abrió convocatorias de propuestas sobre el impacto integral (por ejemplo, económico, social y ambiental) de la pandemia de COVID-19, extendiendo la investigación más allá de las prioridades de salud pública definidas por la OMS.



Figura 2.4: Los planes de financiación de la investigación de emergencia se enfrentan a nuevos retos de gestión.

Propuestas de investigación de seguimiento rápido

Durante las etapas iniciales de la crisis de COVID-19, los financiadores a menudo evaluaban las propuestas de investigación internamente, utilizando sus propios expertos y gerentes de proyectos para acelerar los premios. A menudo se favorecía a los equipos de investigación con un historial probado.⁷ Para mantener manejable el número de solicitudes, algunos financiadores (por ejemplo, la Fundación de Investigación FWO en Bélgica-Flandes) inicialmente limitaron el número de espacios de financiamiento por universidad y agregaron un requisito de cooperación entre instituciones de investigación dentro de los proyectos. En otros casos, los paneles de expertos que comprenden investigadores nacionales e internacionales

se establecieron mediante procedimientos acelerados y funcionaron virtualmente (por ejemplo, la agencia de financiación del Consejo de Investigación Holandés redujo el tiempo de evaluación de la propuesta a un mes, en comparación con el promedio de tres a cuatro meses aplicable en condiciones normales). Como se describe en un párrafo posterior, estos procedimientos acelerados también fueron implementados con éxito por las infraestructuras de investigación, lo que sugiere posibles ganancias de eficiencia en la gestión de las propuestas de investigación en los procesos operativos normales. Sin embargo, la aceleración de un gran número de propuestas de investigación en un tiempo récord hizo que las capacidades de las agencias de financiación llegaran a sus límites: en el Reino Unido, por ejemplo, el número de propuestas para revisar era el doble de lo normal y tuvo que hacerse en un período muy corto, lo que provocó una intensa carga de trabajo y la fatiga de todo el personal de la agencia y los revisores involucrados.

El principal objetivo de estos esquemas de financiamiento inicial era entregar resultados que pudieran informar soluciones lo antes posible, favoreciendo un enfoque de “fruta madura” y la financiación de laboratorios de investigación bien establecidos con un historial conocido. No obstante, algunos financiadores desarrollaron esquemas que priorizaban claramente el interés del proyecto sobre la reputación del equipo, reconociendo que las propuestas de investigación innovadoras podrían ser desarrolladas por equipos de investigación no especializados (como fue el caso de las convocatorias de propuestas de Flash Covid-19 y RA-Covid -19 emitidas por la ANR de Francia).

En la mayoría de los casos, los donantes no han establecido procedimientos específicos para facilitar la asimilación de los resultados de la investigación. Aunque las responsabilidades están divididas en este asunto, es un área que probablemente merece mayor atención. En los Estados Unidos, la NSF apoyó la creación de COVID Information Commons,⁸ que conecta a los investigadores principales de los proyectos, proporciona herramientas para buscar entre los premios de la NSF relacionados con COVID-19 y enlaces a otros esfuerzos de investigación estadounidenses e internacionales. De manera similar, los Institutos Canadienses de Investigación en Salud (CIHR) también lanzaron una convocatoria para una Red de Síntesis de Conocimientos COVID-19.⁹ En Francia, la plataforma nacional COVID-19 está estableciendo un nuevo mecanismo de seguimiento centralizado de los resultados de la investigación. Si bien las agencias de financiamiento han alentado en gran medida el intercambio de datos y resultados científicos (ver más abajo), la explotación de estos resultados se ha dejado en gran medida a otras partes interesadas en el ecosistema de investigación (es decir, investigadores, instituciones y empresas privadas). Existen oportunidades para que los donantes apoyen y trabajen más de cerca con estos otros actores.

2.5 INCERTIDUMBRES SOBRE LOS IMPACTOS A LARGO PLAZO DE LA FINANCIACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN DE EMERGENCIA

En general, aunque los financiadores de la investigación reaccionaron muy rápidamente y establecieron estrategias y esquemas de financiamiento de manera efectiva, se pueden aprender muchas lecciones de la crisis del COVID-19 para mejorar la eficiencia de estas medidas en crisis futuras. Si bien la producción científica en términos de publicaciones académicas resultante de esta gran inversión ha sido impresionante (Figura 2.5), es necesario abordar una serie de preguntas importantes para informar las políticas científicas futuras sobre preparación y respuesta a crisis.

A. Top 30 contribuyentes de investigaciones sobre COVID-19, 1 enero a 30 noviembre de 2020

B. Tendencias biomédicas y científicas en investigaciones sobre COVID-19, 1 enero a 30 noviembre de 2020

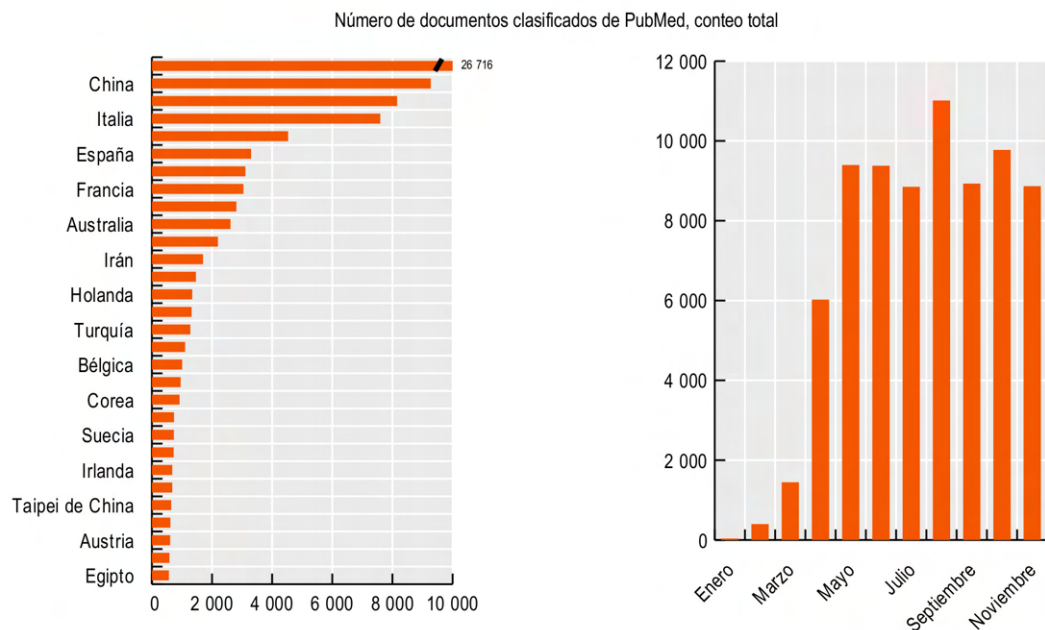


Figura 2.5: Crecimiento de publicaciones relacionadas con COVID-19.

Nota: El período abarca del 1 de enero al 30 de noviembre de 2020 e incluye 74,115 documentos. Las publicaciones incluyen el siguiente tipo de artículos revisados por pares: libros y documentos, ensayos clínicos, metaanálisis, ensayos controlados aleatorios, revisiones y revisiones sistemáticas. Irán significa República Islámica de Irán.

Fuente: Cálculos de la OCDE y OCTS-OEI, basados en datos de PubMed de los Institutos Nacionales de Salud de EE. UU., <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/> (consultado el 30 de noviembre de 2020).

StatLink 2 <https://doi.org/10.1787/888934223251>

Calidad e impacto de la ciencia producida

Aunque ya se ha publicado una gran cantidad de artículos de investigación, todavía es difícil evaluar si la producción científica valió la pena la inversión pública y qué impacto tendrá en informar soluciones para los muchos problemas derivados de la pandemia. Es igualmente importante determinar si ciertos tipos de mecanismos de financiamiento (muchos financiadores intentaron innovar para responder a la emergencia) han sido más efectivos que otros en producir resultados de investigación útiles (por ejemplo, ¿las inversiones “seguras” basadas en el historial y la reputación produce mejores resultados que las inversiones “más riesgosas”?). La evaluación de los impactos de varios enfoques de financiamiento, que utilizan una variedad de indicadores relevantes, debería proporcionar información útil sobre lo que funciona para el futuro.

Impacto a largo plazo en los dominios de la investigación

Como se mencionó anteriormente, la crisis del COVID-19 ha desplazado el financiamiento y los esfuerzos científicos hacia áreas específicas de investigación biomédica. Incluso si aún no se dispone de cifras definitivas, se han reasignado importantes recursos hacia campos de investigación que son relevantes para la crisis. No está claro si este será un cambio duradero, pero es probable que continúe durante algún tiempo a medida que se impongan nuevas oleadas de pandemias. No se puede determinar cómo afectará esto a otros dominios de investigación, pero plantea preguntas sobre la estrategia general en materia de investigación a largo plazo que tanto los financiadores de la investigación como las organizaciones que realizan la investigación deben implementar para garantizar que tengan carteras de investigación equilibradas y la capacidad para abordar nuevos desafíos de donde sea que vengan. El cambio en la financiación también tiene implicaciones importantes para la fuerza laboral de investigación, lo que podría obligar a los investigadores a trasladarse a dominios fuera de su experiencia real. Ejemplos recientes como la epidemia de síndrome respiratorio agudo severo (SARS) de 2003, el brote de ébola de 2014-16 o la epidemia de Zika de 2016 se asociaron con programas de investigación y desarrollo de vacunas dedicados a relativamente corto plazo que no se llevaron a cabo una vez que desapareció la urgencia (Figura 2.6).

Este “ciclo de pánico y negligencia” tuvo consecuencias tanto económicas como de salud, ya que las agencias federales de financiamiento reasignaron fondos que se habían comprometido para el desarrollo de vacunas, dejando a los fabricantes con pérdidas financieras y retrasando otros programas de desarrollo de vacunas (Lurie *et al.*, 2020). El COVID-19 está en una escala mucho mayor y los cambios en las direcciones de investigación que ha provocado son mucho más sustanciales.

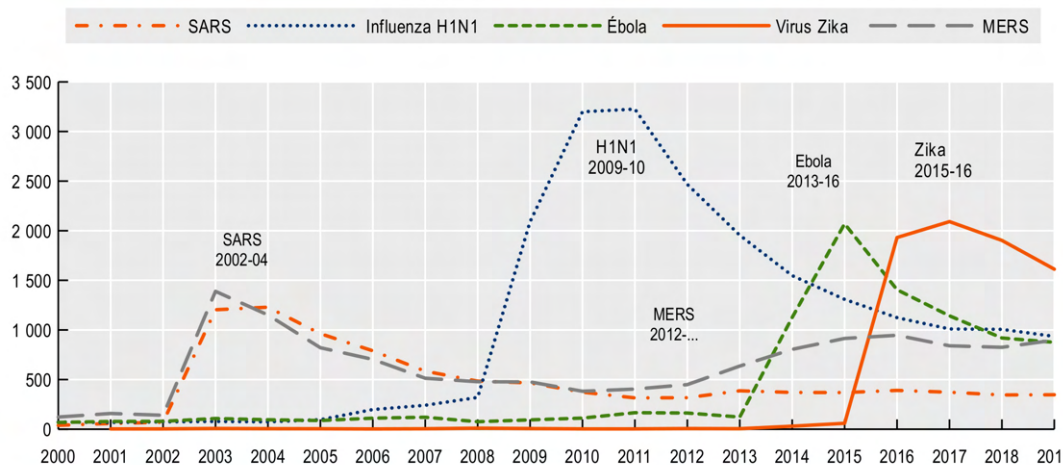


Figura 2.6: Seguimiento de la investigación sobre crisis sanitarias mundiales anteriores, 2000-19. Nota: Las publicaciones incluyen los siguientes tipos de artículos revisados por pares: libros y documentos, ensayos clínicos, metaanálisis, ensayos controlados aleatorios, revisiones y revisiones sistemáticas.

Fuente: Cálculos de la OCDE basados en datos de PubMed de los Institutos Nacionales de Salud de EE. UU, <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/> (consultado el 13 de octubre de 2020). StatLink 2 <https://doi.org/10.1787/888934223270>

Por lo tanto, el impacto a más largo plazo en diferentes dominios de investigación requerirá una consideración cuidadosa.

Impacto en el sistema de financiación de la ciencia

El futuro de la financiación de la investigación después de la crisis es incierto (Subbaraman, 2020). Por un lado, la crisis económica emergente podría desencadenar importantes recortes en los presupuestos públicos de investigación, dejando sin trabajo a miles de investigadores y reduciendo la capacidad de investigación durante muchos años. En Europa, por ejemplo, el plan de recuperación económica de 750,000 millones de euros decidido por el Consejo Europeo se ejecutará en parte a expensas del presupuesto de I+D de Horizon 2020: solo 80,900 millones de euros de los 94,400 millones de euros reservados propuestos en mayo por la Comisión Europea se mantuvo en el presupuesto final aprobado en julio por el Consejo Europeo, un recorte significativo de 13,500 millones de euros (Wallace, 2020), aunque posteriormente se recuperaron 4,000 millones de euros tras las discusiones con el Parlamento Europeo. Paralelamente, las organizaciones benéficas que financian la investigación y las organizaciones no gubernamentales que dependen de los donantes también se ven afectadas por una disminución de las donaciones, ya que las empresas y las personas se enfrentan a

un futuro financiero incierto. A fines de junio de 2020, la Asociación de Organizaciones Benéficas de Investigación Médica en el Reino Unido, cuyos miembros enviaron 1,900 millones de libras esterlinas a investigadores biomédicos en 2019, ya informaba una caída promedio del 38 % en los ingresos por recaudación de fondos; otros países están experimentando situaciones similares (Cahan, 2020).

Por otro lado, esta pandemia puede subrayar la importancia de la ciencia para prepararse y reaccionar ante las crisis que se avecinan, lo que posiblemente se traduzca en un apoyo más fuerte y duradero para la investigación. Por ejemplo, Estados Unidos y el Reino Unido han prometido nuevos fondos para la investigación para los próximos años. El presupuesto federal de I+D anunciado de EE. UU. para 2021 muestra un aumento del 6 % con respecto al presupuesto del ejercicio fiscal (EF) 2020. Mientras tanto, el Reino Unido sigue comprometido a aumentar el gasto público en I+D a 22,000 millones de libras esterlinas para el ejercicio fiscal 2024/25 y aumentar su gasto total en I+D al 2.4 % del producto interior bruto para 2027. Corea también anunció una nueva iniciativa de política científica y tecnológica “postcoronavirus, dirección de políticas de ciencia y tecnología para un nuevo futuro” que identifica 30 tecnologías prometedoras que tendrán alta prioridad para la financiación de I+D del gobierno. Es probable que las estrategias nacionales y los compromisos de financiamiento difieran ampliamente entre países, lo que aumenta la incertidumbre futura para todos los actores en los ecosistemas de investigación, con importantes implicaciones para la fuerza laboral de investigación (ver Capítulo 3).

2.6 MOVILIZACIÓN EFECTIVA DE INFRAESTRUCTURAS DE INVESTIGACIÓN

Las infraestructuras de investigación son instalaciones, recursos y servicios relacionados que la comunidad científica utiliza para realizar investigaciones de alto nivel en sus respectivos campos. Cubren los principales equipos o conjuntos de instrumentos científicos; recursos basados en el conocimiento como colecciones, archivos o estructuras de información científica; habilitación de infraestructuras basadas en tecnología de la información y las comunicaciones, como la computación en red, el software y las comunicaciones; o cualquier otra entidad de carácter singular imprescindible para alcanzar la excelencia en la investigación. Desempeñan un papel importante en la investigación moderna en todos los dominios científicos. La crisis del COVID-19 ha sido testigo de una movilización de infraestructuras de investigación rápida y sin precedentes para apoyar a la comunidad de investigadores. Este esfuerzo cubre varios aspectos clave, como se describe en las siguientes secciones.

Acceso rápido

Para facilitar la investigación sobre COVID-19, muchas instancias reservadas tienen acceso acelerado a sus equipos o servicios sin la necesidad de someterse a procedimientos de evaluación regulares (y a menudo prolongados). Se concedieron muchas solicitudes de acceso en el plazo de un mes a partir de la presentación de la propuesta. El Recuadro 2.1 proporciona un ejemplo de acceso rápido a una infraestructura de investigación para investigaciones relacionadas con COVID-19.

Recuadro 2.1. Ejemplo de acceso rápido a la infraestructura de investigación para la investigación de COVID-19

El Paul Scherrer Institute (PSI) es un instituto de investigación multidisciplinario suizo para las ciencias naturales y de la ingeniería que opera grandes equipos científicos únicos y líderes en el mundo. Inmediatamente después del inicio de la crisis, el PSI creó un sitio web dedicado a la investigación relacionada con COVID-19¹⁰. El PSI pudo contribuir rápidamente a varios aspectos de la ciencia subyacente del COVID-19, desde la biología estructural hasta la patología pulmonar y la epidemiología.

En julio de 2020, científicos de la Universidad Goethe en Frankfurt, Alemania, publicaron resultados sobre la proteasa similar a la papaína (PLpro), una enzima esencial del SARS-CoV-2. El trabajo de biología estructural se realizó en el sincrotrón electrónico PSI Fuente de luz de Suiza (SLS), tras la apertura de la “Convocatoria Prioritaria COVID-19”. La recopilación de datos cristalográficos tuvo lugar el 9 de abril de 2020, después de que se cancelara el cierre planificado de Pascua del SLS para permitir la realización de este experimento específico, junto con un experimento de imágenes de rayos X COVID-19.

Compartir datos

La difusión de datos de investigación sobre COVID-19 ha sido de suma importancia.¹¹ Muchas infraestructuras de investigación brindan acceso a datos (por ejemplo, biológicos, ambientales y sociales) que son de interés directo para la investigación de COVID-19. La mayoría de estas infraestructuras de investigación de datos han establecido portales y estructuras dedicados para facilitar el acceso y el uso de datos sobre COVID-19 que son relevantes para la investigación. Por ejemplo, el Centro de Bioinformación de Corea¹² centraliza y pone a disposición toda la información biológica relevante para COVID-19. Algunas instancias reservadas han desarrollado iniciativas de crowdsourcing que ayudan a abrir y

vincular los datos de COVID-19. La infraestructura de investigación europea ELIXIR, por ejemplo, coorganizó un Biohackatón de COVID-19 virtual en abril de 2020¹³ para desarrollar nuevas herramientas para trabajar con datos de COVID-19. En el Reino Unido, el instituto nacional de ciencia de datos de salud, Health Data Research UK (HDR UK), ha defendido activamente el uso de datos de salud para abordar el desafío de COVID-19. Aunque se necesita una infraestructura digital para compartir y vincular datos, esto no estaba completamente implementado en el Reino Unido. Para remediar esto, HDR UK convocó a varias organizaciones para financiar la International COVID-19 Data Alliance (Health Data Research UK, 2020), que se centra en compartir datos no identificados o a nivel de población. En otros casos, las infraestructuras de investigación que poseen capacidades sustanciales de análisis de datos y computación para su uso en campos de investigación particulares (por ejemplo, física de partículas) las han abierto y han ofrecido su experiencia para facilitar la extracción de datos en COVID-19. Por ejemplo, el CERN ha movilizó sus tecnologías de código abierto, ha establecido repositorios de datos abiertos y ha desarrollado una serie de iniciativas de cooperación basadas en sus capacidades internas.¹⁴

Coordinación

Varias infraestructuras de investigación biomédicas han creado mecanismos coordinados para facilitar la investigación sobre COVID-19. Por ejemplo, los centros de secuenciación de alto rendimiento alemanes establecieron acceso coordinado a sus instalaciones,¹⁵ y en Canadá, Genome Canada lanzó la red canadiense de genómica COVID (CanCOGeN) en asociación con CGEn (la plataforma nacional de Canadá para la secuenciación y análisis del genoma), laboratorios de salud, hospitales, academia e industria nacionales y provinciales. A nivel internacional, el Servicio de Respuesta Rápida COVID-19 se estableció en Europa como un procedimiento coordinado y acelerado para que los investigadores accedan a las instalaciones académicas, los servicios y los recursos de tres infraestructuras de investigación médicas: la Infraestructura Europea de Investigación para Medicina Traslacional,¹⁶ la Red de Infraestructura de Investigación Clínica¹⁷ y la infraestructura de investigación europea para biobancos,¹⁸ trabajando juntos bajo el paraguas de la Alianza de Infraestructuras de Investigación Médica.

Nueva investigación dedicada a COVID-19

Si bien muchas infraestructuras de investigación son instalaciones orientadas a servicios dirigidas a usuarios externos, otras también realizan investigaciones internas con su propio personal. En respuesta a la crisis, una gran cantidad de

infraestructura de investigación orientadas a servicios desarrollaron herramientas y programas específicos para facilitar la investigación de COVID-19 para sus usuarios externos. También desarrollaron servicios adicionales, como herramientas de gestión de proyectos. Muchas de las infraestructuras de investigación que han realizado investigaciones internas con cierta relevancia para la pandemia han emprendido acciones específicas para generar y proporcionar datos e información relacionados con la crisis. Por ejemplo, la Encuesta Social Europea [European Social Survey]¹⁹ lanzó nuevos módulos para abordar los problemas sociales relacionados con la pandemia, como las actitudes del público hacia las respuestas gubernamentales a la pandemia, el apoyo a las teorías de la conspiración y la voluntad de vacunarse. En Japón, RIKEN comenzó la operación temprana de la nueva supercomputadora “Fugaku” para apoyar la búsqueda de candidatos a fármacos terapéuticos para COVID-19. El plan inicial era comenzar a compartir el acceso a la supercomputadora en 2021, pero Fugaku comenzó a explotar algunas de sus funciones con urgencia en el segundo trimestre de 2020, durante la fase de ajuste. En julio de 2020, un equipo de investigadores de RIKEN y la Universidad de Kioto anunció que había descubierto decenas de sustancias que podrían ser candidatas para el tratamiento del COVID-19, luego de realizar en unos diez días cálculos que normalmente habrían llevado más de un año basados en métodos convencionales de rendimiento de supercomputadoras. (The Japan Times, 2020).

En conclusión, las infraestructuras de investigación han demostrado una flexibilidad considerable durante la crisis

Como muestran estos ejemplos, las infraestructuras de investigación han demostrado una flexibilidad considerable a la hora de adaptar sus instalaciones para satisfacer necesidades urgentes. Por tanto, las capacidades informáticas de Fugaku de Japón mencionadas anteriormente también se utilizaron para proyectos socioepidemiológicos para simular y predecir la transmisión de virus en interiores y para modelar la propagación de enfermedades bajo diversas medidas de contención de políticas. Esto resultó ser extremadamente influyente para las autoridades sanitarias (para determinar las mejores políticas de contención basadas en hechos científicos) y para el público en la concienciación sobre las directrices gubernamentales y su aceptabilidad. Al mismo tiempo, la crisis ha llevado a muchas infraestructuras de investigación a actualizar sus procesos, como se recomienda en un informe reciente de la OCDE sobre el funcionamiento y uso de las infraestructuras de investigación nacionales (OECD/Science Europe, 2020). Por ejemplo, las infraestructuras de investigación han tenido que aclarar e informar mejor a los usuarios potenciales sobre sus reglas de acceso

y abrir sus instalaciones a una comunidad más amplia de usuarios. Muchas de estas acciones emprendidas durante la crisis de COVID-19 fueron iniciadas por las propias infraestructuras de investigación, con el apoyo de sus instituciones de gobierno y otras partes interesadas. Los responsables de la formulación de políticas científicas pueden tener un papel importante que desempeñar no solo en el apoyo financiero de las infraestructuras de investigación, sino también en el desarrollo de las condiciones marco que les permitan movilizarse eficazmente y cooperar internacionalmente en situaciones de crisis. Esto incluye una consideración cuidadosa de los mandatos e incentivos, y la voluntad de invertir en infraestructuras de investigación para mantener un grado de resiliencia y flexibilidad para reaccionar ante crisis futuras, equilibrando las ganancias de eficiencia a corto plazo con preparación y flexibilidad a largo plazo.

2.7 EL DESAFÍO DE LA DIVULGACIÓN CIENTÍFICA EN TIEMPOS DE CRISIS

La crisis del COVID-19 ha estimulado nuevas prácticas en la comunicación científica a medida que el intercambio rápido de datos y descubrimientos científicos en todo el mundo se ha vuelto esencial (OECD, 2020). Se han eliminado o relajado muchas restricciones tradicionales para acelerar la producción, publicación y difusión de resultados científicos relevantes para la pandemia, en particular levantando los muros de pago de publicación durante un período fijo o haciendo que la investigación sobre COVID-19 sea completamente accesible (Nature, 2020) y (Elsevier, 2020). Estos esfuerzos se han visto reforzados por diversas iniciativas. Por ejemplo, la “Carta de intención abierta de editores de COVID-19” [“COVID-19 Publishers Open Letter of Intent”] tenía como objetivo acelerar la revisión y publicación por pares manteniendo la calidad e integridad de los artículos publicados a través de un proceso de revisión rápida entre editoriales (OASPA, 2020). Además, para facilitar el acceso internacional a los resultados científicos relevantes, la OMS mantiene una base de datos mundial de publicaciones sobre la investigación del COVID-19.²⁰ También se crearon²¹ o agregaron varios repositorios y bases de datos de COVID-19 para artículos o datos a plataformas existentes, como Github y Researchgate.²² Los efectos combinados de las nuevas fuentes de financiación, la apertura de datos y la publicación acelerada han tenido un impacto inmediato en la producción científica. Para el 1 de junio de 2020, ya se habían publicado 42,700 artículos académicos sobre COVID-19, se iniciaron 3,100 ensayos clínicos, se crearon 420 conjuntos de datos y se presentaron 270 patentes (Hook and Porter, 2020). Además, tres cuartas partes de las publicaciones científicas relacionadas con COVID-19 son

de acceso abierto, en comparación con el 43 % para la investigación sobre la diabetes y el 40 % para la investigación sobre la demencia (Figura 2.7).

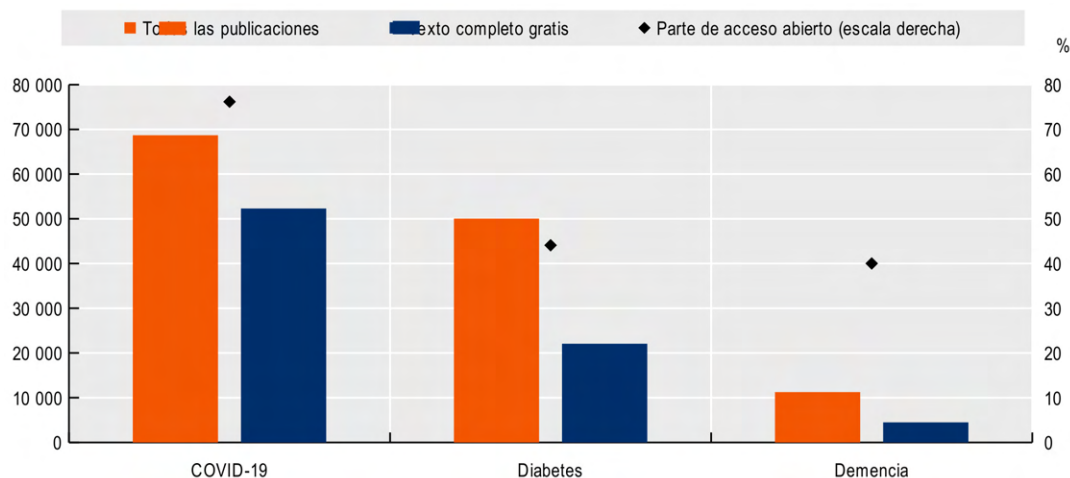


Figura 2.7: Acceso abierto a COVID-19, publicaciones sobre diabetes y demencia, enero-octubre de 2020.

Publicaciones PubMed de texto completo total y gratuito.

Nota: Las publicaciones incluyen los siguientes tipos de artículos revisados por pares: libros y documentos, ensayos clínicos, metaanálisis, ensayos controlados aleatorios, revisiones y revisiones sistemáticas.

Fuente: Cálculos de la OCDE basados en datos de PubMed de los Institutos Nacionales de Salud de EE. UU, <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/> (consultado el 30 de octubre de 2020). StatLink 2 <https://doi.org/10.1787/888934223289>

Si bien estas diversas iniciativas han facilitado en gran medida la difusión de información científica, también han aumentado potencialmente la probabilidad de que los resultados de investigación menos rigurosos estén accesibles para el dominio público. Este problema puede agravarse en tiempos de crisis, ya que cualquier información engañosa puede difundirse rápidamente en las redes sociales.²³ Los preimpresos, es decir, los artículos publicados en la web antes de que hayan sido revisados por pares y aceptados para su publicación por una revista científica, representaron alrededor de una cuarta parte de los resultados de la investigación de COVID-19 a principios de mayo de 2020. Si bien los preimpresos pueden ser útiles para difundir información científica rápidamente, existen riesgos asociados con la posible liberación de información engañosa o defectuosa en el dominio público sin un control de terceros (Dinis-Oliveira, 2020). Debido a la velocidad de su publicación, los preimpresos, en lugar de la literatura revisada por pares, pueden tener una influencia desproporcionada en las políticas, dando forma al discurso público sobre la crisis (Majumder and Mandl, 2020). Al mismo tiempo, esta amplia difusión también puede ayudar a

detectar rápidamente errores y bloquear la investigación de mala calidad. Por ejemplo, la afirmación errónea de que el COVID-19 contenía “inserciones” del virus de la inmunodeficiencia humana (VIH) fue una de los primeros preimpresos retractados, en este caso retirados por los propios autores (Pradhan *et al.*, 2020). Cabe destacar también que la tradicional revisión por pares, incluso en las revistas más prestigiosas, no es en sí misma una garantía absoluta de rigor científico: el artículo sobre los efectos de la hidroxicloroquina para el tratamiento del COVID-19 publicado en junio de 2020 en la prestigiosa revista *Lancet*. La revista tuvo que retractarse luego de una seria controversia internacional (Mehra, Ruschitzka and Patel, 2020). La pandemia de COVID-19 ha demostrado no solo las fortalezas y debilidades de las publicaciones y los preimpresos tradicionales, sino que también plantea preguntas sobre cómo funciona la revisión por pares, su importancia y sus limitaciones.

Lo que ha surgido es la necesidad de repensar en profundidad la forma en que se difunde la información científica (Taraborelli, 2020):

- Es necesario desarrollar nuevas mejores prácticas para ayudar a los reporteros a evaluar lo que encuentra en los preimpresos y otras publicaciones científicas, e informar sobre sus hallazgos de manera responsable (Khamsi, 2020). La creación de lugares de revisión de respuesta rápida (Eisen and Tibshirani, 2020) podría ayudar a conectar a los reporteros con científicos independientes y ofrecer opiniones de expertos bajo demanda sobre nuevos preimpresos de interés.
- Pueden ser necesarios nuevos mecanismos comunitarios para facilitar la traducción de publicaciones científicas para una audiencia más general.
- Se pueden desarrollar nuevas tecnologías que ayuden a analizar la conexión entre resultados, métodos, datos y recursos, por ejemplo, con el apoyo de iniciativas como ASAPbio (Acelerar la ciencia y la publicación en biología) [Accelerating Science and Publication in biology].²⁴

Estos nuevos “servicios superpuestos” podrían construirse sobre los repositorios existentes de información científica, aportando valor a los científicos y facilitando la colaboración en línea y la producción entre pares en un sistema de publicación científica más transparente.

2.8 LECCIONES APRENDIDAS DE LA CRISIS DEL COVID-19

La movilización de la empresa científica durante la crisis del COVID-19 no ha tenido precedentes. La rápida respuesta de muchos campos de investigación

diferentes tendrá un impacto duradero en los sistemas de investigación y, muy probablemente, en la relación entre ciencia y sociedad. Si bien el esfuerzo científico mundial para resolver los problemas del cambio climático sigue siendo mucho más significativo que la investigación dirigida al COVID-19, como lo ilustra la extraordinaria cantidad de literatura científica (alrededor de 10,000 artículos revisados por pares solo para ciencias físicas) analizados en los informes del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático, la emergencia climática no ha llevado a un reajuste dramático del sistema científico en sí ni a la rápida movilización de un segmento importante de la comunidad científica, como ha sucedido con el COVID-19.

El desastre de Fukushima de 2011 quizás permita una comparación más directa con el COVID-19, aunque a menor escala. Esta importante crisis nacional provocó ajustes del sistema científico japonés a lo largo del tiempo (Sato and Arimoto, 2016; MEXT, 2012). Los cambios a más largo plazo se orientaron a prevenir eventos similares y mitigar su posible impacto. Aunque la naturaleza de las crisis es muy diferente, la experiencia japonesa puede proporcionar algunas lecciones importantes para comprender las implicaciones a largo plazo del COVID-19 para los sistemas científicos.

En su singularidad, esta crisis del COVID-19 ha revelado una serie de características positivas y deseables de muchos sistemas científicos que han permitido una respuesta eficaz:

- *Flexibilidad de la financiación de la investigación y la capacidad de asignar o reasignar recursos rápidamente según sea necesario:* los procesos específicos establecidos por los financiadores de la investigación merecen un análisis en profundidad. Esto no solo es relevante para futuras crisis, sino que, si los proyectos de investigación financiados a través de estos procesos de emergencia demuestran ser de alta calidad, puede haber algunas lecciones muy útiles que aprender sobre la racionalización de los procedimientos actuales, que a menudo son onerosos tanto para los investigadores como para las administraciones de financiación. La pandemia también ha puesto de relieve la capacidad de la fuerza laboral de la comunidad científica para adaptarse rápidamente a un entorno restringido mientras se mantiene la eficiencia del sistema de I+D.
- *Capacidad para compartir rápidamente datos e información, lo que probablemente acelerará la agenda abierta de la ciencia:* esta crisis ha puesto de relieve la necesidad de una evolución en la publicación y difusión de información y datos científicos. Las lecciones aprendidas de la crisis deberían ayudar a desarrollar nuevas políticas y tecnologías que respalden la validación de las primeras publicaciones (preimpresos) y los datos, y

facilitar su uso y comprensión por comunidades de usuarios más amplias. Por otro lado, el intercambio de datos también se ha visto obstaculizado en ocasiones, por ejemplo, por la falta de normas comunes para la protección de los datos sanitarios. La crisis debería impulsar a las organizaciones relevantes a armonizar sus normas.

- *Cierta capacidad de coordinación internacional en unos pocos objetivos, a menudo con la ayuda de grandes organizaciones filantrópicas:* la crisis ha mostrado la necesidad de nuevos modelos de colaboración en la investigación científica. La pandemia ha desencadenado muchas colaboraciones científicas internacionales valiosas que produjeron contribuciones valiosas para resolver la crisis. Sin embargo, ha habido una duplicación de esfuerzos (particularmente en el campo de los ensayos clínicos) y recursos desperdiciados. Algunos de los nuevos modelos colaborativos ya se están desarrollando y probando, lo que ofrece la oportunidad de aprovechar estas experiencias (consulte el Capítulo 5).
- *Un papel importante para las infraestructuras de investigación de muchos dominios diferentes en el apoyo a la comunidad investigadora para realizar investigaciones de emergencia:* cada vez más se pide a las infraestructuras de investigación que apoyen la investigación dirigida a los desafíos sociales. Las lecciones aprendidas durante la crisis muestran su capacidad para servir a múltiples comunidades de investigación y para apoyar decisiones políticas, pero requerirán apoyo e incentivos de sus patrocinadores y anfitriones para mantener, e idealmente fortalecer, estas capacidades a largo plazo.

Al mismo tiempo, la crisis ha revelado algunos desafíos futuros importantes:

- *La preparación (antes de una crisis) es esencial para acelerar el tiempo de respuesta del sistema de investigación durante la crisis:* aunque el sistema científico pudo responder rápidamente a los desafíos planteados por la pandemia, basándose en las lecciones aprendidas de epidemias anteriores, surgieron una serie de problemas inesperados para lo cual no estaba completamente preparado, como la necesidad de superar enfoques y regulaciones divergentes para compartir datos y muestras humanas entre socios públicos y privados. La crisis ha mostrado la necesidad de fortalecer las estructuras nacionales e internacionales existentes que asesoran a los gobiernos durante las emergencias.
- *Podría exacerbar las desigualdades existentes dentro de los sistemas de investigación o crear nuevas, ya que es probable que la capacidad para emprender investigaciones o recaudar fondos sea limitada en algunos campos:*

Se realizará un análisis completo del impacto y las consecuencias de la crisis en el sistema de investigación en general. importante para mejorar la resistencia del sistema a eventos futuros.

- *Asegurar la calidad y el rigor de los datos científicos, las publicaciones y la comunicación:* esto también plantea interrogantes sobre los incentivos actuales que impulsan la hipercompetencia y la cultura de “perecer o publicar”, con efectos negativos sobre el comportamiento de los investigadores durante las crisis (ver Capítulo 3).
- *Incertidumbres sobre la financiación a largo plazo de la investigación una vez que ha pasado la emergencia inmediata:* los gobiernos y los organismos de financiación de la investigación deberían definir y comunicar rápidamente tanto sus capacidades para apoyar la investigación en los próximos años como sus prioridades estratégicas, a fin de permitir el desarrollo de las organizaciones que realizan investigaciones. planes estratégicos realistas a largo plazo.

Estos elementos ilustran la necesidad de un análisis exhaustivo de los diversos mecanismos de respuesta implementados por diferentes actores en los sistemas de investigación durante la crisis del COVID-19, así como su relativa eficiencia y efectividad. Dicho análisis podría ayudar a mejorar la resiliencia y la capacidad de respuesta de los sistemas de investigación, así como a integrar las prácticas útiles con las que se experimentó con éxito durante la crisis.

2.9 REFERENCIAS

- Cahan, E. (2020), “COVID-19 cancels charity galas and walks. Science is paying the price”, *Science*, <http://dx.doi.org/10.1126/science.abd4836>.
- Dinis-Oliveira, R. (2020), “COVID-19 research: pandemic versus “paperdemic”, integrity, values and risks of the “speed science””, *Forensic Sciences Research*, Vol. 5/2, pp. 174-187, <http://dx.doi.org/10.1080/20961790.2020.1767754>.
- Eisen, M. y R. Tibshirani (2020), “How to Identify Flawed Research Before It Becomes Dangerous”, *New York Times*, <https://www.nytimes.com/2020/07/20/opinion/coronavirus-preprints.html>.
- Elsevier (2020), *Elsevier gives full access to its content on its COVID-19 Information Center for PubMed Central and other public health databases to accelerate fight against coronavirus*, <https://www.elsevier.com/about/press-releases/corporate/elsevier-gives-full-access-to-its-content-on-its-covid-19-information-center-for-pubmed-central-and-other-public-health-databases-to-accelerate-fight-against-coronavirus>.

- Health Data Research UK (2020), *Partners join forces to establish an International Alliance to enable secure and collaborative COVID-19 data research at scale*, <https://www.hdr.uk/news/partners-join-forces-to-establish-an-international-alliance-to-enable-secure-and-collaborative-covid-19-data-research-at-scale>.
- Hook, D. y S. Porter (2020), *How COVID-19 is Changing Research Culture*, Digital Science, <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.12383267.v2>.
- Khamsi, R. (2020), “Problems with Preprints: Covering Rough-Draft Manuscripts Responsibly”, *The Open Notebook*, <https://www.theopennotebook.com/2020/06/01/problems-with-preprints-covering-rough-draft-manuscripts-responsibly/>.
- Kourie, H. *et al.* (2020), “The future of cancer research after COVID-19 pandemic: recession?”, *Future Oncology*, Vol. 16/21, <http://dx.doi.org/10.2217/fon-2020-0397>.
- Lurie, N. *et al.* (2020), “Developing Covid-19 Vaccines at Pandemic Speed”, *New England Journal of Medicine*, Vol. 382/21, pp. 1969-1973, <http://dx.doi.org/10.1056/nejmp2005630>.
- Majumder, M. y K. Mandl (2020), “Early in the epidemic: impact of preprints on global discourse about COVID-19 transmissibility”, *The Lancet Global Health*, Vol. 8/5, pp. e627-e630, [http://dx.doi.org/10.1016/s2214-109x\(20\)30113-3](http://dx.doi.org/10.1016/s2214-109x(20)30113-3).
- Mehra, M., F. Ruschitzka y A. Patel (2020), “Retraction—Hydroxychloroquine or chloroquine with or without a macrolide for treatment of COVID-19: a multinational registry analysis”, *The Lancet*, Vol. 395/10240, p. 1820, [http://dx.doi.org/10.1016/s0140-6736\(20\)31324-6](http://dx.doi.org/10.1016/s0140-6736(20)31324-6).
- MEXT (2012), *White Paper on Science and Technology 2012*, <https://www.mext.go.jp/en/publication/whitepaper/title03/detail03/1372831.htm>.
- Nature (2020), “Coronavirus pandemic: Nature’s pledge to you”, *Nature*, Vol. 579/7800, pp. 471-472, <http://dx.doi.org/10.1038/d41586-020-00882-z>.
- OASPA (2020), *COVID-19 Publishers Open Letter of Intent – Rapid Review*, <https://oaspa.org/COVID-19-publishers-open-letter-of-intent-rapid-review>.
- OECD (2020), *Why open science is critical to combatting COVID-19*, OECD Publishing, Paris, https://read.oecd-ilibrary.org/view/?ref=129_129916-31pgjnl6cbytitle=Why-open-science-is-critical-to-combatting-COVID-19.
- OECD/Science Europe (2020), “Optimising the operation and use of national research infrastructures”, *OECD Science, Technology and Industry Policy Papers*, No. 91, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/23074957>.
- Pradhan, P. *et al.* (2020), *Uncanny similarity of unique inserts in the 2019-nCoV spike protein to HIV-1 gp120 and Gag*, Cold Spring Harbor Laboratory, <http://dx.doi.org/10.1101/2020.01.30.927871>.

- Sato, Y. y T. Arimoto (2016), “Five years after Fukushima: scientific advice in Japan”, *Palgrave Communications*, Vol. 2/1, <http://dx.doi.org/10.1057/palcomms.2016.25>.
- Subbaraman, N. (2020), “Sputnik moment or budget breaker: How will the pandemic alter research funding?”, *Nature*, Vol. 582/7811, <http://dx.doi.org/10.1038/d41586-020-01519-x>.
- Taraborelli, D. (2020), “How the COVID-19 crisis has prompted a revolution in scientific publishing”, *Fast Company*, <https://www.fastcompany.com/90537072/how-the-covid-19-crisis-has-prompted-a-revolution-in-publishing>.
- The Japan Times (2020), “Japan’s Fugaku supercomputer, world’s fastest, narrows down COVID-19 drug candidates”, *The Japan Times*, <https://www.japantimes.co.jp/news/2020/07/04/national/science-health/japan-fugaku-supercomputer-coronavirus-drugs> (accessed on 4 July 2020).
- Wallace, N. (2020), “EU leaders slash science spending in €1.8 trillion deal”, *Science*, <http://dx.doi.org/10.1126/science.abd8830>.
- WHO (2020), *A Coordinated Global Research Roadmap: 2019 Novel Coronavirus*, https://www.who.int/blueprint/priority-diseases/key-action/Coronavirus_Roadmap_V9.pdf?ua=1.
- Witteman, H., J. Haverfield and C. Tannenbaum (2020), *Positive outcomes of COVID-19 research-related gender policy changes*, Cold Spring Harbor Laboratory, <http://dx.doi.org/10.1101/2020.10.26.355206>.

NOTAS

- 1 La OCDE recopiló los datos directamente de agencias de financiación o de fuentes públicas, y los combinó con los datos proporcionados amablemente por la NSF, que también recopiló datos similares en paralelo de otras fuentes públicas. Estos datos no están completos y no cubren todos los países, pero pueden proporcionar una estimación mínima de la escala de inversión en la investigación del COVID-19. Se puede acceder a los datos de financiamiento nacional en el portal STIP COVID-19, consulte (<https://stip.oecd.org/covid/>).
- 2 A modo de comparación, la cantidad total de financiación anual de I+D distribuida por el programa Horizonte 2020 de la Unión Europea en todas las disciplinas es de alrededor de 10,000 millones de euros.
- 3 Véase, por ejemplo, el maratón de promesas de contribuciones mundial liderado por la Unión Europea que prevé recaudar 7,500 millones de euros para poner fin a la pandemia actual. (https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_20_710).
- 4 Tenga en cuenta que la base de datos no es exhaustiva y se desconoce la financiación de muchos proyectos. Además, la base de datos registra los fondos ya otorgados y no el monto total comprometido por programa de financiamiento. Se puede acceder a la base de datos en: <https://www.ukcdr.org.uk/funding-landscape/COVID-19-research-project-tracker/>.
- 5 <https://www.ukcdr.org.uk/covid-circle/covid-19-research-project-tracker/>

- 6 El enfoque en la investigación de contramedidas sociales y las ciencias sociales, como se muestra en el rastreador de UKCDR, también refleja los patrones observados en crisis anteriores, como el ébola en África Occidental.
- 7 Comentarios de la discusión de expertos durante el taller GSF (<https://www.oecd.org/sti/inn/o/global-science-forum.htm>).
- 8 <https://covidinfocommons.datascience.columbia.edu>; premio OIA-2028999.
- 9 Véase <https://eur02.safelinks.protection.outlook.com/?url=https%3A%2F%2Fwww.researchnet-recherchenet.ca%2Fnr16%2FvwOpprntnyDtIs.do%3Fall%3D1%26masterList%3Dtrue%26next%3D1%26org%3DCIHR%26prog%3D3386%26resultCount%3D25%26sort%3Dprogram%26type%3DEXACT%26view%3DcurrentOpps%26language%3DEydata=04%7C01%7CAlessandra.COLECCHIA@oecd.org%7Cfb940e43e5bd44adceeb08d884fe3fd9%7Cac41c7d41f61460db0f4fc925a2b471c%7C0%7C0%7C637405574825572117%7CUnknown%7CTWFpbGZsb3d8eyJWIjoiMC4wLjAwMDAiLCJQIjoiV2luMzIiLCJBTiI6Iklk1haWwiLCJXVCI6Mn0%3D%7C3000ysdata=1hQ0hSeVZqxOk1oC68IRoTbPcne9mgbfNqa72vHInoY%3Dyreserved=0>.
- 10 <https://www.psi.ch/en/psd/COVID-19>.
- 11 <http://www.oecd.org/coronavirus/policy-responses/why-open-science-is-critical-to-combatting-covid-19-cd6ab2f9>
- 12 <https://www.kobic.re.kr/covid19>.
- 13 <https://elixir-europe.org/news/hacking-pandemic>.
- 14 <https://againstcovid19.cern/articles/cern-and-lhc-experiments-computing-resources-global-research-effort-against-covid-19>.
- 15 https://ngs-kn.de/?page_id=70.
- 16 <https://eatris.eu>.
- 17 <https://www.ecrin.org>.
- 18 <https://www.bbmri-eric.eu>.
- 19 <http://www.europeansocialsurvey.org>.
- 20 <https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/global-research-on-novel-coronavirus-2019-ncov>.
- 21 Center for Open Science: <https://www.cos.io/about/news/cos-launches-osf-collection-aggregate-coronavirusresearch-outputs>; The Lancet: <https://www.thelancet.com/coronavirus>; Outbreak Science Rapid PRE review: <https://outbreaksci.prereview.org>; F1000Research: https://f1000research.com/gateways/disease_outbreaks/coronavirus; NIH-PubMed Central: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/about/covid-19-faq/>; Semantic Scholar: <https://www.semanticscholar.org/cord19>.
- 22 <https://github.com/open-coronavirus/open-coronavirus>; <https://www.researchgate.net/community/COVID-19>
- 23 https://read.oecd-ilibrary.org/view/?ref=135_135214-mpe7q0bj4dytitle=Combating-COVID-19-disinformation-on-online-platforms
- 24 <https://asapbio.org/>

3. Nuevos retos y demandas en la investigación académica

Las estructuras académicas de las carreras y el proceso de asignación para la financiación de investigación reflejan la competencia basada en méritos entre los individuos, la cual ha probado su efectividad a través del tiempo al promover la excelencia en las investigaciones fundamentales. Sin embargo, cada vez hay más preocupaciones acerca de cómo afectan estas estructuras y procesos a la precariedad y el atractivo de las carreras de investigación y generan una falta de diversidad en la fuerza laboral científica. Hay una expectativa de que la ciencia no solo producirá publicaciones altamente citadas, sino que también se traducirá rápidamente en beneficios y soluciones sociales a los retos globales, tales como la pandemia de COVID-19. El énfasis en la excelencia disciplinaria individual y los resultados a corto plazo, junto con la necesidad de más investigaciones interdisciplinarias, requieren que la investigación tenga una mayor novedad y tome más riesgos, y que la búsqueda de datos sea más intensiva. Este capítulo revisa análisis recientes de la OCDE acerca de los retos de los sistemas científicos, muchos de los cuales aumentaron por el COVID-19, y lo que estos implican para las medidas de las políticas para poder construir una fuerza laboral científica más diversa, con las habilidades apropiadas, y motivada.

HALLAZGOS CLAVE

- **La fuerza laboral académica de investigación está liderando la batalla contra el COVID-19**, generando nuevos conocimientos que se requieren para entender la pandemia, y desarrollar estrategias efectivas de mitigación. Esto va más allá de la investigación médica

y el desarrollo de nuevos diagnósticos, tratamientos y vacunas, pero abarca todos los campos de investigación, desde las matemáticas hasta las ciencias sociales y las humanidades.

- **Los países deben seguir apoyando una amplia investigación**, y al mismo tiempo deben implementar medidas que garanticen que se promueva una nueva generación de investigadores con habilidades interdisciplinarias y transdisciplinarias. La crisis ha enfatizado la necesidad de tener una búsqueda intensiva de datos científicos, particularmente en impulsarla para convertirla en una herramienta fundamental. La inversión en infraestructuras de investigación de datos tiene que coincidir con las inversiones de recursos humanos a largo plazo, incluyendo administradores de datos, ingenieros de software y analistas de datos.
- **La pandemia de COVID-19 ha afectado gravemente a los investigadores y ha revelado las debilidades existentes de las estructuras académicas.** Ha habido un aumento del 25 % en el número de personas con doctorados en países miembros de la OCDE durante la última década, pero no ha habido ningún aumento de puestos académicos. El actual sistema hipercompetitivo, que se centra en medidas reducidas de desempeño individual y evaluación de colegas, discrimina a las mujeres y a algunos grupos sociales, lo cual conlleva a una falta de diversidad en la fuerza laboral de investigación. Importantes resultados científicos, como las bases de datos o software, informes sobre políticas o actividades de participación ciudadana (las cuales son de suma importancia para la respuesta ante la crisis), están subestimadas. Se necesitan urgentemente nuevos incentivos y medidas para evaluar y recompensar tanto a los individuos como a las contribuciones colectivas científicas.
- **No hay necesidad de hacer cambios sistemáticos en la estructura y el respaldo de la investigación académica** si es para atraer y retener a la diversidad de talentos que se necesitan para resolver retos sociales actuales y futuros. Se necesitan carreras nuevas y más atractivas que proporcionen una mayor seguridad y opciones alternativas de movilidad dentro y fuera de las academias, así como otras áreas de investigación. Los gobiernos nacionales tienen el difícil papel de involucrar a todos los participantes en el entorno de la investigación para desarrollar una fuerza laboral de investigación

coordinada, estrategias para la fuerza laboral, incentivos para implementar dichas estrategias y medidas e indicadores para monitorear lo que está sucediendo.

3.1 INTRODUCCIÓN

La pandemia de COVID-19 está presionando enormemente a los sistemas científicos públicos y a los que trabajan con ellos, ya que la investigación se está moviendo en varias disciplinas diferentes como nunca antes. Los investigadores de todo el mundo están siendo motivados e incentivados para redirigir rápidamente sus esfuerzos y enfocarse en el COVID-19. Hay una intensa presión para revelar datos y resultados rápidamente, acortando o evadiendo los procesos de publicación normales y las revisiones de colegas (véase el capítulo 2) y enfatizando las preocupaciones preexistentes acerca del control de calidad y acreditación de los hallazgos de investigación. Al mismo tiempo, están llamando a los científicos en calidad de expertos para proporcionar su opinión acerca de la salud pública y las otras respuestas de las políticas ante la pandemia (véase el capítulo 8) y les están pidiendo que comuniquen pruebas incompletas y cambiantes de manera que se ganen la confianza del público. La mayoría de los científicos no estaban preparados o entrenados para este tipo de actividades ya que normalmente no estarían reconocidas en las estructuras académicas, siendo su enfoque principal el mérito y la excelencia científica.

Incluso con la ausencia de COVID-19, muchos investigadores, particularmente en las primeras etapas de sus carreras, tenían puestos inestables y contratos a corto plazo sin una clara perspectiva de obtener un puesto académico permanente. Concretamente para las mujeres, el ambiente hipercompetitivo y la falta de seguridad son un impedimento activo para continuar investigando (Pollitzer, Smith, y Vinkenburt, 2018). La pandemia de COVID-19 ha aumentado la sensación de inseguridad. Aunque ha aumentado los fondos en algunas áreas de investigación, también está amenazando el futuro de la mayoría de las universidades que dependen de los estudiantes del exterior. A pesar de que algunos países o instituciones han tomado medidas de mitigación, como extender las becas para doctorados y contratos para investigaciones postdoctorales, no es el caso de todo el mundo. La mayoría de los investigadores jóvenes ahora esperan tener oportunidades de carrera más limitadas (Woolston, 2020), combinado con el hecho de que el COVID-19 ha interrumpido drásticamente el movimiento de los investigadores entre los países.

Muchas de las innovaciones tecnológicas que se introdujeron en respuesta al COVID-19 han sido fomentadas por la investigación y el desarrollo en el

sector privado, particularmente en el ámbito digital. Por ejemplo, la inteligencia artificial (IA), que está teniendo una variedad de papeles en la respuesta a la pandemia y la recuperación (OECD, 2020), es un ámbito que está dominado por empresas privadas, que atraen a la mayoría de los mejores graduados en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM) con ofertas de empleo y posibilidades que las academias no pueden igualar (The Royal Society, 2019). Al mismo tiempo, los esfuerzos para desarrollar y probar tratamientos y vacunas efectivos se han caracterizado por tener diferentes partes investigadoras del sector público y privado que trabajan conjuntamente (véase el capítulo 5). Los posibles beneficios de la cooperación entre sectores y el intercambio de habilidades y conocimientos para promover la innovación eran obvios desde antes de la actual crisis y han sido el centro de atención de la política de CTI desde hace tiempo. No obstante, la realidad es que todavía existen numerosas barreras para los que deciden entrar en el ámbito de la investigación académica y por ende deciden hacer la transición de la academia a otros sectores y viceversa (Vitae, 2016).

No solo las herramientas digitales y las infraestructuras de datos abiertos han permitido que muchos científicos sigan funcionando de manera efectiva fuera de su laboratorio o de sus entornos normales durante el encierro, sino que también han acelerado de manera impresionante el descubrimiento de datos y la divulgación de conocimientos. Al mismo tiempo, estos desarrollos han enfatizado la división digital entre países, instituciones, disciplinas y equipos de investigación, recalcando la necesidad de más científicos con habilidades digitales y profesionales de investigación para dirigir investigaciones de datos intensivas y apoyar la ciencia abierta en ámbitos académicos (OECD, 2020).

Conforme avanza la pandemia y los gobiernos se trasladan de la respuesta de salud pública a resolver los mayores retos socioeconómicos, hay una necesidad cada vez mayor no solo de asociaciones públicas y privadas sino también de más investigaciones interdisciplinarias y transdisciplinarias para producir el conocimiento integrado necesario para resolver estos temas (véase el capítulo 5). Muchos países están viendo el “momento COVID” como una oportunidad de cambiar a una sociedad más sostenible y resistente, y hay un mayor interés por el diseño conjunto y los procesos de coproducción que pudieran permitir dicho cambio. Esto pone un mayor énfasis en el trabajo en equipo, las habilidades con las personas y el compromiso público, las cuales no siempre son valoradas en el ámbito de las investigaciones académicas (OECD, 2020).

El COVID-19 ha ayudado a descubrir tanto las fortalezas como las debilidades de los sistemas científicos existentes con mayores implicaciones para la fuerza laboral de investigación del futuro. Este capítulo revisa el trabajo reciente de la OCDE en varios temas relacionados con la fuerza laboral de investigación. Explora las implicaciones de las políticas para diferentes participantes en el

ámbito de la investigación, incluyendo a los gobiernos, agencias de investigación, universidades e institutos de investigación pública.

3.2 LA BÚSQUEDA DE UNA INVESTIGACIÓN DE EXCELENCIA

La investigación científica está organizada en torno a diversas disciplinas. El avance individual en la carrera depende de las evaluaciones de colegas, que a su vez depende de las anotaciones en las publicaciones de los investigadores. Las estructuras y los procesos de las universidades, de los institutos públicos de investigación y de las agencias de financiación realzan este enfoque en la experiencia disciplinaria y en los resultados de las publicaciones, cuyo objetivo es buscar la excelencia en la investigación. Podría decirse que este acuerdo ha sido bastante exitoso y ha tenido cada vez más publicaciones científicas, las cuales se producen anualmente. Este aumento está teniendo un impacto en el sector universitario (véase Figura 3.1).

Si los números de publicaciones son un indicador del desempeño científico, eso quiere decir que el sistema está funcionando bien y que también está respondiendo bien a la pandemia de COVID-19 (véase capítulo 2). Pero los números rara vez cuentan toda la historia. La excelencia es un concepto impreciso que solo puede ser definido por los pares. Por lo tanto, los indicadores cuantitativos de las consideraciones de los pares tales como índices de citas, factores de impacto de las anotaciones e índices se han convertido en el símbolo de excelencia científica o de calidad. A pesar de las duras críticas (por ejemplo, consulte la Declaración de San Francisco sobre la Evaluación de la Investigación (DORA, 2013), estas medidas de poder se han convertido en el principal factor determinante del comportamiento científico. Ser el autor principal de un artículo muy reconocido de un periódico de alto impacto se ha convertido en el “santo grial” de cualquier investigador en los comienzos de su carrera, y esto significa la posibilidad de un futuro a largo plazo garantizado en la vida académica.

La hipercompetencia y la cultura de “publicar o perecer” podría tener sus méritos, pero también está ejerciendo presión en los investigadores, especialmente en el nivel de los doctorados y postdoctorados, en donde el siguiente puesto depende de lo que publique el investigador. También tiene efectos negativos en la conformación del grupo de trabajo de investigación y discrimina a ciertos grupos de la población, incluyendo a las mujeres (Pollitzer, Smith, y Vinkenburg, 2018). Incluso aunque funcione en términos de separar lo verdaderamente excelente de lo simplemente bueno, desaconseja la investigación que toma riesgos y la interdisciplinaria y transdisciplinaria, para lo cual los resultados a corto plazo son menos seguros, pero cada vez se necesitan más para que la ciencia cumpla con sus necesidades sociales. Por ejemplo, los marcadores bibliométricos tienen

un uso limitado en la evaluación de actividades de compromiso públicas o en la evaluación y el reconocimiento de los nuevos ingenieros de software con grandes habilidades de investigación, administradores de datos o analistas de datos que se necesitan urgentemente para apoyar la investigación intensiva de datos (OECD, 2020).

Enfocarse en los méritos individuales y en la excelencia disciplinaria ha hecho que la ciencia crezca y no se debe abandonar completamente. Sin embargo, la manera en que estas calidades son evaluadas y medidas ya no cumple con las expectativas sociales de la ciencia, ni refleja el creciente énfasis en la ciencia abierta (OECD, 2015) y la tendencia aumentada en muchas áreas de investigación para trabajar en equipos grandes, diversos y a menudo distribuidos (véase nota al pie de página de la Figura 3.1). Mantener el rigor científico y la excelencia de investigación son clave para garantizar confianza en la ciencia durante la actual situación de la pandemia. Sin embargo, hay una necesidad de redefinir el significado de excelencia en relación con todas las diferentes expectativas de la ciencia.

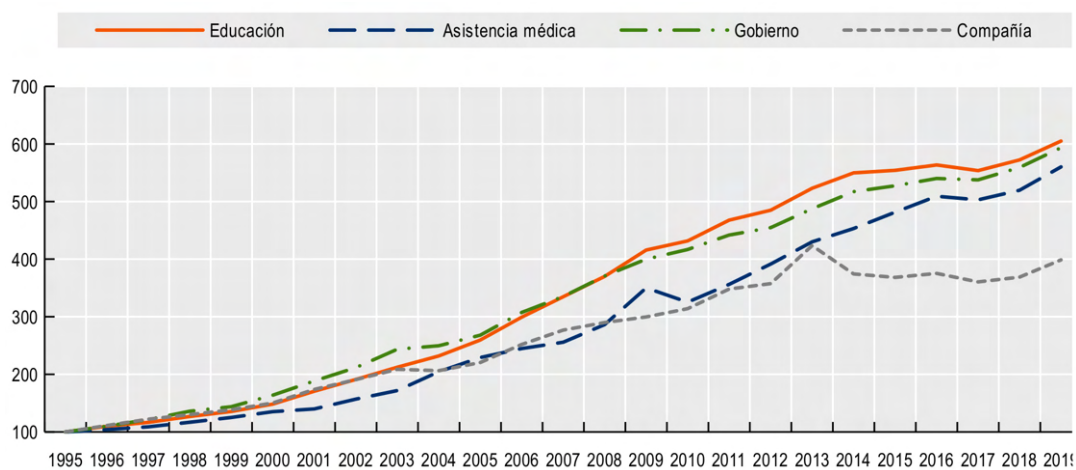


Figura 3.1: Tendencias de resultados de publicaciones científicas por tipo de institución, 1995-2019.

Cuenta completa, índice 100 = 1995.

Nota: Los números por tipo de institución no son acumulativos, ya que un solo artículo puede tener varios autores con múltiples afiliaciones a cualquiera de los tipos de instituciones. Durante el mismo periodo de tiempo, el número promedio de autores por artículo ha aumentado de 3.18 a 4.82 (basado en un análisis separado de la OCDE que usó la base de datos SCOPUS), lo cual indica un aumento en el número de equipos de investigación.

Fuente: Cálculos de la OCDE basados en la base de datos Lens, <https://www.lens.org> (ingreso el 1° de octubre de 2020).

StatLink 2 <https://doi.org/10.1787/888934223308>

3.3 PRECARIEDAD DE LAS CARRERAS DE INVESTIGACIÓN

Uno de los problemas que la pandemia de COVID-19 ha resaltado es la precaria situación de empleo que están viviendo muchos investigadores de las academias. Aunque la precariedad no es exclusiva de las investigaciones académicas, es más prevalente que en muchos otros sectores que dependen de los profesionales altamente capacitados, a diferencia de las expectativas de que la investigación atraerá a las ‘mentes más brillantes’ para promover un desarrollo socioeconómico a largo plazo y una mayor resistencia ante la crisis. Las condiciones laborales de los investigadores académicos se han deteriorado en los últimos años. Especialmente para el creciente número de investigadores de postdoctorados que tienen contratos a plazo fijo y con posibilidades de empleo limitadas. Las respuestas de los países sobre la encuesta de la política de reducir la precariedad de las carreras, llevada a cabo en el Foro Global de Ciencia de la OCDE, mostró por ejemplo que en Alemania el 92 % de los estudiantes de preparatoria que acuden a instituciones de alta educación, y 83 % de los estudiantes que acuden a academias de investigación no universitarias tienen un contrato fijo; en Finlandia, el 70 % de los estudiantes tienen contratos a plazo fijo; y en Bélgica, 58 % de las personas que trabajan en universidades tienen contratos a plazo fijo.¹

Aunque la mayoría de los investigadores en la etapa inicial de sus carreras tienen una fuerte motivación interna y una ambición por las carreras académicas a largo plazo, la precariedad podría tener consecuencias negativas en su motivación, su comportamiento y su bienestar, lo que afecta la naturaleza y la calidad de los resultados científicos (Vitae, 2016; Wellcome, 2020). Al mismo tiempo, existe una preocupación general acerca de la capacidad que tienen los países de retener a su mejor talento nacional y atraer buenos investigadores extranjeros. En algunos países y campos de investigación el problema es evidente como lo comprueban las dificultades de atraer a los mejores candidatos para que reciban entrenamiento doctoral.

La precariedad y la inseguridad de las carreras de investigación también es uno de los principales obstáculos para lograr la equidad de género y la diversidad social en los grupos de trabajo de investigación (Forrester, 2020). Además de todo esto, el COVID-19 está empeorando las cosas para muchas de las personas que se dedican a la investigación. Las respuestas de la encuesta de ciencia rápida de la OCDE 2020² sugieren que la pandemia está teniendo efectos perjudiciales en la estabilidad laboral y en las oportunidades de carrera en el campo de la ciencia y también en los fondos para las investigaciones y en el tiempo disponible para realizarlas. Los investigadores más jóvenes y las mujeres parecen ser más vulnerables a estos efectos, como lo demostró una reciente encuesta realizada por *Nature* (Nature, 2020).

El cambio de los fondos centrales institucionales a fondos de proyectos a corto plazo, junto con la naturaleza cada vez más competitiva de los fondos centrales, está ocasionando que las investigaciones y los sistemas educativos (de educación superior) dependan cada vez más de personal juvenil con contratos informales. En Australia, 56 % de los investigadores de educación superior son estudiantes graduados. En Suiza, 64 % de los investigadores son estudiantes de doctorados y postdoctorados. En Alemania, la proporción de estudiantes de preparatoria en el ámbito científico de instituciones de educación superior ha sido de aproximadamente 75 % desde 2010. En Finlandia, el número de investigadores con postdoctorados ha aumentado en un 144 % durante la última década.³

La incapacidad de las carreras tradicionales de absorber al creciente número de estudiantes de doctorados que quieren seguir en las academias está aumentando la presión competitiva en niveles extremos. El promedio de estudiantes de doctorados de 25-64 años en la OCDE, que actualmente es del 1 % aproximadamente, ha aumentado de manera estable (OECD, 2019). La Figura 3.2 muestra el nivel de logros doctorales en la población de 25-64 años en países miembros de la OCDE. Muestra un aumento promedio del 25 % en estudiantes de doctorados en la OCDE durante un periodo de cinco años desde el 2014 al 2019.

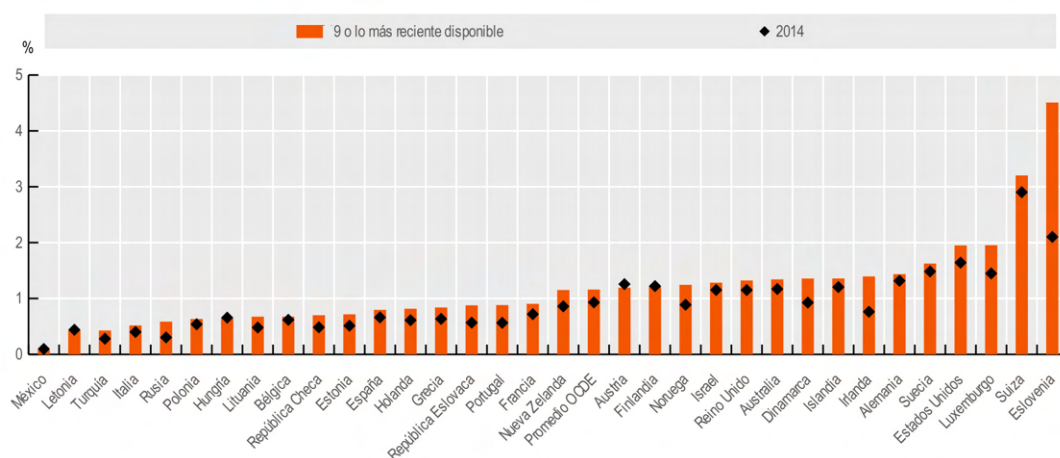


Figura 3.2: Nivel de logros doctorales en la población. 25-64 años, 2014 y 2019 o el año más reciente disponible.

Nota: La información de la mayoría de los países se sacó de encuestas de la fuerza laboral nacional. Incluye educación terciaria de corto ciclo (L5) para Suiza 2014-2019. La información de la Federación rusa para el año 2019 corresponde al valor 2018.

Fuente: OCDE (Education at a glance: Educational attainment and labour-force status, 2020), "Education at a glance: Educational attainment and labour-force status", OECD Education Statistics (base de datos), <https://doi.org/10.1787/889e8641-en> (ingreso el 22 de septiembre, 2020).

StatLink 2 <https://doi.org/10.1787/888934223327>

La educación superior ha sido el sector tradicional de empleo para los estudiantes de doctorados en la mayoría de los países. Sin embargo, muchos estudiantes jóvenes de doctorados ya no podrán encontrar un puesto estable en la investigación académica. Cerca de un tercio del total de la fuerza laboral de la OCDE tienen trabajos temporales o de medio tiempo, o trabajan por su propia cuenta (OECD, 2019). El nivel de precariedad es aún mayor en el sector de la investigación académica. Los resultados de la encuesta internacional de autores científicos de la OCDE 2018 (Bello y Galindo-Rueda, The 2018 OECD International Survey of Scientific Authors, 2020),⁴ mostrada en la Figura 3.3 señala que mientras que la mayoría de los autores de Corea, Francia, España y Japón tienen un contrato indefinido y altamente protegido (por ejemplo, servidor público, antigüedad) no es el caso de la mayoría de los países. En el Reino Unido y Chile, los contratos menos protegidos (por ejemplo, indeterminados) son más comunes. En Suiza y Alemania, la mayoría de los autores tienen contratos a plazo fijo. Mientras que estas diferencias parcialmente reflejan diferentes acuerdos de autoría, está claro que en muchos países los investigadores que se encargan de la producción científica no tienen puestos asegurados.

La edad media de los nuevos miembros de los estudios doctorales en la OCDE es de 29 años; 60 % de los estudiantes tienen entre 26 y 37 años (OECD, 2019). Esto significa que la mayoría obtiene su doctorado a los 30 años. La mayoría de los que estudian un postdoctorado tienen entre 30 y 40 años, y por lo general trabajan en investigaciones de “postdoctorados”, “asistentes y socios de investigación”, o incluso como “investigadores ocultos”. Normalmente pasan largos periodos de tiempo haciendo investigaciones, aunque también podrían dedicarse a hacer cosas que no tengan que ver con investigaciones (como ser maestros de tiempo completo) mientras encuentran un puesto de investigación académica más estable. A pesar de la falta de preparación y entrenamiento de las carreras alternativas, al final muchos “dejan” la academia y son vistos como fracasados. De hecho, en la OCDE, la mayoría de los investigadores (62.5 %) acaban trabajando en el sector empresarial (OECD, 2020).

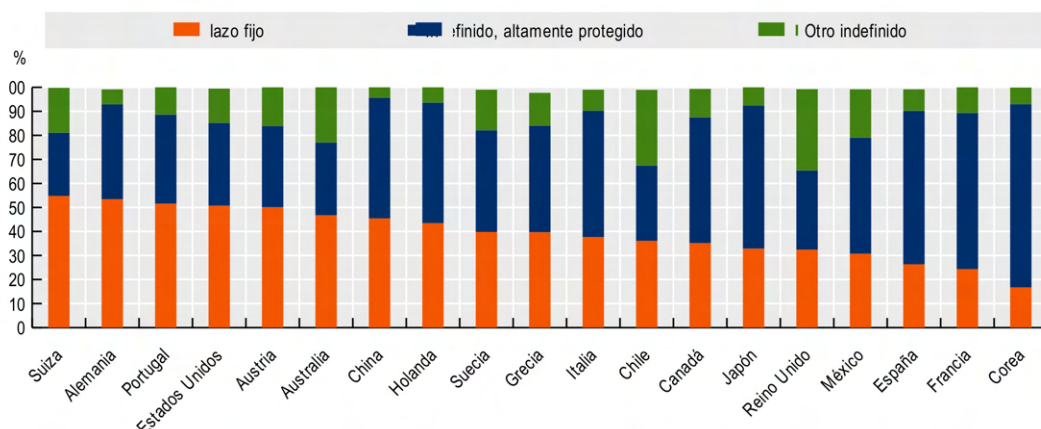


Figura 3.3: Estabilidad laboral de los autores según su país de residencia.

Porcentaje de autores, 2018, economías seleccionadas.

Nota: Los contratos indefinidos altamente protegidos significan que el empleador solo puede despedir al empleado por mal comportamiento. Este nivel de protección normalmente lo pagan los servidores públicos o los empleados con mucha antigüedad. Los otros contratos indefinidos son abiertos, al contrario de los puestos que tienen plazos fijos y una duración establecida.

Fuente: Los cálculos de la OCDE están basados en la encuesta internacional de autores científicos de la OCDE, 2018 (International Survey of Scientific Authors, 2018). <http://oe.cd/issa>.

StatLink 2 <https://doi.org/10.1787/888934223346>

La precariedad en las carreras de investigación es especialmente problemática para las mujeres. Muchas de ellas luchan con la presión de los puestos postdoctorales y se embarcan en una carrera académica cuando al mismo tiempo tienen que cuidar a sus hijos y a sus familiares de edad avanzada. Los estereotipos de género y las preferencias sistémicas existen en todas las sociedades. También están presentes en la educación científica y los sistemas de investigación, lo que quiere decir que, aunque las mujeres obtengan puestos seguros, es menos probable que obtengan puestos de liderazgo, a diferencia de los hombres (Bello y Sarrico, *It's time to close the gender gap in research, 2020*) (OECD, 2020).

El COVID-19 también está teniendo un efecto negativo en las mujeres investigadoras, especialmente en las que se encuentran en la etapa inicial de su carrera (Viglione, 2020). Desde el comienzo de la pandemia, ha habido más publicaciones de hombres que de mujeres. Es más probable que las mujeres se queden sin trabajo ya que es más probable que ellas tengan contratos de plazo fijo. La pandemia está afectando la igualdad de salarios entre hombres y mujeres desde hace unos años (Gewin, 2020), por eso se necesita tener urgentemente una política coordinada que apoye la igualdad de géneros, que respalde a hombres y mujeres por igual, y que trate de resolver las preferencias sistémicas a través de un cuidadoso proceso de monitoreo (Pollitzer, Smith, y Vinkenbunrg, 2018).

La movilidad internacional del mercado laboral global puede expandir las oportunidades de los investigadores, pero también puede aumentar la precariedad de los investigadores que están en el inicio de su carrera. Aunque la movilidad en las etapas iniciales de la carrera es una elección, también se considera un paso necesario para aquellos que tienen ambiciones a largo plazo en la academia. Los resultados obtenidos de la encuesta internacional de autores científicos de la OCDE muestran que dichos autores con contratos a plazo fijo tienen una mayor probabilidad de trabajar en un país diferente al que hicieron su doctorado y es mucho más probable que planeen mudarse a otro país (OECD, 2018). Las condiciones laborales de los investigadores extranjeros normalmente son peores que las de los investigadores nativos respecto a temas como el acceso a contratos laborales, el derecho a residencia y prestaciones sociales. La movilidad, junto con contratos a corto plazo, puede llevar a sacrificios personales, especialmente cuando los investigadores en etapas iniciales de la carrera están pensando en formar una familia y/o adquirir una vivienda, y vivir en el extranjero podría significar una pérdida de capital social en el país de origen del investigador. Por eso no es ninguna sorpresa que las mujeres que tienen doctorados tengan menos movilidad internacional que los hombres.

Ya sea que el efecto negativo a corto plazo del COVID-19 sobre la movilidad internacional dure o no dure, la pandemia muy probablemente ha disuadido a varios investigadores de mudarse al extranjero para estudiar doctorados o postdoctorados (Woolston, 2020). También es probable que algunos países pierdan a sus talentosos investigadores extranjeros debido al vencimiento de sus visas y a las nuevas normas para los trabajadores visitantes. Se requiere de una intervención inmediata para crear una política que apoye a los investigadores, cuyos puestos inseguros se han vuelto más precarios debido a la pandemia. Las posibles soluciones, que ya se están implementando en varios países, van desde la extensión de becas para postdoctorados y becas para realizar investigaciones para garantizar el otorgamiento de visas para los investigadores.

Sin embargo, la precariedad de las carreras de investigación existía desde antes del COVID-19 y no desaparecerá automáticamente cuando la actual pandemia llegue a su fin. A largo plazo hay varias áreas que necesitan un cambio en sus políticas y que los gobiernos, junto con los patrocinadores y las organizaciones de investigación tendrán que resolver si quieren lograr reducir esta precariedad, hacer las carreras de investigación más atractivas y promover la diversidad de la fuerza laboral.⁵

- Entrenamiento doctoral: hay que cambiar el énfasis en el creciente número de personas que cuentan con un doctorado a ampliar el entrenamiento doctoral para motivar el desarrollo profesional, incluyendo habilidades transferibles que puedan ser usadas en una variedad de sectores económicos.

- **Situación laboral:** hay que hacer cambios en el estado laboral de los investigadores postdoctorales incluyéndolos en estructuras formales de la carrera (por ejemplo, como personal científico), y contratos colectivos de trabajo. En este aspecto, Portugal ha pasado de otorgar becas a otorgar situaciones laborales para los investigadores postdoctorales, haciendo que el reclutamiento abierto sea lo normal. España está permitiendo que los investigadores que han ocupado puestos fijos durante algún tiempo puedan aplicar para obtener un contrato permanente en procesos competitivos. En Alemania, la máxima duración de los contratos a plazo fijo para poder calificar es de seis años antes de haber recibido el título del doctorado y de seis años después (medicina: nueve años). Francia está empezando a implementar puestos con posibilidad de obtener permanencia.
- **Monitoreo de las carreras de los doctores:** recolectar, analizar y publicar datos sobre las carreras de las personas con doctorados para presentar pruebas y apoyar el desarrollo, la implementación y la efectividad de las políticas de recursos humanos. Por ejemplo, Bélgica ha creado el Observatorio de Carreras Científicas y de Investigación, Portugal ha lanzado un Observatorio de Empleos Científicos, y Corea está construyendo una base de datos exhaustiva de los investigadores postdoctorales.
- **Administración de recursos humanos:** mejorar la administración de recursos humanos en los institutos. La Comisión Europea ha adoptado el Acta Constitutiva Europea para los Investigadores y un Código de Conducta para el Reclutamiento de Investigadores. El Reino Unido ha desarrollado un acuerdo entre los patrocinadores, institutos e investigadores para apoyar el desarrollo de la carrera de los investigadores y mejorar las políticas y prácticas institucionales de recursos humanos. Bélgica, el Reino Unido y la Unión Europea otorgan premios de excelencia de recursos humanos a los institutos que demuestren buenas prácticas.
- **Fondos:** tener fondos disponibles para mejorar la independencia de los investigadores postdoctorales y apoyar su entrenamiento y el desarrollo de su carrera. La Iniciativa Coreana para Patrocinar Universidades de Investigación e Innovación (KIURI) está enfocada en promover la independencia de los investigadores postdoctorales. España ha creado un programa que permite que los beneficiarios de becas postdoctorales elijan el instituto de su preferencia. Japón está permitiendo que los investigadores jóvenes contratados para un proyecto de investigación investiguen lo que quieran hasta el 20 % de su tiempo. Bélgica planea aumentar la tasa de éxito de becas postdoctorales en un 30 %. Mientras tanto, Portugal ha creado

laboratorios colaborativos con el sector privado y ha ofrecido incentivos fiscales para contratar a las personas que cuentan con un doctorado.

- Igualdad de género: ofrecer más fondos para las mujeres en el campo profesional y con antigüedad dondequiera que necesiten representación; tomar en cuenta la paternidad y otras circunstancias de vida en las evaluaciones para la financiación, reclutamiento y promoción; y otorgar premios de igualdad de género a los institutos que demuestren buenas prácticas. En Alemania, el programa de Mujeres Profesoras ofrece apoyo a las mujeres que tengan antigüedad en sus trabajos. En el Reino Unido, el Acta Constitutiva Athena SWAN reconoce el compromiso de potenciar las carreras científicas de las mujeres.
- Diversidad, igualdad e inclusión: dirigir fondos a los grupos sin representación, que están definidos por su nivel socioeconómico, grupo étnico, idioma, indigeneidad y discapacidad; para promover el desarrollo y monitoreo de equidad, diversidad y estrategias de inclusión a nivel institucional; así como recopilar, analizar y publicar información dispersa en las personas que estudian doctorados según su género y otros grupos de interés (por ejemplo, investigadores indígenas en Canadá y Australia).

3.4 FORTALECER LOS LAZOS ENTRE LAS ACADEMIAS Y OTROS SECTORES

Hay muchos ejemplos de las respuestas a la pandemia del COVID-19 en los que los investigadores académicos han unido fuerzas con los sectores públicos y privados para desarrollar nuevos conocimientos y tecnologías (véase el capítulo 5). Como se describió en la sección anterior, hay más doctores trabajando fuera de la academia que dentro de ella y la mayoría de ellos trabaja en el sector privado. No obstante, cambiarse de la investigación académica no es una opción fácil para muchas personas y el intercambio dual entre el personal de investigación y los sectores es mínimo.

En general, en la OCDE los investigadores que trabajan en educación superior representaron solamente el 30 % del total de investigadores, y los que trabajan en el sector gubernamental representaron alrededor del 7 % en 2016. Desde 2005, el porcentaje de gastos internos brutos en investigación y desarrollo (GERD) en la educación superior permaneció estable en aproximadamente un 17 %, y el del sector gubernamental disminuyó de manera estable de un 12 % a alrededor del 10 % en 2018 (OECD, 2020). La realidad es que solo una minoría de los doctores continuarán en la academia en la mayoría de los países, pese a que el

entrenamiento doctoral se enfoca prácticamente en cómo volverse un profesor. Aunque la mayoría de los investigadores postdoctorales al final encuentran carreras alternativas exitosas y satisfactorias, admiten que es difícil y un reto para ellos dejar de lado sus ambiciones de seguir una carrera académica y también sienten una pérdida de identidad social (Vitae, 2016).

Durante la década pasada, las condiciones han sido favorables para encontrar empleo como investigador fuera de la academia. Mientras el número total de investigadores ha aumentado un 37 % en toda la OCDE, los gastos de I+D per cápita han aumentado más rápidamente en un 68 % entre 2005 y 2018 (OECD, 2020). En 2017 había 8.6 investigadores por cada 1,000 personas con empleo, comparado con 7.0 en 2005. Las personas con doctorados, especialmente las que trabajan en el sector privado, ganan en promedio un sueldo relativamente similar a otros graduados. Sin embargo, las oportunidades dependen en gran medida del campo de estudio, y hay muchas diferencias en la distribución de graduados de doctorados por campo de estudio en todos los países.

La movilidad entre la academia y otros sectores puede ayudar a promocionar de manera efectiva la interacción entre la investigación, la educación y la innovación, así como abrir otros caminos para las carreras. Sin embargo, no siempre está claro cómo facilitar el intercambio de los investigadores en las etapas iniciales de su carrera entre los sectores. Por un lado, las personas con doctorados que fueron entrenadas en la academia podrían necesitar más entrenamiento y habilidades para cumplir con las necesidades de otros sectores. Por otro lado, a menudo se enfrentan con obstáculos para regresar a la investigación académica después de haber trabajado fuera de la academia. El entrenamiento y la experiencia que son valorados en otros sectores muchas veces no están en la misma línea que las expectativas de las carreras académicas. La movilidad entre los sectores, especialmente en la etapa inicial de la carrera puede significar el boleto de salida de la academia, con muy pocas oportunidades de regresar. El resultado puede ser una pérdida permanente de talento en los esfuerzos científicos académicos.

Los países pueden realizar ciertas acciones para promover la movilidad de los investigadores entre los sectores:

- Colaboración en la educación doctoral: preparar a las personas con doctorados para diferentes carreras al cambiar los objetivos y el contenido del entrenamiento doctoral, incluyendo proporcionar más oportunidades para colocaciones institucionales durante la educación doctoral. Varios países, incluyendo a Hungría y a Portugal están promocionando nuevos tipos de programas doctorales en colaboración con la industria.
- Desarrollo profesional: invertir y promover el desarrollo profesional de los investigadores doctorales y postdoctorales a través de orientación profesional

y tutorías. En el Reino Unido, los programas de entrenamiento financiados del Departamento de Investigación e Innovación y el Fideicomiso de Bienvenida del Reino Unido ofrecen a los estudiantes una amplia variedad de oportunidades de desarrollo, incluyendo colaboración con socios no académicos, y prepararlos para sus carreras futuras. En Corea, el KIURI les proporciona a los investigadores postdoctorales oportunidades para desarrollar sus carreras en la industria y los motiva a ser independientes de sus consejeros.

- Publicación de datos sobre los resultados del mercado laboral para los doctores: En Bélgica, el Observatorio de Carreras Científicas y de Investigación proporciona la siguiente información; en el Reino Unido, Vitae publica los resultados de sus encuestas sobre carreras de investigación.
- Portabilidad de beneficios adquiridos: La Unión Europea creó RESAVER, una solución de pensiones laborales para múltiples empleados dirigida a las organizaciones de investigación que permite que los investigadores se queden con el mismo plan de pensión incluso si se cambian de país o de trabajo.

Ha aumentado la inseguridad de los individuos acerca de los fondos para investigación académica a corto plazo. Es probable que los fondos centrales para universidades e investigaciones disminuyan en algunos países y en algunos campos de investigación después de que pase la crisis de COVID-19, incluso se podría necesitar más flexibilidad por parte del personal de investigación. También hay pruebas de que las pequeñas empresas han parado el reclutamiento de puestos que requieren de habilidades superiores durante la pandemia, incluyendo puestos de investigación (Campello, Kankanhalli, y Muthukrishnan, 2020). Estas presiones combinadas hacen que intercambiar y compartir habilidades de investigación, así como promover la movilidad entre los sectores sea más necesario que nunca. Mejorar la resistencia de la fuerza laboral de investigación en el incierto mercado laboral de manera que sea mutuamente beneficiosa tanto para las academias como para el sector privado es de vital importancia.

3.5 TRANSFORMACIÓN DIGITAL Y CIENCIA CON DATOS INTENSIVOS

La digitalización está cambiando la práctica de la ciencia y todos los campos de investigación se están volviendo cada vez más dependientes de los datos. La digitalización también está permitiendo que haya un gran cambio hacia la ciencia abierta, y el creciente escrutinio del público está aumentando la

responsabilidad de garantizar que haya rigor e integridad en la ciencia (Dai, Shin, y Smith, 2018). Como lo muestra la respuesta científica al COVID-19, estos cambios están ocurriendo rápidamente (véase el capítulo 1 y el 2). Estos representan un gran reto para el desarrollo de la fuerza laboral, especialmente en las áreas científicas que históricamente han sido menos ricas en datos. Se requiere aumentar la capacidad de la fuerza laboral digital en varios niveles, incluyendo los científicos individuales, equipos de investigación, proveedores de servicio de datos, infraestructuras de investigación e institutos. Los trabajos tradicionales de apoyo académico, como bibliotecarios o archivistas tendrán que cambiar y realizar algunas funciones de administración de datos, al igual que los investigadores tendrán que adoptar otras funciones. Al mismo tiempo están surgiendo nuevos puestos profesionales, incluyendo analistas de datos, administradores de datos e ingenieros de software de investigación (OECD, 2020). Algunos de ellos son puestos de apoyo a la investigación y otros están enfocados en dirigir investigaciones de manera activa. Aunque los diferentes campos de investigación requieren diferentes tipos y niveles de experiencia digital, la tendencia prevaleciente en la mayoría de los campos es trabajar en equipos grandes que incluyan una mezcla de investigadores y profesionales de apoyo a la investigación.

Se ha estimado que hasta el 5 % del presupuesto para investigación científica se tiene que destinar a la administración de datos FAIR (localizable, accesible, interoperable y reutilizable) y que 1 de 20 personas que pertenecen a la fuerza laboral de investigación deberían tener habilidades digitales para apoyar la investigación (Mons, 2020). Solamente en Europa, esto quiere decir que se necesitan cerca de 500,000 profesionales de varios tipos para apoyar a los investigadores en el diseño experimental y la captura de datos, curación, almacenamiento, análisis, publicación y reutilización. Para lograr este cambio de fuerza laboral se requiere tomar acciones en 5 áreas clave, como se muestra en la Figura 3.4.

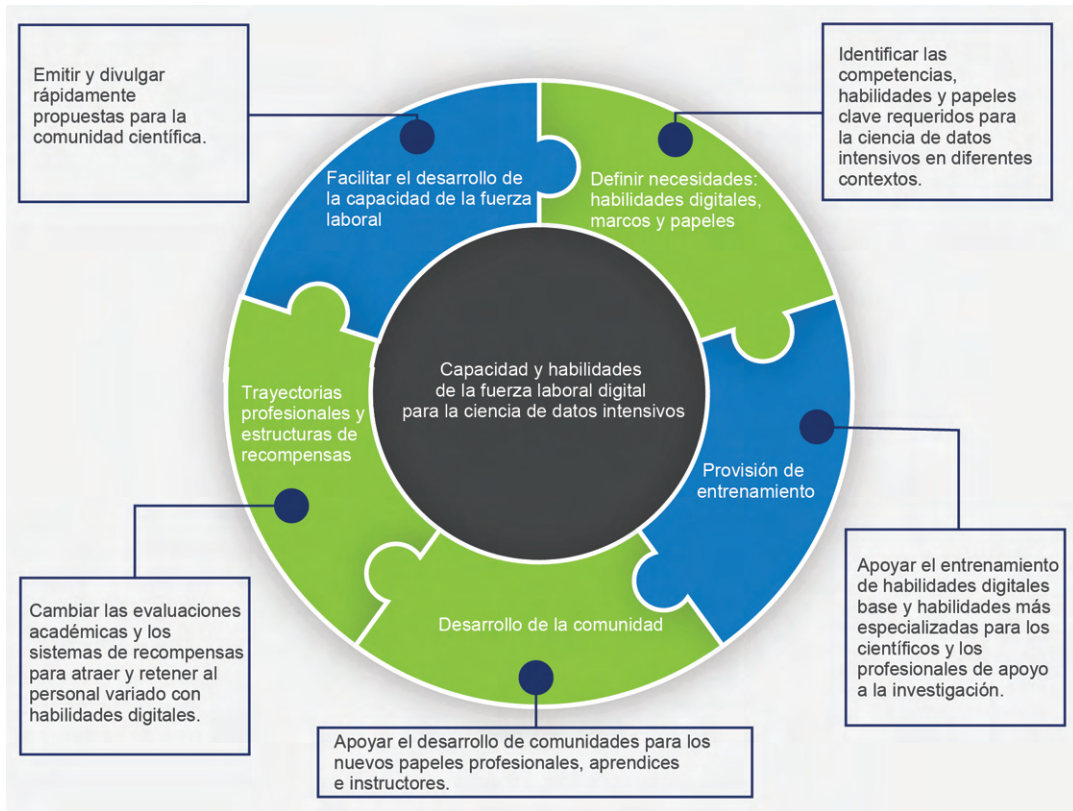


Figura 3.4: Cinco áreas clave y objetivos para mejorar la capacidad de desarrollo en la fuerza laboral de investigación digital.

Fuente: OCDE (Building digital workforce capacity and skills for data-intensive science, 2020), “Aumentar la capacidad de la fuerza laboral digital y mejorar las habilidades de la ciencia de datos intensivos”, Documentos de las Políticas de Ciencia, Tecnología e Industria de la OCDE, No. 90, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/e08aa3bb-en>.

Los gobiernos nacionales tienen un papel importante en lo siguiente:

- Reconocer que las políticas necesitan una fuerza laboral con habilidades digitales para realizar investigaciones, y la importancia de una planeación estratégica que integre las cinco áreas clave necesarias para construir y mantener la fuerza laboral, es decir, definir las necesidades, proporcionar entrenamiento, crear comunidades, trayectorias profesionales y recompensas y más facilitadores;
- Analizar las necesidades de capacidad digital de la fuerza laboral nacional de investigación y el estado (o nivel de preparación) del ambiente de investigación para proporcionar el entrenamiento adecuado y otras acciones necesarias para satisfacer dichas necesidades; y

- Facilitar y coordinar esfuerzos para aumentar la capacidad de la fuerza laboral al nivel y escala necesarios para optimizar los beneficios de la ciencia de datos intensivos, incluyendo el monitoreo y la evaluación de los procesos que se mantienen al ritmo del entorno tan cambiante.

Sin embargo, aunque el liderazgo, la planeación y la coordinación son necesarios a nivel nacional, las acciones más importantes en términos de implementación recaen en las universidades y en los institutos de investigación, que son los principales sitios de educación científica, entrenamiento e investigación. Hay una necesidad urgente no solo de entrenar a más científicos con habilidades digitales y a profesionales de apoyo de investigación sino de desarrollar entornos de investigación atractivos y de apoyo académico para que los estudiantes no se vayan y consigan trabajos mejor pagados en la industria. Esto significa desarrollar nuevas trayectorias profesionales y nuevos sistemas de evaluación y de recompensas. Los resultados obtenidos de la investigación de datos y deben ser considerados a la par de los resultados de las publicaciones. Se necesita implementar trayectorias profesionales más flexibles para permitir que las personas cambien fácilmente de puestos en la academia, el sector público y privado en las diferentes etapas de sus vidas, revirtiendo la salida unilateral de la academia que está acabando con áreas de investigación atractivas como la inteligencia artificial (IA). Al mismo tiempo, promover la diversidad y reducir los obstáculos para entrar y el avance de las mujeres y otros grupos de la población que no tienen representación en la fuerza laboral científica con habilidades digitales también requieren de atención urgente.

La escala y la urgencia del reto de crear una capacidad digital para la investigación de datos intensivos, que está en primer lugar de la respuesta científica al COVID-19, parecen estar muy subestimadas. No obstante, hay varios ejemplos de diferentes países que demuestran cómo los gobiernos y agencias de financiación pueden facilitar y apoyar los cambios necesarios con éxito (OECD, 2020). El Consejo Alemán de Infraestructuras de Información Científica ha planeado las futuras necesidades digitales educativas y de entrenamiento a nivel vocacional y científico (RfII, 2019). En Australia, el desarrollo de la fuerza laboral con habilidades y el entrenamiento son una de las cinco áreas de actividad de la Australian Research Data Commons, una iniciativa nacional que apoya la investigación australiana. El Consejo de Investigación de Artes y Humanidades del Reino Unido requiere que los estudiantes de doctorados tomen un entrenamiento para habilidades digitales y proporciona un marco para monitorear dichas habilidades.

Las universidades también están trabajando conjuntamente para resolver los retos de crear una capacidad de la fuerza laboral sostenible y habilidades para la ciencia de datos intensivos. En enero de 2020, los líderes de ocho redes univer-

sitarias de varias naciones firmaron la declaración de la Sorbona de los derechos de investigación de datos. Los signatarios se comprometieron a realizar varias acciones, incluyendo: “Motivar a nuestras universidades a establecer programas de entrenamiento y de desarrollo de habilidades que creen el ambiente ideal para promover una administración de datos de investigación abierta” (LERU, 2020). A nivel institucional, la Universidad Técnica de Delft en Holanda está financiando administradores de datos en toda la universidad y nombrando a los investigadores campeones de datos, ya que difunde habilidades entre las redes de colegas, en eventos de entrenamientos y en instalaciones de educación en línea (OECD, 2020).

A pesar de este y otros ejemplos de buenas prácticas, las iniciativas de políticas para habilidades digitales y capacidad tienden a ser *ad hoc* y a corto plazo, con pocos ejemplos de necesidades de evaluaciones minuciosas e iniciativas estratégicas a largo plazo o cambios estructurales para resolver las brechas identificadas. Esto podría reflejar en parte la diversidad de los participantes del sector público que tienen que trabajar juntos para resolver estos asuntos en su totalidad, incluyendo los Ministerios de educación e investigación, agencias de financiación, y universidades (en su mayoría autónomas) y organismos académicos. Como se observe en la IA y el COVID-19, el sector privado también tiene un papel muy importante, tanto como proveedor y como usuario de investigadores con habilidades digitales y personal profesional de apoyo.

3.6 CIENCIA PARA RESOLVER RETOS SOCIALES

Como se señaló al principio de este capítulo y se ejemplificó por la pandemia de COVID-19, cada vez se requiere más de la investigación científica para resolver retos sociales complejos. Los enfoques disciplinarios, o incluso la pura ciencia, pueden resolver estos retos de manera limitada. En muchas situaciones, la investigación transdisciplinaria (TDR), la cual combina diferentes participantes y fuentes de conocimiento, es necesaria. La TDR requiere de habilidades y enfoques adicionales, y genera resultados adicionales a los que normalmente son evaluados en la investigación académica.

Aunque muchos científicos jóvenes son incitados a usar enfoques de TDR y desarrollar soluciones para enfrentar los retos sociales, como los que están incluidos en los Objetivos de Desarrollo Sostenible, no es necesariamente una buena elección de carrera para los científicos que quieren establecerse en la academia. La TDR es complicada, tiene un tiempo de introducción muy largo y equipos muy grandes y no tiene una única “residencia” disciplinaria o un defensor (OECD, 2020). Aunque los resultados y las publicaciones científicas son importantes en la TDR, varios otros resultados son igual o más importantes.

Esto puede incluir informes sobre políticas, documentos de comunicación pública, nuevas redes de múltiples accionistas y cambios en las prácticas, todos ellos claramente son necesarios para responder a la actual situación de la pandemia. Una buena comunicación y habilidades de asesoramiento son esenciales para la TDR, y, en los proyectos de mayores escalas, los coordinadores dedicados que tienen estas habilidades son invaluable. Sin embargo, dichos resultados y habilidades de TDR no son lo que normalmente se esperaría enumerar en un CV académico. Incluso cuando las contribuciones de un investigador a la sociedad sean claramente excelentes, puede ser muy difícil obtener reconocimiento y apoyo de parte de los colegas y forjar una carrera a largo plazo en el ámbito académico.

Un análisis reciente de la OCDE (OECD, 2020), que incluyó 28 estudios de casos a profundidad, señaló que los gobiernos, agencias de financiación y otros participantes del entorno de investigación desempeñaron un papel muy importante proporcionando un liderazgo estratégico, apoyo y condiciones propicias para la TDR. Algunas de las acciones específicas de las políticas incluyen:

- Introducir módulos de aprendizaje de TDR en la educación científica y cursos de entrenamiento de posgrado;
- Apoyar a los investigadores de la carrera en etapas iniciales para que se involucren en proyectos de TDR (por ejemplo, a través de doctorados supervisados conjuntamente) y desarrollar trayectos profesionales más flexibles;
- Proporcionar apoyo individual (por ejemplo, becas de investigación) para los estudiantes sobresalientes que puedan desarrollar y dirigir proyectos de TDR;
- Ampliar los fondos y/o promover la colaboración con otros donadores para apoyar el aumento de capacidad y la participación de accionistas no académicos en proyectos de TDR;
- Asignar recursos, incluyendo personal, para construir habilidades a largo plazo en prácticas y metodologías de TDR;
- Cambiar la revisión de colegas y los procesos de evaluación, usando procesos de revisión multidisciplinarios y con múltiples accionistas; y
- Cambiar los criterios de evaluación y promoción para los individuos que se involucren en TDR para que se les juzgue no solo por sus publicaciones y citas científicas, sino también por sus contribuciones a los resultados de investigación colectiva que resultan valiosos para los accionistas que no se dedican a la ciencia.

En respuesta al COVID-19, un gran número de agencias de financiación a la investigación rápidamente han implementado nuevos esquemas para apoyar las investigaciones interdisciplinarias y transdisciplinarias, especialmente enfocándose en los aspectos socioeconómicos de la pandemia (véase el capítulo 2). Con una perspectiva a largo plazo, varios países también han estado tomado acciones estratégicas para promover las investigaciones interdisciplinarias y transdisciplinarias (OECD, 2020). Por ejemplo, la Estrategia de Investigación Nacional Francesa para 2014-20 está organizada conforme a un conjunto de cambios sociales y está implementando una serie de programas supervisados por comités multidisciplinarios ad-hoc. La agenda de investigación nacional en Holanda, que es en sí producto de un ejercicio de consulta pública (OECD, 2017), está siendo implementada a través del Departamento de Investigación destinado a través de rutas del programa de Consorcio, lo cual promueve colaboraciones entre institutos de conocimiento y aliados sociales.

Un gran número de universidades también han tomado pasos significativos para romper los esquemas disciplinarios y para trabajar más de cerca con los ciudadanos y otros accionistas. Un ejemplo muy citado es el de la Arizona State University (ASU), cuya misión general es “avanzar en la investigación y el descubrimiento del valor público; y asumir una responsabilidad fundamental por la salud general, económica, social y cultural de las comunidades a las que sirve”. La ASU está organizada en 17 colegios con más de 170 centros e institutos multidisciplinarios. En una escala más limitada, la Universidad del Instituto de Gerontología de Tokio une a los investigadores y a los estudiantes de diferentes facultades y academias con empleados apoyados por empresas privadas y gobiernos locales para promover la investigación de los problemas de una sociedad envejecida (véase OCDE (Addressing societal challenges using transdisciplinary research, 2020) para más información de este y otros ejemplos).

Aunque estos ejemplos son prometedores, necesitan ser difundidos y escalados de manera considerable si la ciencia va a producir el conocimiento y las tecnologías necesarias para resolver los complejos retos de la actualidad y los que están por venir. La pandemia de COVID-19 proporciona una advertencia oportuna de la importancia sobre este tema. Los investigadores jóvenes tienen que tener una motivación para trabajar en diferentes disciplinas y sectores, en vez de desanimarlos con futuros de carrera inciertos.

3.7 UN NUEVO ENFOQUE DEL ENTRENAMIENTO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA, EVALUACIÓN Y CARRERAS

La investigación disciplinaria, la competencia basada en méritos y el enfoque en la excelencia han probado su valor y han permitido el desarrollo tecnológico, la

innovación y el crecimiento económico en países miembros de la OCDE durante varias décadas. Estos enfoques tradicionales todavía desempeñarán un papel importante en el futuro. Sin embargo, como claramente lo ha demostrado la pandemia de COVID-19, la ciencia tiene un papel muy importante en la provisión de soluciones para lidiar con los complejos retos sociales, incluyendo los que están previstos en los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Al mismo tiempo, la digitalización y los macrodatos (big data) están transformando la ciencia a través de la ciencia abierta y la investigación de datos intensivos, convirtiéndose en la norma en todos los dominios. Aunque las tecnologías digitales, como la IA y la robótica definitivamente tendrán un impacto en cómo la ciencia cumplirá con sus múltiples demandas en el futuro (véase el capítulo 6), la contribución humana individual y colectiva seguramente seguirá siendo crucial.

El sistema de investigación académica depende del constante flujo de un gran número de estudiantes de doctorados y de investigadores de postdoctorados que tengan contratos temporales y con expectativas limitadas de obtener puestos académicos permanentes. La presión de publicar y el ambiente tan competitivo resultan muy abrumadores para las mujeres y representan un obstáculo para la diversidad de la fuerza laboral. La creciente evidencia demuestra que la presión ejercida en los investigadores que están iniciando la carrera es una amenaza para su salud mental y su bienestar, y puede distorsionar su comportamiento al grado de acabar con la integridad de la investigación (Wellcome, 2020). El COVID-19 está empeorando la situación para la población con grandes habilidades y muy vulnerable de investigadores en la etapa inicial de la carrera porque está enfatizando las debilidades que ya existían en el sistema.

La investigación está en un dilema. Una cantidad de proyectos recientes de políticas de la OCDE que examinaron la precariedad de las carreras de investigación, la capacidad y habilidades digitales, y la investigación interdisciplinaria o transdisciplinaria han llegado a la conclusión de que se necesitan efectuar cambios en la manera en que entrenan, reclutan, apoyan, evalúan y premian a los científicos (Figura 3.5). La pandemia de COVID-19 ha reforzado fuertemente este mensaje. Tienen que haber múltiples opciones de carreras flexibles dentro de la academia y oportunidades de movilidad entre la academia y otros sectores en las diferentes etapas de las carreras. Es necesario tomar acciones positivas para ayudar a las mujeres y a la población que no cuenta con representación para que entren y mantengan sus carreras científicas. La evaluación de las investigaciones y la evolución de las carreras tienen que dejar de depender de las medidas bibliométricas. Otros resultados de investigación, incluyendo datos, software y una variedad de políticas y herramientas de apoyo de decisiones, las cuales son fundamentales para responder ante situaciones de crisis, también deberían ser valoradas. Saber trabajar en equipo y ser un

facilitador o comunicador con habilidades debería tener el mismo reconocimiento que poseer “habilidades intelectuales”. La ciencia realmente es una meritocracia, pero hay una necesidad urgente de redefinir dichos méritos y de lo que constituye la excelencia en todos sus disfraces. En un sistema en el que los estudiantes de doctorados que están por entrar sobrepasa la demanda final (en términos de puestos académicos seguros), es necesario eliminar el estigma del fracaso que está asociado con dejar la academia y apoyar a los investigadores en etapas iniciales de la carrera en sus diferentes elecciones de carrera. Hacer esto ayudará a construir sistemas de investigación más resistentes que sean más capaces de lidiar con las secuelas del COVID-19 y de otros futuros problemas.

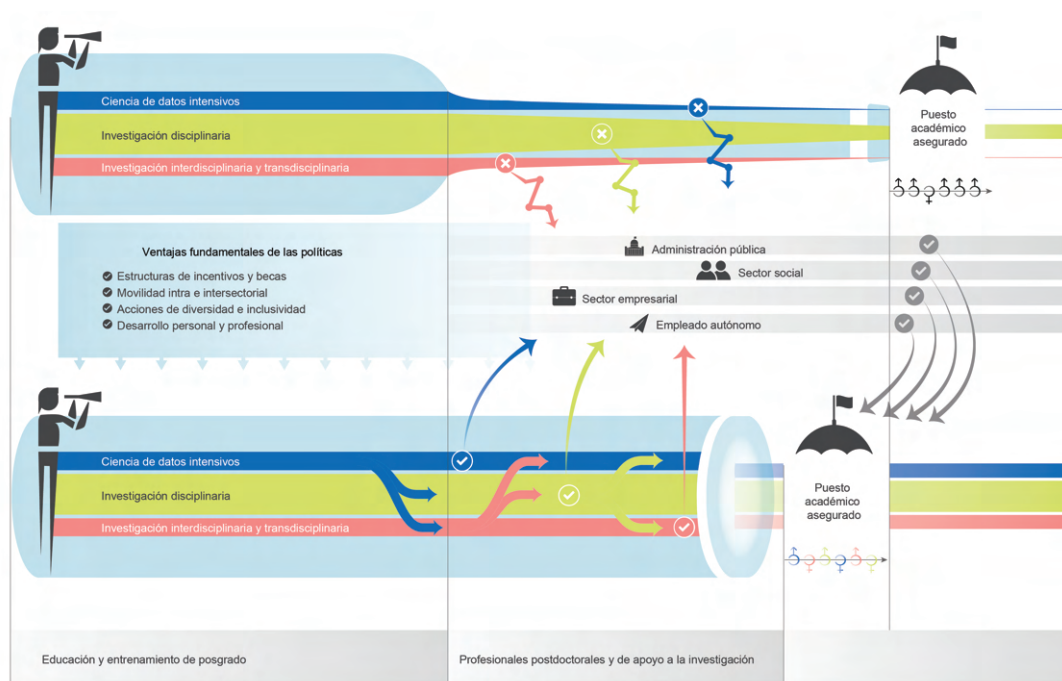


Figura 3.5: Hacia una fuerza laboral de investigación más diversa, saludable y efectiva: desde abajo hasta arriba.

Nota: La difícil situación actual del entrenamiento de investigación y carreras académicas (en la parte superior de la gráfica) favorece a la investigación disciplinaria y a ciertos grupos de la población, dejando a las personas que se van con carreras alternativas que tienen muy pocas oportunidades de reingresar. Por el contrario, el futuro ideal (parte inferior de la gráfica) permite una mayor diversidad de trayectorias profesionales dentro de la academia y una mayor rotación que permita que la gente se pueda mover dentro y fuera de otros sectores durante el transcurso de su carrera. El camino es más corto para los que permanecen en la academia y es más fácil que aseguren un puesto, también es más atractivo para las mujeres y los grupos sociales que actualmente no cuentan con representación en la academia. Para que la situación mejore, es necesario activar una serie de cambios importantes en las políticas.

Como se muestra en los ejemplos proporcionados en este capítulo y en las recientes publicaciones de la OCDE acerca de este tema, muchas instituciones están tomando medidas para resolver retos actuales y futuros de la fuerza laboral de investigación. Los gobiernos también tienen un papel importante en la reunión de varios participantes que tengan interés en el futuro de la ciencia para desarrollar estrategias y acciones coordinadas a largo plazo. Algunos países ya pusieron en marcha muchas buenas prácticas e iniciativas, y se puede aprender mucho de las comparaciones y los diálogos internacionales. Después de todo, la ciencia es una empresa global, y una parte considerable de los investigadores académicos han trabajado en más de un país. La pandemia de COVID-19 ha puesto al descubierto tanto las fortalezas como las debilidades de los sistemas de investigación existentes. Es probable que el periodo posterior al COVID-19 ejerza cada vez más presión en los investigadores jóvenes, ya que los presupuestos para investigación se vuelven cada vez más ajustados, pero también puede ser una oportunidad para reconsiderar cuál es el verdadero valor de la ciencia y lo que esto significa en términos de entrenamientos y trayectorias profesionales para la futura fuerza laboral científica. El COVID-19 puede proporcionar el estímulo necesario para cambiar de una situación difícil en las carreras de investigación académica y pasar a un camino más atractivo, saludable y productivo para los investigadores (Figura 3.5).

3.8 REFERENCIAS

- Bello, M., y Galindo-Rueda, F. (2020). The 2018 OECD International Survey of Scientific Authors. In *OECD Science, Technology and Industry Working Papers* (Vol. 2020/04). OECD Publishing, Paris. doi:<https://dx.doi.org/10.1787/18d3bf19-en>
- Bello, M., y Sarrico, C. (2020). It's time to close the gender gap in research. *OECD Innovation Blog*. Retrieved from <https://oecd-innovation-blog.com/2020/06/17/gender-gap-research-oecd-survey-scientific-authors>
- Campello, M., Kankanhalli, G., y Muthukrishnan, P. (2020). *Corporate Hiring under COVID-19: Labor Market Concentration, Downskilling, and Income Inequality*. National Bureau of Economic Research, Cambridge, MA. doi:10.3386/w27208
- Dai, Q., Shin, E., y Smith, C. (2018). Open and inclusive collaboration in science: A framework. In *OECD Science, Technology and Industry Working Papers* (Vol. 2018/07). OECD Publishing, Paris. doi:<https://dx.doi.org/10.1787/2dbff737-en>
- DORA. (2013). San Francisco Declaration on Research Assessment. Retrieved from <https://sfdora.org/>

- Forrester, N. (2020). Diversity in science: next steps for research group leaders. *Nature*, 585(7826), S65-S67. doi:10.1038/d41586-020-02681-y
- Gewin, V. (2020). The career cost of COVID-19 to female researchers, and how science should respond. *Nature*, 583(7818), 867-869. doi:10.1038/d41586-020-02183-x
- LERU. (2020). Data Summit in Paris. Retrieved June 8, 2020, from <https://www.leru.org/news/data-summit-in-paris>
- Mons, B. (2020). Invest 5% of research funds in ensuring data are reusable. *Nature*, 578(7796), 491-491. doi:10.1038/d41586-020-00505-7
- Nature. (2020). Postdocs in crisis: science cannot risk losing the next generation. *Nature*, 585(7824), 160-160. doi:10.1038/d41586-020-02541-9
- OECD. (2015). Making Open Science a Reality. In *OECD Science, Technology and Industry Policy Papers* (Vol. 2015). OECD Publishing, Paris. doi:<https://dx.doi.org/10.1787/5jrs2f963zs1-en>
- OECD. (2017). Open research agenda setting. In *OECD Science, Technology and Industry Policy Papers*. OECD Publishing, Paris. doi:<https://dx.doi.org/10.1787/74edb6a8-en>
- OECD. (2018). International Survey of Scientific Authors. Retrieved from <http://oe.cd/issa>
- OECD (2019). Education at a Glance 2019: OECD Indicators. doi:<https://dx.doi.org/10.1787/f8d7880d-en>
- OECD. (2019). Preparing for the changing nature of work in the digital era. OECD, Paris. Retrieved from <https://www.oecd.org/going-digital/changing-nature-of-work-in-the-digital-era.pdf>
- OECD. (2020). Addressing societal challenges using transdisciplinary research. In *OECD Science, Technology and Industry Policy Papers*. OECD Publishing, Paris. doi:<https://dx.doi.org/10.1787/0ca0ca45-en>
- OECD. (2020). Building digital workforce capacity and skills for data-intensive science. In *OECD Science, Technology and Industry Policy Papers*. OECD Publishing, Paris. doi:<https://dx.doi.org/10.1787/e08aa3bb-en>
- OECD. (2020). Education at a glance: Educational attainment and labour-force status. *OECD Education Statistics*. doi:<https://dx.doi.org/10.1787/889e8641-en>
- OECD. (2020). Human resources in higher education. In *Resourcing Higher Education: Challenges, Choices and Consequences*. OECD Publishing, Paris. doi:<https://dx.doi.org/10.1787/d6f502d9-en>
- OECD (2020). Main Science and Technology Indicators, Volume 2019 Issue 2. 2019/2. doi:<https://dx.doi.org/10.1787/g2g9ff07-en>
- OECD. (2020). Using artificial intelligence to help combat COVID-19. *OECD Policy Responses to Coronavirus (COVID-19)*. Retrieved from OECD Policy

Responses to Coronavirus (COVID-19): <http://www.oecd.org/coronavirus/policy-responses/using-artificial-intelligence-to-help-combat-covid-19-ae4c5c21>

Pollitzer, E., Smith, C., y Vinkenburg, C. (2018). Gender in a changing context for STI. In *OECD Science, Technology and Innovation Outlook 2018: Adapting to Technological and Societal Disruption*. OECD Publishing, Paris. doi:https://dx.doi.org/10.1787/sti_in_outlook-2018-12-en

Rfii. (2019). Digital competencies – urgently needed! – Recommendations on career and training prospects for the scientific labour market. German Council for Scientific Information Infrastructures, Göttingen. Retrieved June 5, 2020, from <http://www.rfii.de/download/digital-competencies-urgently-needed-october-2019>

The Royal Society. (2019). Dynamics of data science skills: How can all sectors benefit from data science talent? The Royal Society, London. Retrieved from <https://royalsociety.org/topics-policy/projects/dynamics-of-data-science/>

Viglione, G. (2020). Are women publishing less during the pandemic? Here's what the data say. *Nature*, 581(7809), 365-366. doi:10.1038/d41586-020-01294-9

Vitae. (2016). What do research staff do next? Careers Research and Advisory Centre, Cambridge. Retrieved from <https://www.vitae.ac.uk/vitae-publications/reports/vitae-what-do-research-staff-do-next-2016.pdf>

Wellcome. (2020). What Researchers Think About the Culture They Work In. Retrieved January 15, 2020, from <https://wellcome.org/reports/what-researchers-think-about-research-culture>

Woolston, C. (2020). Pandemic darkens postdocs' work and career hopes. *Nature*, 585(7824), 309-312. doi:10.1038/d41586-020-02548-2

NOTAS

- 1 Esta información proviene de las respuestas de los países a la encuesta de la política del Proyecto GSF de la OCDE sobre reducir la precariedad de las carreras de investigación. El proyecto fue lanzado en octubre de 2019 y el informe final está programado para publicarse en 2021. Su página web está disponible en el sitio web de las Perspectivas de CTI de la OCDE (<http://www.oecd.org/sti/science-technology-innovation-outlook/research-precariat/>).
- 2 <https://oecdsciencesurveys.github.io/2020flashsciencecovid/>.
- 3 Ver nota final (1) para la fuente.
- 4 Se obtuvieron aproximadamente 12,000 respuestas de autores científicos. Aunque la tasa de respuesta de la encuesta fue de solo 7.55 %, la revisión de calidad del estudio sugiere que los resultados se pueden considerar representativos de la población meta en la mayoría de los países y economías.
- 5 Consulte el proyecto para reducir la precariedad de las carreras de investigación de la OCDE. El proyecto fue lanzado en octubre de 2019 y el informe final está programado para publicarse a principios del 2021.

4. Apoyo gubernamental a la investigación e innovación empresarial en un mundo en crisis

¿Qué factores y tendencias han llevado a los patrones actuales de apoyo gubernamental a la innovación en las economías de la OCDE? ¿Cómo ha contribuido esto a dar forma a los sistemas de innovación actuales? ¿Qué importancia tiene para abordar las causas y efectos de la crisis actual? Este capítulo analiza cómo los gobiernos asignan recursos públicos a la investigación y la innovación, basándose en parte en la evidencia reciente de proyectos de la OCDE. Estos interactúan con otros debates importantes de política pública sobre la naturaleza de la intervención del gobierno y la amplitud de las actividades de innovación, así como con el debate internacional sobre qué subsidios son permisibles hoy en día en economías altamente interconectadas. El capítulo explora cómo la crisis del COVID-19 puede resultar en cambios en el volumen, la naturaleza y la dirección del apoyo público a la innovación. Concluye con posibles escenarios y su impacto en la forma en que los gobiernos sostendrán la actividad de innovación futura en sus sociedades.

HALLAZGOS CLAVE

- **La respuesta empresarial de I+D e innovación al COVID-19 ha sido muy heterogénea.** Si bien para algunos la crisis representa una oportunidad para expandir esos esfuerzos, las capacidades de innovación en muchas industrias se encuentran bajo una tensión significativa. Sin embargo, la movilización de recursos y capacidades

de innovación empresarial es fundamental para hacer frente a la crisis actual y abordar los desafíos económicos y sociales tradicionales. Dado que en la actualidad cerca del 70 % de la I+D en el área de la OCDE es realizada por empresas, la forma en que los gobiernos incentivan e influyen en la investigación y la innovación en las empresas puede tener importantes implicaciones para nuestro futuro y es un elemento muy necesario para inyectar resiliencia en la economía y la sociedad.

- **Las políticas públicas de apoyo a la innovación deben poder orientar los esfuerzos privados de innovación hacia donde más se necesitan**, especialmente donde las señales del mercado demuestran ser insuficientes y la coordinación es más desafiante. Los datos y análisis recientes de la OCDE muestran que la combinación de políticas de los gobiernos no es del todo coherente con esa ambición. Los incentivos fiscales a la I+D son eficaces para lograr sus objetivos genéricos de aumento de I+D siempre que se diseñen e implementen de forma coherente. Sin embargo, son insuficientes como medio para orientar la innovación hacia necesidades sociales más amplias y representan instrumentos subóptimos para fomentar la inversión en conocimiento en la interfaz entre la investigación básica y el desarrollo real de productos o procesos.
- **Es probable que muchos de los supuestos que sustentan el consenso político mundial sobre el papel apropiado del gobierno en la financiación y promoción de la innovación se vean cuestionados en los próximos años**. El apoyo a la innovación empresarial hoy en día es posible dentro de un delicado equilibrio de acuerdos internacionales que dan forma a lo que los gobiernos nacionales pueden hacer para ayudar a sus empresas a innovar sin desencadenar respuestas de represalia por parte de otros países. Los gobiernos deben construir una clara apreciación de las compensaciones que enfrentan al rediseñar sus carteras de apoyo a la innovación, en paralelo con sus socios y competidores en otros países. El interés propio nacional, también en lo que respecta al apoyo empresarial a la innovación, a menudo se verá mejor atendido por la colaboración internacional.
- **Los gobiernos pueden aprender unos de otros para mejorar el diseño y la administración del apoyo a la innovación**

durante las crisis. El apoyo público a la innovación se presenta de muchas formas y no siempre es fácil de medir, rastrear a lo largo del tiempo o comparar para facilitar el aprendizaje mutuo. Los gobiernos también deben seguir invirtiendo, junto con otras capacidades, en evidencia sobre sus políticas de apoyo a la innovación para mejorarlas. Esto requiere romper los silos y desarrollar capacidades para explotar esta información. Esta es una prioridad permanente de la OCDE, tanto en términos de medición como de análisis de políticas.

4.1 INTRODUCCIÓN

El apoyo público siempre ha jugado un papel clave en la configuración del alcance, la naturaleza y la dirección de la innovación en las economías de mercado modernas. En este capítulo se examinan los factores y las tendencias que han dado lugar a los patrones actuales de apoyo gubernamental a la innovación, que a su vez han contribuido a dar forma a los sistemas de innovación actuales. Explora los principales debates que llevaron a una revisión de cómo los gobiernos asignan los recursos públicos a la investigación y la innovación, interactuando con otros debates importantes sobre políticas públicas sobre la naturaleza de la intervención gubernamental, la amplitud y especificidades de la actividad de innovación y la dimensión de la gobernanza internacional, en particular qué subsidios se consideran permisibles en economías altamente interconectadas. El capítulo explora cómo la crisis del COVID-19 puede resultar en cambios en el volumen, la naturaleza y la dirección del apoyo público a la innovación. Concluye describiendo posibles escenarios futuros y su impacto en la forma en que los gobiernos expresan su apoyo a la innovación.

4.2 APOYO A LA INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN EMPRESARIAL HOY

La importancia del apoyo público a la innovación

En las economías de mercado descentralizadas, las empresas son actores clave en los sistemas de investigación e innovación, seleccionando, desarrollando e implementando nuevas ideas en la búsqueda de oportunidades económicas. Esto también es cierto en gran medida en otras economías en las que el gobierno tiene un alto grado de propiedad y control empresarial. Además de proporcionar un marco socioeconómico benigno en el que las empresas pueden cumplir su función socioeconómica, las políticas gubernamentales también promueven activamente

comportamientos de inversión que se consideran beneficiosos para la sociedad, pero que, de lo contrario, las empresas pueden ser reacias a adoptar. Las inversiones en conocimiento y su aplicación están plagadas de incertidumbre y son difíciles de coordinar; Además, sus beneficios pueden disiparse rápidamente a medida que otros se benefician (OECD, 2010). Dejados a sus propios dispositivos, los mercados pueden tener dificultades para asignar recursos a tales esfuerzos, incluso cuando serían beneficiosos desde una amplia perspectiva social.

Existen múltiples formas en las que los gobiernos pueden proporcionar apoyo financiero para la innovación (OECD/Eurostat, 2018). Por ejemplo, el apoyo público puede centrarse en los insumos (por ejemplo, los esfuerzos de investigación y desarrollo [I + D] de las empresas) o los resultados de la actividad de innovación (por ejemplo, reduciendo los impuestos adeudados sobre los beneficios económicos de la I + D). El apoyo puede implicar una subvención, es decir, una transferencia neta de recursos, más o menos explícitamente relacionada con actividades de innovación.¹ Se pueden utilizar varios instrumentos para ayudar a canalizar recursos a las empresas con el fin de incentivar o recompensar los esfuerzos de innovación. Los gobiernos pueden comprar (o prometer comprar) bienes o servicios que requieran o sean el resultado de innovaciones comerciales. Pueden proporcionar financiación en forma de subvenciones o préstamos, o alentar a otros a que concedan esos préstamos proporcionando garantías cuando las empresas no puedan pagar. Pueden diferir o renunciar a obligaciones tributarias, o pueden inyectar capital a las empresas a cambio de capital. Los gobiernos pueden pagar a terceros para que proporcionen los servicios que las empresas necesitan para innovar, o pueden proporcionar esos servicios ellos mismos a través de las instituciones que controlan, como los laboratorios gubernamentales. La transferencia de tecnología patrocinada o en poder de los gobiernos, o el acceso preferencial a datos como registros de salud o movilidad, son ejemplos de apoyo en especie, al igual que la concesión de derechos exclusivos sobre invenciones a través de derechos de propiedad intelectual. La inversión pública y el apoyo a la innovación no se limitan necesariamente a los límites territoriales de un país. Por ejemplo, los fondos soberanos y los vehículos de inversión relacionados compran acciones de empresas de todo el mundo para poseer una participación en sus nuevas tecnologías. Los gobiernos también brindan apoyo implícito a la innovación empresarial a través de las actividades de las empresas estatales, que también forman parte del sector empresarial.

El apoyo público a la innovación ha desempeñado un papel importante en el diseño de estrategias de desarrollo industrial y económico en todo el mundo, aunque con enfoques y resultados bastante desiguales. Si bien el apoyo público sigue siendo un tema muy controvertido (Warwick and Nolan, 2014) y las políticas industriales promotoras del crecimiento han sido insuficientes sin

reformas complementarias, la mayoría de las economías exitosas han dependido de ellas en algún momento de su historia (Rodrik, 2010). Como se indica en la parte superior de la Figura 4.1, los objetivos de la política de apoyo a la innovación son múltiples. Los responsables de las políticas de innovación se preocupan por identificar la cartera más adecuada de instrumentos de apoyo que fomenten y orienten la I+D y la innovación empresarial; generar soluciones que transformen o incluso creen nuevos mercados; impulsar el crecimiento económico; y superar los desafíos sociales históricos, como la salud, la energía y el medio ambiente, o abordar las crisis a corto plazo. Esta multiplicidad de objetivos a menudo requiere el uso de una cartera de instrumentos de apoyo en lugar de depender de un conjunto limitado de herramientas de política.



Figura 4.1: Confluencia de objetivos y limitaciones al apoyo gubernamental para la innovación empresarial.

Los responsables de la formulación de políticas de innovación también deben tener en cuenta una serie de limitaciones, incluidas las implicaciones en un grupo

mucho más amplio de áreas de políticas, como se analizará más adelante en este capítulo. En particular, los ministerios de finanzas y la sociedad en general exigen pruebas de que las inversiones que apoyan la innovación empresarial producen un rendimiento social tan alto como las inversiones en infraestructura pública u otras áreas discrecionales de gasto. Deben establecerse controles para evitar que el apoyo a la innovación empresarial se convierta en una forma de “bienestar empresarial” a través de la captura regulatoria. Siempre se deben considerar alternativas al soporte.

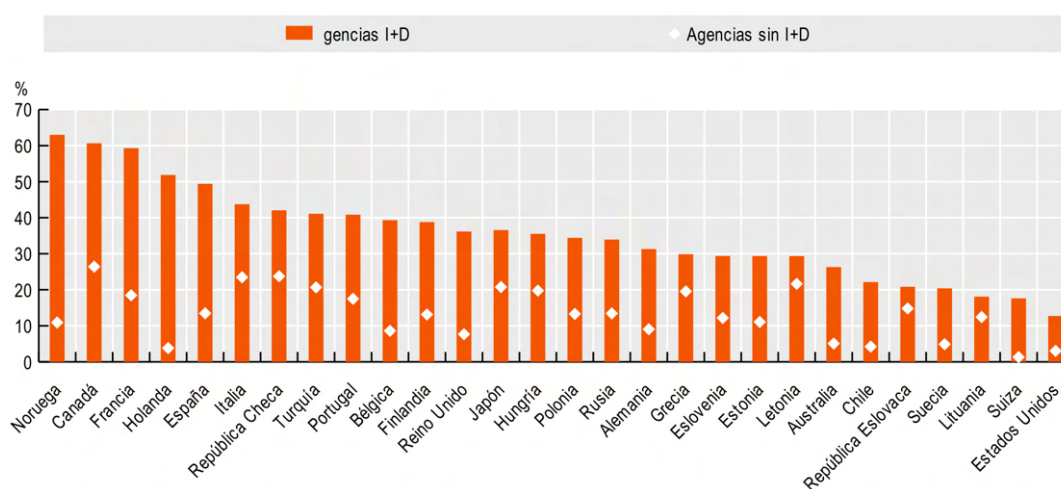


Figura 4.2: Las empresas activas en I+D tienen más probabilidades de recibir apoyo público para la innovación.

Empresas que reciben apoyo público como porcentaje de empresas activas en la innovación de productos o procesos, 2014-16.

Nota: Los datos sobre el apoyo público a la innovación se aplican a las empresas que informan sobre la innovación de un producto o proceso, así como a las empresas con actividades de innovación relacionadas con la innovación de productos o procesos. Para Canadá, los datos se refieren a empresas innovadoras de productos o procesos. Para Chile y Japón, los datos sobre apoyo público se aplican a empresas con actividades de innovación, mientras que las empresas activas en innovación de productos o procesos se refieren a empresas que informan sobre innovaciones de productos o procesos o con actividades de innovación en curso o abandonadas relacionadas con la innovación de productos, procesos, marketing u organización. Para España, el estatus de I+D se refiere solo a 2016.

Fuente: Indicadores de innovación de la OCDE 2019 (base de datos), <http://oe.cd/inno-stats> (consultado en octubre de 2020).

StatLink 2 <https://doi.org/10.1787/888934223365>

Apoyo gubernamental a la innovación ante la crisis del COVID-19

Las políticas públicas promueven la innovación apoyando diferentes tipos de empresas y actividades. En todo el mundo, las empresas que realizan I+D tienen muchas más probabilidades de recibir apoyo para la innovación del gobierno (con una probabilidad media del 36 %) que las empresas que solo realizan innovaciones no basadas en I+D (13 % de probabilidad media) (Figura 4.2). Como resultado, la mayoría de las empresas que reciben apoyo a la innovación son empresas activas en I+D, aunque representan una minoría de empresas activas en innovación.

El portal de Políticas de Ciencia, Tecnología e Innovación de la OCDE (STIP Compass), un repositorio de esquemas de apoyo a la innovación (EC-OECD, 2020), muestra que los esquemas de financiamiento directo son los instrumentos de apoyo financiero para la I+D y la innovación reportados con mayor frecuencia en términos de recuento de iniciativas (Figura 4.3). El 40 % de los instrumentos notificados en este ámbito se refieren a subvenciones para I+D e innovación empresarial. Un examen de la información subyacente sobre estos instrumentos muestra que están muy fragmentados y personalizados para grupos destinatarios específicos, en comparación con los esquemas de incentivos fiscales corporativos (11 % de los esquemas de apoyo reportados). Los esquemas de incentivos fiscales a la I+D tienden a ser únicos para todo un país, haciéndose eco del impuesto sobre el que se aplican esas concesiones, aunque también presentan variaciones considerables (Appelt, Galindo-Rueda and González Cabral, 2019). Pocos países informan sobre la disponibilidad de programas de adquisiciones para I+D y la innovación, así como sobre el uso de premios y galardones.



Figura 4.3: Financiamiento gubernamental de I+D en el área de la OCDE, valores indexados para cifras clave normalizados por PIB, 2007 = 1.

Instrumentos de política que brindan apoyo financiero para la I+D y la innovación empresarial. Número de iniciativas políticas activas notificadas por países, 14 instrumentos principales.

Fuente: (EC-OECD, 2020), OECD STIP Compass (base de datos), <https://stip.oecd.org/stip/themes/TH31> (consultado en octubre de 2020).

StatLink 2 <https://doi.org/10.1787/888934223384>

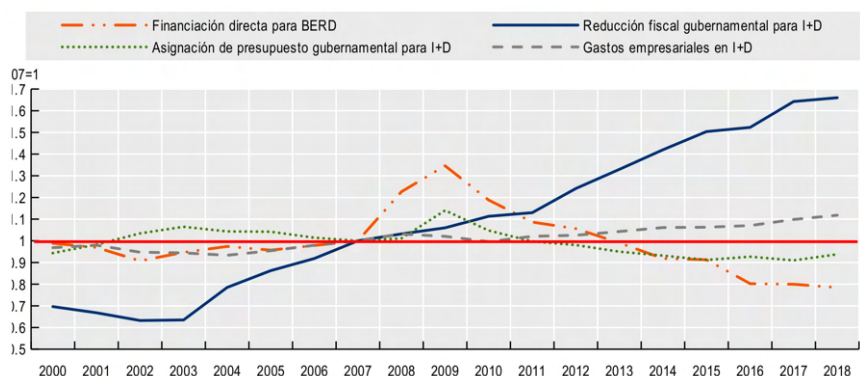


Figura 4.4: Cambio en la combinación de políticas de apoyo a la I+D, 2000-18.

Nota: Para obtener notas generales y específicas de cada país sobre las estimaciones de la desgravación fiscal del gobierno para gastos de I+D (GTARD), consulte <http://www.oecd.org/sti/rd-tax-stats-gtard-ts-notes.pdf>. Este gráfico muestra cifras para 37 países de la OCDE con la excepción de las cifras GTARD, que excluyen a Israel donde los datos relevantes no están disponibles. Las estimaciones de apoyo directo incluyen subvenciones gubernamentales para I+D y contratación pública de servicios de I+D, pero excluyen los préstamos y otros instrumentos financieros que se espera sean reembolsados en su totalidad.

Fuente: Base de datos de incentivos fiscales para I+D de la OCDE, <http://oe.cd/rdtx>, noviembre de 2020.

StatLink 2 <https://doi.org/10.1787/888934223403//>

Con la creciente proliferación y generosidad de los incentivos fiscales a la I+D en los países de la OCDE y las economías asociadas durante las últimas décadas

(Figura 4.4), la combinación de políticas de apoyo a la I+D medida (Recuadro 4.1) se ha desplazado hacia una mayor dependencia de los impuestos en comparación con los instrumentos de apoyo directo (Figura 4.5).

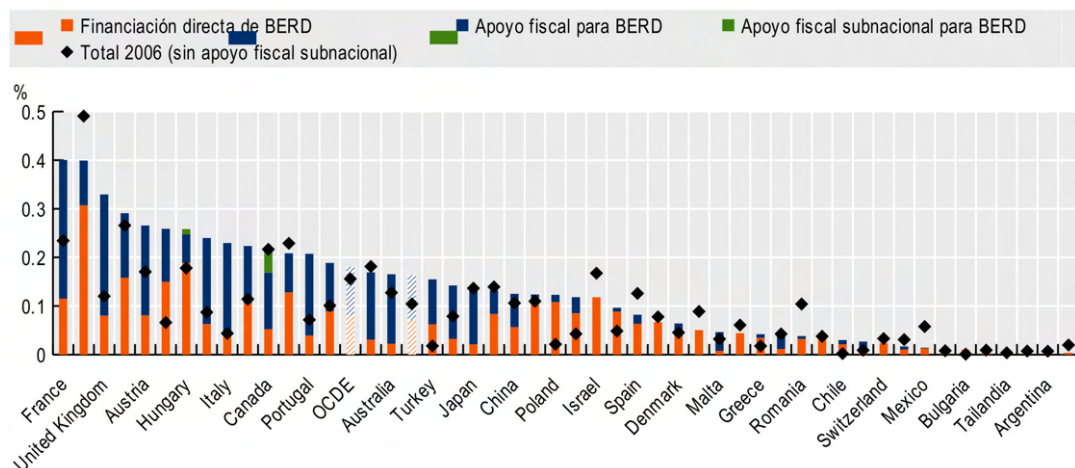


Figura 4.5: Financiamiento directo del gobierno y apoyo fiscal del gobierno para la I+D empresarial, 2018.

Como porcentaje del PIB.

Nota: Para obtener notas generales y específicas de cada país sobre las estimaciones de la desgravación fiscal del gobierno para gastos de I+D (GTARD), consulte <http://www.oecd.org/sti/rd-tax-stats-gtard-ts-notes.pdf>. Las estimaciones del financiamiento directo total de la OCDE para el gasto privado en I+D (BERD) cubren 37 países de la OCDE, mientras que las estimaciones del apoyo fiscal total a la I+D de la OCDE (a nivel del gobierno central) cubren 36 países de la OCDE, excluido Israel, donde las estimaciones de desgravaciones fiscales para I+D no están disponibles. Las cifras de apoyo directo se refieren únicamente a los gastos de I+D intramuros, excepto en Brasil. Las estimaciones de la financiación directa total de la OCDE (UE) del BERD cubren 37 países de la OCDE (27 UE), mientras que las estimaciones del apoyo fiscal total a la I+D de la OCDE (UE) (nivel del gobierno central) cubren 36 países de la OCDE (26), excluido Israel (Croacia), donde no se dispone de estimaciones de la desgravación fiscal en I+D. El BERD financiado por el gobierno de la UE en 2018 según estimaciones de la OCDE.

Fuente: Base de datos de incentivos fiscales para I+D de la OCDE, <http://oe.cd/rdtax>, diciembre de 2020.

StatLink 2 <https://doi.org/10.1787/888934223422>

Recuadro 4.1. Abordar las brechas de medición en el apoyo gubernamental a la innovación empresarial

A pesar de los esfuerzos sostenidos de la OCDE, la información estadística comparativa sobre el panorama del apoyo gubernamental a la innovación empresarial en todos los países es bastante incompleta. Las estadísticas agregadas disponibles sobre el apoyo a la I+D se centran en el apoyo directo a la I+D empresarial sin distinguir entre los diferentes tipos de apoyo, y solo recientemente han incorporado medidas de apoyo fiscal. En ese sentido, subestiman el papel que desempeñan los gobiernos en el apoyo a la I+D al brindar apoyo explícito o implícito a los intermediarios financieros o al comprometerse a comprar bienes o servicios que implícitamente requieren que las empresas inviertan en I+D. El Manual de Frascati 2015 (OECD, 2015) introdujo una taxonomía para rastrear diferentes formas de apoyo gubernamental para I+D separando las subvenciones de la contratación de servicios de I+D, señalando la importancia de capturar otros mecanismos de apoyo indirecto de una manera internacionalmente comparable. Actualmente se están preparando más orientaciones metodológicas sobre los medios para cuantificar las medidas gubernamentales de apoyo financiero, como los incentivos fiscales basados en los ingresos y los préstamos para innovación. Sobre la base de los esfuerzos anteriores de la OCDE para documentar la magnitud del apoyo a la innovación, que se interrumpieron por falta de colaboración e intercambio de pruebas (OECD, 1995; OECD, 2001), este nuevo trabajo tiene en cuenta:

- la necesidad de capturar el espectro completo de actividades de innovación, incluidas no solo las actividades de I+D, sino también las actividades de difusión, en línea con las propuestas del Manual de Oslo de 2018 (OCDE/Eurostat, 2018) para un enfoque más ambicioso y completo;
- la naturaleza comercialmente sensible y a menudo confidencial de las actividades comerciales respaldadas;
- la sensibilidad política de documentar el apoyo a la industria, especialmente a la luz de regulaciones internacionales tales como acuerdos comerciales internacionales o reglas de competencia sobre ayudas estatales;
- la dificultad inherente de identificar el alcance de la innovación del apoyo del gobierno, dada la superposición de la innovación

con otros objetivos estratégicos del gobierno, junto con la falta general de un requisito para utilizar la innovación como un descriptor o clasificador en los procesos administrativos dentro de muchas autoridades públicas;

- el desafío técnico de evaluar e interpretar los flujos financieros explícitos o implícitos entre el gobierno y las empresas, separando entre intercambios y transferencias (no todo apoyo a la innovación es necesariamente ayuda estatal), contabilizando activos y pasivos, etc.;
- la diversidad de organizaciones intermedias que canalizan fondos del gobierno hacia las empresas beneficiarias y sus agentes, que pueden no ser empresas en sí mismas;
- la falta de coordinación y normas comunes para la recopilación de datos administrativos sobre el apoyo a la innovación entre las agencias y dentro de ellas;
- la necesidad de conciliar las perspectivas de los patrocinadores y los beneficiarios al recopilar e interpretar los datos; y
- el interés del análisis de políticas en la interconexión de información sobre diferentes medidas de apoyo por destinatario y con características y resultados comerciales tales como empleos, inversión y productividad.

En los países de la OCDE, el apoyo fiscal representó alrededor del 56 % del apoyo total del gobierno a la I+D empresarial en 2018, en comparación con el 36 % en 2006 (Figura 4.5). El cambio en la combinación de políticas ha sido aún más pronunciado en la Unión Europea (UE27), con el apoyo fiscal duplicándose en diez años, del 26 % del apoyo total del gobierno en 2006 al 57 % en 2018. La evolución no ha sido uniforme en todos los países, ya que ha dependido de varios factores, incluida la forma en que los países se han visto a sí mismos en comparación con sus pares. Por ejemplo, Canadá decidió reequilibrar su cartera de apoyo federal poco después de que estas comparaciones internacionales estuvieron disponibles por primera vez y mostraron su alta dependencia del apoyo fiscal.

Dos factores notables han contribuido a este cambio. En primer lugar, las normas de competencia y comercio internacional que rigen las ayudas estatales han restringido el apoyo a empresas o industrias específicas, mientras que los incentivos fiscales genéricos tienen más probabilidades de pasar las pruebas

de ayuda estatal. El desarrollo progresivo de instituciones multilaterales para promover los flujos de comercio e inversión ha tenido un impacto significativo, dando forma a los marcos legales actuales para el apoyo gubernamental a la innovación (Recuadro 4.2). La paz y el crecimiento económico requerían eliminar las barreras al comercio y la competencia, pero también una inversión sostenida en nuevos conocimientos y sus aplicaciones. Se requerían compromisos. El consenso político se basó en la idea de eximir tanto el apoyo no dirigido como el apoyo a las actividades de innovación precompetitivas de la prohibición de los subsidios. Estas prohibiciones están diseñadas para promover la competencia y la apertura de mercados. Cuando un subsidio está ampliamente disponible dentro de una economía, es decir, no está restringido a una empresa o grupo de empresas dado, los acuerdos internacionales tienden a suponer que no existen distorsiones no intencionales en la asignación de recursos. Por lo tanto, las subvenciones no específicas (o selectivas o discrecionales) se consideran con mayor indulgencia, pero aún se aplican restricciones cuantitativas sobre hasta dónde pueden llegar los gobiernos intermedios para apoyar las actividades de innovación a medida que la actividad de innovación se acerca al mercado.

En segundo lugar, dentro de la mayoría de los países miembros de la OCDE, los defensores del apoyo fiscal no específico a la I+D han argumentado con éxito que las empresas y no los gobiernos están en la mejor posición para decidir en qué proyectos invertir, reduciendo así el tamaño de las burocracias a cargo de identificar qué proyectos empresariales presentan mayor potencial y necesidad de apoyo. Estas actitudes de *laissez-faire* han moderado las creencias en la capacidad de los gobiernos para seleccionar los mejores proyectos, considerando que el sector empresarial es más apto para evaluar mercados y tecnologías, predecir la demanda y elegir qué proyectos y empresas son dignos de inversión. Las presiones presupuestarias también han llevado a mecanismos de financiación más ligeros que parecen requerir menos gastos administrativos.

Por lo tanto, la política industrial se orientó progresivamente más “horizontalmente”, centrándose en condiciones marco favorables a las empresas y apoyo público genérico a la innovación, sin abandonar por completo la dimensión sectorial (Hutschenreiter, Weber and Rammer, 2019). Estos cambios han dado lugar a una reorganización general de las carteras de apoyo a la innovación, lo que reduce el uso de los poderes discrecionales de los gobiernos para seleccionar las empresas y los proyectos que recibirán apoyo.

Recuadro 4.2. Normas internacionales que configuran el apoyo gubernamental a la investigación e innovación empresarial

En las economías globalizadas de hoy, las autoridades de competencia y comercio nacionales y supranacionales desempeñan un papel clave en el establecimiento y el cumplimiento de reglas que garantizan la igualdad de condiciones entre empresas, industrias y países. Las normas de la Organización Mundial del Comercio (OMC) sobre subvenciones han permitido tradicionalmente el apoyo público a los costos privados de I+D. En los primeros años del Acuerdo sobre Subvenciones y Medidas Compensatorias firmado en 1995, se suponía que las subvenciones a la I+D no distorsionaban el comercio y, por lo tanto, se clasificaban en la categoría de “luz verde” o “no recurribles” (Maskus, 2015). Como esta categoría expiró en 2000, las subvenciones para I+D pasaron a ser recurribles, ya sea mediante la solución de diferencias (que han sido raras y se han centrado en el apoyo a la industria aeronáutica) o mediante derechos compensatorios unilaterales, siempre que se demuestre que las subvenciones cumplían criterios específicos y tenían efectos perjudiciales en otro miembro de la OMC. El sistema parece haber alentado con éxito a los gobiernos a cambiar su apoyo público hacia instrumentos no específicos. Esto significa que el apoyo no se limita a una empresa individual o grupo de empresas, y los montos de apoyo proporcionados están regulados por criterios objetivos para los cuales la elegibilidad es automática.

Las normas sobre ayudas estatales de la Unión Europea son otro ejemplo de ello. Estas normas consideran que las ayudas estatales para I+D e innovación pueden ser compatibles con el mercado interior cuando se puede esperar que alivien una deficiencia del mercado o faciliten el desarrollo de determinadas actividades económicas, y cuando la distorsión resultante de la competencia y el comercio no sea contraria al interés común. El uso del criterio de selectividad en este marco es similar a la noción de especificidad de la OMC. Un esquema se considera selectivo si las autoridades que lo administran gozan de cierto grado de poder discrecional. Al afectar al equilibrio entre determinadas empresas y sus competidores, la selectividad diferencia las ayudas estatales de las llamadas medidas generales que no necesitan ser notificadas. Incluso entre las medidas consideradas ayudas estatales, como suele ser el caso de los incentivos fiscales a la I+D, es más probable que se cumpla el requisito de proporcionalidad para la aprobación si la ayuda se concede sobre la base de criterios transparentes, objetivos y no discriminatorios (European Commission, 2014).

La licitación restringida por parte de las autoridades públicas también puede considerarse una forma implícita de apoyo empresarial específico, incluso si no representa una ayuda estatal. El Acuerdo revisado de la OMC sobre Contratación Pública de 2012 (del que China, por ejemplo, aún no es signatario) tiene como objetivo abrir los contratos gubernamentales a la competencia internacional, pero se permiten varias exenciones (WTO, n.d.a). Los signatarios individuales también indican límites al ámbito de aplicación del acuerdo, por ejemplo, con respecto a las cuotas de “reserva” para las pequeñas y medianas empresas (PYME) en Canadá y Estados Unidos. La mayoría de los países también excluyen la prestación de servicios de I+D del alcance del acuerdo.

Otras tendencias recientes que influyen en los sistemas actuales de apoyo a la innovación

En las últimas décadas, la globalización de la actividad económica, manifestada como bienes, servicios, capital, personas, tecnología y conocimiento se han vuelto más fáciles de transferir a través de las fronteras nacionales, han llevado a una marcada fragmentación de la actividad económica, con bienes y servicios producidos y fuertemente negociados en redes de producción internacionales conocidas como cadenas globales de valor (CGV). El apoyo a la innovación pasó a diseñarse teniendo en cuenta dónde los países deseaban verse posicionados en las complejas redes de producción e innovación globales resultantes (OECD, 2017). Dentro de esta configuración altamente interconectada, la actividad de innovación empresarial respaldada por los gobiernos puede tener implicaciones significativas no solo dentro de los propios países, sino también a nivel mundial. Hasta cierto punto, el surgimiento de China y otras economías asiáticas que configuran el sistema de CGV actual es una consecuencia de decisiones del pasado sobre el apoyo público. En China, el apoyo público (por ejemplo, el programa Torch) fue fundamental para el establecimiento de grupos de innovación y el posterior desarrollo de empresas de capital de riesgo (VC) que ahora están invirtiendo internacionalmente. El *plan Made in China 2025*, lanzado en 2015, se convirtió en el modelo del país para respaldar su búsqueda de autonomía tecnológica al tiempo que garantiza el acceso a los mercados internacionales en áreas prioritarias. Desde entonces, dichas consideraciones estratégicas se han convertido en una característica cada vez más habitual del debate de políticas incluso antes del inicio de la crisis del COVID-19. Como se discutió más adelante en la sección prospectiva de este capítulo, la desconfianza tecnológica y las tensiones comerciales podrían convertirse en un pilar de las relaciones

económicas futuras, impulsadas e influyendo en las decisiones sobre el apoyo público a la innovación.

Las empresas que traspasan los límites del conocimiento para crear soluciones viables están destinadas en última instancia a operar a nivel mundial para cosechar los beneficios de sus innovaciones, a menos que vendan sus derechos a terceros. Esto convierte a las empresas multinacionales (EMN) en actores clave en la globalización de la innovación y representan la mayor parte del desempeño en I+D en los países miembros de la OCDE. En Suecia, por ejemplo, solo el 10 % de la I+D la realizan empresas sin presencia en otros países; el resto se reparte más o menos equitativamente entre las filiales suecas de empresas de propiedad extranjera y las empresas suecas de propiedad mayoritaria con filiales en el extranjero (Swedish Agency for Growth Policy Analysis, 2019).

Por tanto, las empresas multinacionales son importantes receptores directos de apoyo gubernamental. Pueden considerar los incentivos nacionales como uno de varios criterios para ubicar (y retener) actividades innovadoras en un territorio en particular. Los sistemas de apoyo a la innovación pueden diseñarse para favorecer a las empresas independientes, en particular a las PYME y las empresas emergentes, que se enfrentan a mayores obstáculos. Si bien se promueve la entrada de nuevas empresas la concentración de I+D, y de los activos de I+D parece haber aumentado recientemente. En los Estados Unidos, las empresas con más de 1,000 empleados han pasado de representar el 76 % de todo el desempeño en I+D empresarial en 2008 al 82 % en 2017.

Las presentaciones de grandes corporaciones de I+D incluyen como gastos de I+D la mayoría de los costos de I+D adquiridos como parte de adquisiciones de empresas de I+D típicamente más pequeñas. Por lo tanto, las autoridades responsables de las actividades de control de fusiones prestan cada vez más atención a sus efectos en la innovación general, ya que los titulares basados en plataformas pueden usar sus recursos de información para identificar y adquirir rivales potenciales al principio de su ciclo de vida antes de que se conviertan en una amenaza competitiva.

Dado que las empresas multinacionales operan en las jurisdicciones nacionales, tienen una flexibilidad considerable para estructurar sus obligaciones fiscales en los territorios, trasladar la propiedad intelectual y las ganancias asociadas. Esto acentúa las presiones sobre los gobiernos para ofrecer, dentro de las normas vigentes, incentivos para que las empresas ubiquen sus actividades innovadoras y bases impositivas en el territorio nacional. La erosión de la base nacional y la transferencia de beneficios (BEPS) derivada de la explotación de las brechas y desajustes entre los sistemas tributarios de diferentes países afecta a todos los países. BEPS requiere una coordinación internacional adicional para prevenir, entre otras cosas, prácticas nocivas como incentivar la reasignación empresarial

de propiedad intelectual a jurisdicciones más convenientes sin requisitos de actividad sustantivos.

Mejorar la combinación de políticas para apoyar la innovación empresarial

Entender cómo funcionan los instrumentos de apoyo

La proliferación de incentivos fiscales a la I+D plantea importantes cuestiones de política sobre la eficacia de las diferentes herramientas de política para estimular la I+D, la heterogeneidad de los efectos entre diferentes tipos de empresas y la interacción de diferentes políticas. Sin embargo, el conocimiento de “lo que funciona” en el apoyo público está algo limitado por la falta de datos críticos, el desafío de identificar contrafactuales válidos, la multiplicidad de objetivos políticos y la compleja cadena de políticas y factores contextuales que determinan la eficacia general de las políticas de apoyo en entornos específicos. El proyecto microBeRD de la OCDE investiga la estructura, distribución y concentración de la I+D empresarial y la financiación de la I+D, modelando la incidencia y el impacto del apoyo público a la I+D empresarial teniendo en cuenta muchos de esos factores (Recuadro 4.3).

La OCDE recomienda que los gobiernos diseñen cuidadosamente su apoyo a la innovación empresarial para considerar la heterogeneidad de los posibles beneficiarios (OECD, 2016). Esto incluye examinar la posición de las empresas “independientes” sin oportunidades de planificación fiscal transfronteriza, así como de las empresas jóvenes e innovadoras sin la capacidad de generación de beneficios para beneficiarse de bonificaciones o créditos cuando los instrumentos son concesiones fiscales.

Recuadro 4.3. Hallazgos del proyecto microBeRD de la OCDE sobre el impacto de los incentivos fiscales a la I+D

El proyecto microBeRD de la OCDE investiga si los incentivos fiscales para I+D y la financiación directa son eficaces para estimular la inversión adicional en I+D (“adicionalidad de insumos de I+D”) por parte de las empresas utilizando un método novedoso distribuido internacionalmente de análisis de impacto basado en microdatos. Su estrategia analítica combina los beneficios de los estudios realizados a nivel macro (por ejemplo, sobre la generalización) y el nivel micro (por ejemplo, sobre la capacidad de explorar efectos heterogéneos entre empresas). Los resultados de 20 países de la OCDE muestran que los efectos de tales medidas varían según los

diferentes tipos de empresas y gastos de I+D, lo que arroja luz sobre los mecanismos que impulsan estos efectos (OECD, 2020). Los hallazgos de política clave del proyecto microBeRD incluyen lo siguiente:

- Tanto los incentivos fiscales para la I+D como la financiación directa tienen éxito en incentivar la inversión en I+D por parte de las empresas. Una unidad monetaria (euro) de cualquiera de los dos se traduce en alrededor de 1.4 unidades de I+D empresarial.
- Los incentivos fiscales a la I+D ayudan a incrementar la actividad de I+D, principalmente mediante cambios en el personal de I+D y otros insumos. No parecen afectar los costos laborales unitarios de I+D, lo que sugiere que los efectos de los incentivos fiscales no se absorben en salarios más altos.
- Los incentivos fiscales a la I+D fomentan la I+D empresarial adicional, tanto porque los agentes de I+D existentes aumentan su gasto en I+D (margen intensivo) como porque otras empresas comienzan a realizar I+D (margen extensivo).
- La adicionalidad de los insumos de los incentivos fiscales a la I+D es mayor para las empresas que realizan menos I+D. Dado que las empresas más pequeñas tienden a realizar menos I+D que las empresas más grandes, las pymes muestran una adicionalidad de insumos mayor.
- El efecto de los incentivos fiscales a la I+D sobre el desarrollo experimental es aproximadamente el doble del efecto sobre la investigación básica y aplicada, mientras que el efecto de la financiación directa sobre el desarrollo experimental es la mitad del efecto combinado sobre la investigación básica y aplicada. Los incentivos fiscales y la financiación directa, por tanto, se complementan.
- El análisis a nivel de empresa dentro de los países participantes de microBeRD destaca una variación sustancial en la adicionalidad de los insumos de I+D de los incentivos fiscales para I+D y la financiación directa entre países. Esto subraya la necesidad de un análisis más profundo del vínculo entre la adopción de políticas de innovación empresarial, el diseño de políticas y la actividad y los resultados de innovación, incluidos los insumos y productos de I+D.

- Los cambios en los incentivos fiscales para I+D dirigidos a empresas más pequeñas o que implican topes o umbrales tienden a tener efectos más fuertes en la inversión empresarial en I+D, ya que los pequeños ejecutantes en I+D parecen más receptivos que las empresas más grandes a la disponibilidad de subsidios fiscales para I+D.

Fuente: OCDE (2020) “¿Cuán efectivos son los incentivos fiscales a la I+D? Nueva evidencia del proyecto microBeRD de la OCDE”, Nota de política de CTI, OCDE, París, <http://www.oecd.org/sti/microberd-rd-tax-incentives-policy-note.pdf>.

Dejando de lado las diferencias en el diseño y la implementación que pueden difuminar la línea divisoria entre el apoyo fiscal y las subvenciones, parece haber un amplio consenso en que los incentivos fiscales son más adecuados, en principio, para fomentar las actividades de I+D destinadas a desarrollar aplicaciones con potencial para llevarse mercado dentro de un plazo razonable. Por el contrario, las subvenciones directas son más adecuadas para respaldar la investigación de alto riesgo a más largo plazo, así como para enfocarse en áreas específicas que generan bienes públicos (por ejemplo, salud y defensa) o tienen un potencial particularmente alto de efectos secundarios (Figura 4.6). La combinación óptima de apoyo directo e indirecto dependerá tanto de las circunstancias específicas como de las preferencias políticas.

Se ha defendido que el patrocinio público de la innovación debe centrarse principalmente en la investigación de organizaciones con fines públicos, como universidades e institutos de investigación, y que el apoyo residual para la innovación empresarial se asigne a través de incentivos no discrecionales. Arora, Belenzon, Pataconi y Suh (2020), que muestran una división cada vez mayor del trabajo de innovación mediante la cual las instituciones científicas de propósito público se centran cada vez más en la investigación y las empresas en el desarrollo de productos y procesos, sostienen que las universidades producen conocimiento que rara vez se encuentra en un forma que pueda ser fácilmente digerida y convertida en nuevos bienes y servicios mediante la aportación de las oficinas de transferencia de tecnología. En su opinión, el proceso de especialización de la investigación podría “haber frenado [...] la transformación de ese conocimiento en productos y procesos novedosos”. Los autores opinan que un retorno generalizado a la participación empresarial activa en la investigación (tanto básica como aplicada) no es particularmente probable, excepto en situaciones en las que las empresas, “debido a complementos como equipos especializados o datos patentados, tienen fuertes incentivos para invertir, especialmente si pueden apropiarse lo suficiente de los beneficios restringiendo los efectos de contagio a los rivales”. El apoyo

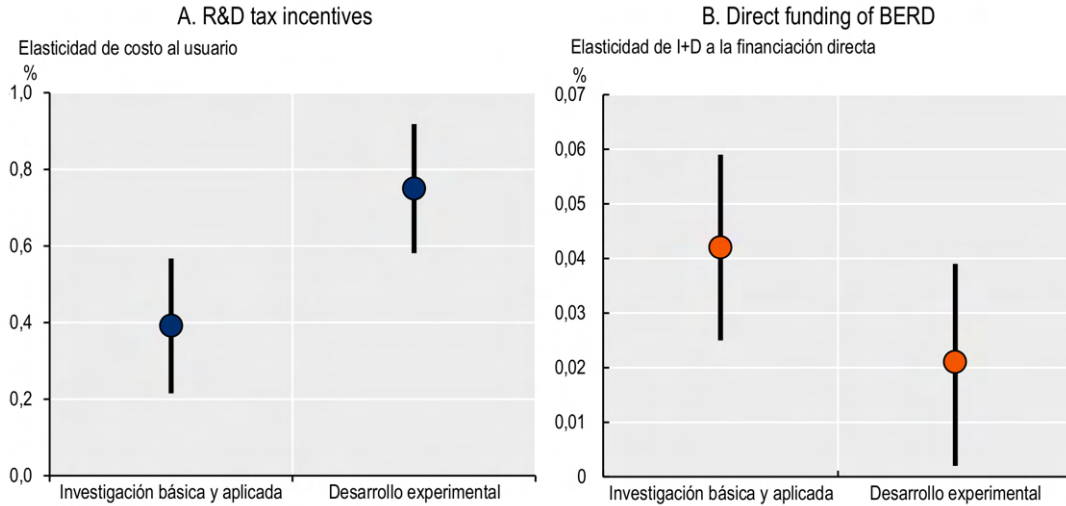


Figura 4.6: Capacidad de respuesta de las decisiones empresariales de I+D por tipo de instrumento de política.

Elasticidad de la I+D al costo de usuario de I+D y directa.

Nota: Esta figura muestra el cambio porcentual en I+D en respuesta a una reducción de un porcentaje en el costo de usuario de I+D a través de incentivos fiscales de I+D (elasticidad de costo de usuario) y un aumento de un porcentaje en la financiación directa (elasticidad a la financiación directa), respectivamente. Las líneas verticales marcan el intervalo de confianza del 90 %, que cubre la elasticidad “verdadera” con una probabilidad del 90 %.

Fuente: (OECD, 2020) “Los efectos de los incentivos fiscales a la I+D y su papel en la combinación de políticas de innovación: Hallazgos del proyecto microBeRD de la OCDE, 2016-19”, <https://doi.org/10.1787/65234003-en>.

StatLink 2 <https://doi.org/10.1787/888934223441>

gubernamental dirigido solo puede superar parcialmente el vaciamiento de la investigación orientada a aplicaciones. Por lo tanto, los responsables políticos han tenido que reconsiderar cómo abordar esta brecha, considerando formas directas e indirectas de apoyo que combinen las infraestructuras de investigación y tecnología con las necesidades comerciales a mediano y largo plazo, y ayudando a las empresas a impulsar sus capacidades científicas para participar en tales asociaciones.

En este contexto, varios países han experimentado con la adaptación a su contexto local de programas que se percibe que han vinculado con éxito la oferta y la demanda de conocimiento en diferentes países. Los ejemplos incluyen un interés político generalizado en apoyar la prueba de concepto y la comercialización de tecnologías con aplicaciones del sector público a través de adaptaciones nacionales del programa Small Business Innovation Research (SBIR) en los Estados Unidos. Howell (2017) argumenta que los premios SBIR deben su impacto (particularmente en términos de atraer fondos de capital riesgo privados adicionales)

a la facilitación de la creación de prototipos de tecnología y la demostración de una tecnología que sirve al gobierno federal de los EE. UU. y la necesidad potencialmente más amplia. El camino desde la adquisición precomercial de I+D hasta la adquisición real de soluciones efectivas es bastante diferente entre países para las empresas que reciben subvenciones equivalentes a SBIR, dependiendo de la posibilidad de que los gobiernos favorezcan a las pymes adjudicatarias durante esta transición a la fase comercial. Corea ha aplicado una reserva recomendada para la contratación con PYMEs con fines de desarrollo tecnológico, en combinación con una cuota obligatoria de compra de “nuevos productos excelentes”. A pesar de su enorme potencial, la implementación de políticas de apoyo a la innovación del lado de la demanda todavía se ve obstaculizada por la falta de claridad de las políticas, coordinación de instrumentos y evidencia para respaldar el uso generalizado de objetivos (Appelt and Galindo-Rueda, 2016).

La intervención gubernamental destinada a abordar las fallas en el mercado de la financiación de la innovación empresarial también ha sido objeto de una atención cada vez mayor. Los innovadores suelen considerar los intangibles como su principal activo. Estos son difíciles de implementar independientemente de sus propias empresas y compromiso personal, lo que resulta en una falta de garantía para la inversión y el crecimiento empresarial en áreas donde los mercados no perciben una alta probabilidad de éxito. Por ejemplo, los préstamos gubernamentales reembolsables han desempeñado un papel clave en la configuración del desarrollo de la tecnología en el sector aeroespacial civil en las últimas décadas, y las intervenciones de capital riesgo como las implementadas en Israel han atraído un interés considerable en todo el mundo. Los bancos de desarrollo de propiedad estatal o garantizados desempeñan un papel importante a la hora de facilitar el flujo de financiación a empresas innovadoras en muchos países, incluidos aquellos en los que las estadísticas disponibles indican que brindan un apoyo limitado. Sin embargo, exponen a los gobiernos a responsabilidades considerables, ya que los préstamos pueden no ser reembolsados, las inversiones pueden fracasar o los prestamistas privados pueden solicitar garantías. (Lach, Neeman and Schankerman, forthcoming) describen cómo el diseño de préstamos para innovación debe corresponder a las características del proyecto y los objetivos de política, evitando tanto proyectos con alta probabilidad de éxito que serán financiados por el mercado privado independientemente como aquellos que lo hagan. no justifican el financiamiento público porque sus impactos netos esperados son negativos. Los autores también llaman la atención sobre la evidencia de que el papel de las firmas de capital riesgo es proporcionar no solo financiamiento, sino también “asesoramiento” y una red de conexiones que mejoran la probabilidad de éxito de los proyectos de puesta en marcha respaldados.

La implementación importa

El diseño de los instrumentos de política también debe estar al día con las consideraciones prácticas con respecto a su implementación. Por ejemplo, el diseño de políticas debería simplificar el panorama de apoyo empresarial y reducir la incertidumbre, de modo que las solicitudes de apoyo y los procedimientos de reclamación brinden seguridad jurídica a los beneficiarios potenciales cuando se embarcan en actividades patrocinadas, al tiempo que se protege el interés público. Esto también implica poner en funcionamiento definiciones de I+D+i con respecto al desarrollo de software y otras actividades basadas en servicios de creciente importancia para la innovación. Por ejemplo, la autoridad fiscal del Reino Unido publicó directrices específicas sobre la elegibilidad del software para la desgravación fiscal de I+D (HMRC, 2018). Las nuevas directrices reconocen la evolución continua de las tecnologías de la información (por ejemplo, inteligencia artificial, computación en la nube y móvil), así como el desarrollo continuo de nuevas aplicaciones (por ejemplo, robots de software, realidad aumentada e Internet de las cosas). La colaboración interinstitucional es esencial para evitar una doble o incluso una triple inmersión en los recursos públicos, pero especialmente para garantizar la mayor coherencia posible en la ejecución de políticas y aprovechar plenamente las sinergias en términos de experiencia. Los sistemas de información de apoyo público no siempre son adecuados para su propósito y no son particularmente adecuados para realizar evaluaciones confiables de los impactos potenciales de las reformas internas, como es común en otras áreas de políticas.

Independientemente del tipo de instrumento considerado, implementar el apoyo empresarial es una tarea compleja, que requiere desarrollar capacidades internas dentro de las agencias públicas y mejorar la planificación de la innovación entre los beneficiarios. Esto puede estar respaldado por una red profesional de intermediarios especializados que actúen en el mejor interés de las empresas, cumpliendo al mismo tiempo la letra y el espíritu de las normas sobre apoyo público a la innovación. Esto es particularmente importante para los esquemas no discrecionales a fin de evitar un número incontrolable de reclamos potencialmente falsos que, en última instancia, pueden socavar la confianza en el sistema.

En general, los gobiernos que desean introducir nuevas medidas en apoyo de la innovación han tenido que lidiar con múltiples restricciones regulatorias y presupuestarias que limitan su margen de operación. Esto se evidencia en las medidas de apoyo a la innovación en las que el gobierno actúa como un inversor financiero con la intención de aprovechar recursos financieros adicionales en inversiones a largo plazo. El cumplimiento de las normas internacionales de control de los subsidios y las presiones para garantizar que los activos y pasivos financieros (incluidos los de naturaleza contingente) estén ausentes del gobierno o

del balance general del sector público (por ejemplo, para evitar exceder los límites de la deuda pública) dan forma al espacio para maniobrar. En el Reino Unido, la Respuesta del Panel de la Industria a la revisión del capital paciente del Tesoro del Reino Unido recomendó que el gobierno del Reino Unido no tenga control sobre la junta del nuevo vehículo de inversión propuesto, o cualquier influencia directa o indirecta en las decisiones relacionadas con sus inversiones individuales, indicando las razones de cumplimiento en lugar de otros argumentos (HM Treasury, 2017). La posible desventaja de renunciar al control y la influencia se deriva de las dificultades para garantizar la rentabilidad y mantener la direccionalidad.

Un cambio hacia una mayor direccionalidad del apoyo empresarial a la innovación

En contraste con la tendencia hacia la reducción de la direccionalidad en el apoyo a la innovación, algunos argumentan que los gobiernos se han equivocado demasiado al renunciar a algunos de sus poderes discrecionales, sin reconocer las implicaciones de sus elecciones en términos de guiar los mercados. Estos puntos de vista se han vuelto más prominentes en los últimos años. Esto es evidente en el Informe del Grupo Aho (Aho *et al.*, 2006), que pide a los gobiernos de la UE que adopten una perspectiva de usuario líder en innovación, y en la creciente popularidad del concepto de especialización inteligente (OECD, 2013). Esta tendencia se vio alimentada aún más por la crisis financiera mundial (CFM) y sus secuelas. La CFM expuso una serie de formas en que los mercados incentivan la innovación hacia resultados que no necesariamente coinciden con los intereses públicos, por ejemplo, mediante innovaciones financieras que socialicen los riesgos y privaticen las ganancias, o mediante métodos sospechosos para superar los controles regulatorios sobre las emisiones de los vehículos. Una mayor conciencia de las estrategias de impuestos corporativos y las preocupaciones sobre la creciente concentración han contribuido a generar dudas sobre las políticas que ofrecen un apoyo incondicional a la innovación empresarial. Además, varios estudios que apuntan a ejemplos concretos en los que las intervenciones gubernamentales han desempeñado un papel importante en el apoyo al crecimiento de nuevas empresas y la aparición de nuevas industrias también han desafiado las narrativas sobre políticas industriales que necesariamente han resultado en fracasos (Mazzucato, 2013). En el discurso público, la atribución del mérito que sustenta la innovación se ha convertido en un tema muy controvertido, que destaca la complejidad de la empresa de innovación y cómo se captura el valor desde la generación de ideas hasta su comercialización.

La creciente conciencia y el sentido de urgencia en torno a los desafíos sociales clave ha dado lugar a pedidos de enfoques orientados a resultados o

misiones, lo que plantea interrogantes sobre la idoneidad de los instrumentos y carteras de apoyo actuales (Mazzucato, 2018). Entre las tendencias crecientes en el período previo a la actual crisis de COVID-19, los países miembros de la OCDE han seguido presenciando una rehabilitación progresiva de la política industrial desde la perspectiva de la innovación, con argumentos de que los gobiernos deben participar activamente en la toma de decisiones explícitas de política de innovación en dónde concentrar sus recursos limitados (por ejemplo, (HM Government, 2009; HM Government, 2017), para el Reino Unido; (Ministry of Economic Affairs, 2011), para los Países Bajos).

4.3 APOYO A LA INNOVACIÓN EMPRESARIAL EN TIEMPOS DE CRISIS: EL IMPACTO DEL COVID-19

La interrupción de las condiciones normales de financiación y la actividad económica es un gran desafío existencial para las empresas, para las cuales la preservación de las capacidades de innovación puede pasar de representar un lujo inasequible a un imperativo para la supervivencia. La crisis del COVID-19 no solo es una amenaza clave para la capacidad de los sistemas de innovación para cumplir con sus funciones normales, sino también un llamado a movilizar estos sistemas para brindar nuevas soluciones a los desafíos sanitarios, sociales y económicos inmediatos que plantea la pandemia. En este contexto, las inversiones en I+D y una innovación más amplia son esenciales. La emergencia del COVID-19, y las medidas adoptadas en todo el mundo para superar sus perniciosos impactos en la salud, plantean grandes desafíos para los sistemas de innovación, cuestionando los principales supuestos (sobre la definición de prioridades colectivas; la carga de riesgos y recompensas; y el papel del mercado, la sociedad civil y los gobiernos) al tiempo que pone en peligro irreversible la supervivencia de las capacidades productivas y de innovación clave, especialmente dentro de los sectores más afectados. Se ha recurrido al potencial innovador de las empresas y del sector privado en general para ofrecer una amplia gama de soluciones que ayuden a hacer frente a la emergencia sanitaria y salir de ella con la mayor solidez posible. En este contexto, las políticas de apoyo a la innovación pueden marcar una gran diferencia.

Lecciones de crisis anteriores

El COVID-19, al igual que la CFM de 2008 y las crisis económicas anteriores, está teniendo importantes repercusiones negativas en la I+D+ i empresarial a través de múltiples canales interconectados. La evidencia muestra que la incertidumbre es uno de los principales impulsores de las decisiones empresariales durante

las crisis (OECD, 2009). Históricamente, el gasto empresarial en I+D y las solicitudes de patentes se han movido en paralelo con medidas de actividad económica como el PIB, desacelerándose marcadamente durante las recesiones económicas de principios de la década de 1990 y principios de la de 2000. En términos agregados, las inversiones en I+D+i son procíclicas y, por lo tanto, propensas a contraerse en tiempos de crisis (OECD, 2009). Si bien los proyectos de I+D que ya están en marcha son costosos de interrumpir, la experiencia de la CFM indica que el sector empresarial fue el primero en recortar sus inversiones en I+D cuando las condiciones se deterioraron (Figura 4.7).

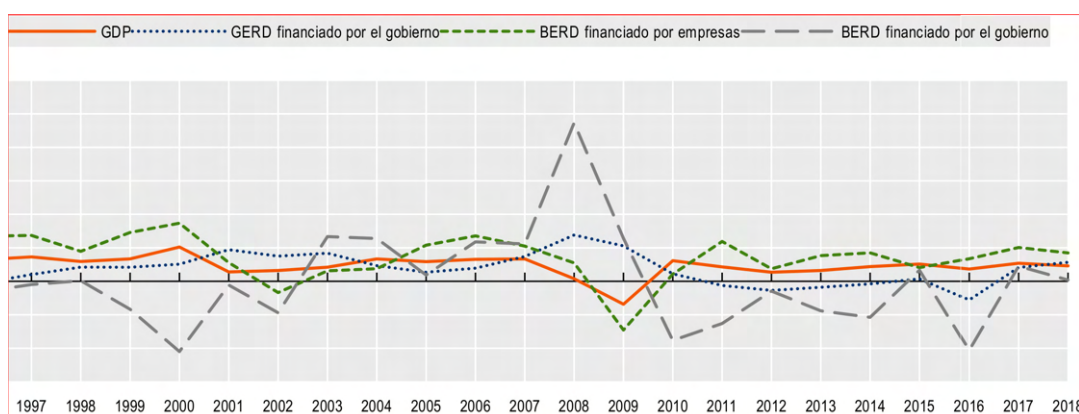


Figura 4.7: El impacto del ciclo económico en la I+D empresarial y el apoyo gubernamental. Área de la OCDE, tasa de crecimiento anual.

Nota: La estimación del gasto de la iniciativa empresarial financiada por el gobierno en I+D (Gasto privado en I+D) para 2008 refleja en cierta medida una ruptura en la serie de apoyo financiado por el gobierno federal a las empresas en los Estados Unidos. Esto también se aplica en una medida menos visible a la estimación del gasto interno bruto financiado por el gobierno en I+D (GBID).

Fuente: Indicadores principales de ciencia y tecnología de la OCDE (base de datos), <http://oe.cd/msti> (consultado en octubre de 2020).

StatLink 2 <https://doi.org/10.1787/888934223460>

Los recortes a los planes para subcontratar I+D y otros servicios de conocimiento tienden a ser más rápidos de implementar que los ajustes en la fuerza laboral de I+D, que tienden a evitarse durante el mayor tiempo posible. Las empresas son conscientes de que los formuladores de políticas son muy sensibles a las decisiones de ajuste de la fuerza laboral de I+D y solicitan apoyo para proyectos que les permitan retener una fuerza laboral tan difícil de reemplazar. Durante las crisis, a medida que se revisan las carteras de riesgo, algunas operaciones de I+D y basadas en tecnología a veces pueden venderse a colaboradores en la cadena de suministro, lo que genera preocupación por posibles pérdidas de capacidades estratégicas, o se puede dejar para escisión. En crisis pasadas, las funciones de

ventas tendían a privilegiar las actividades de creación de conocimiento, para impulsar la liquidez y la solvencia a corto plazo. Al deprimir la demanda, las crisis financieras parecen estar asociadas con disminuciones generales en las tasas de innovación de productos, ya que los lanzamientos de nuevos productos tienen menos probabilidades de tener éxito y la innovación de productos puede estar más orientada hacia comportamientos frugales del consumidor. Estas crisis pueden fomentar innovaciones en los procesos de ahorro de recursos, pero solo en la medida en que las empresas aprecien un rendimiento tangible a corto plazo de la inversión y estén en condiciones de obtener la financiación necesaria.

La respuesta política durante la CFM reconoció la necesidad de mitigar el impacto de la crisis en las capacidades productivas e innovadoras, ya que muchos países introdujeron paquetes de estímulo y recuperación con medidas sustanciales para apoyar la innovación (OECD, 2009; OECD, 2012; Izsak *et al.*, 2013). La mayoría de los países no alteraron sustancialmente la estructura de sus políticas de innovación como respuesta inmediata a la CFM (Pellens *et al.*, 2018). En su lugar, optaron por mejorar las medidas de apoyo existentes e introducir medidas adicionales a corto plazo para abordar las limitaciones de liquidez (por ejemplo, préstamos, garantías de préstamos) y mantener la actividad de innovación empresarial (por ejemplo, bonos de innovación, fondos estructurales). El apoyo financiero adicional para las empresas, es decir, un fuerte aumento temporal de la financiación directa (por ejemplo, subvenciones para I+D), junto con un mayor uso de incentivos fiscales para I+D, ayudó a atenuar la disminución de la inversión empresarial en I + D durante la CFM.

Aunque los países difirieron mucho en su reacción a la CFM y sus secuelas, la crisis acentuó las debilidades preexistentes de los sistemas nacionales de innovación. No todas las economías fueron igualmente capaces de apoyar la innovación empresarial. En la Unión Europea, por ejemplo, las reglas especiales permitieron a los países utilizar el Marco Temporal para las ayudas estatales. A medida que las inversiones en I+D e innovación empresarial se recuperaron y reanudaron el crecimiento (Figura 4.7), los presupuestos gubernamentales de I+D, que habían demostrado ser resistentes hasta 2010, se vieron sometidos a una mayor presión presupuestaria debido a la eliminación gradual de las medidas de emergencia y los requisitos políticos para la consolidación fiscal. Si bien este cambio restringió en gran medida el alcance de la direccionalidad de la política de innovación, abundantes ejemplos apuntan a que la crisis está impulsando un renovado interés en herramientas que permitan una mayor focalización y priorización de la innovación. Por ejemplo, la CFM impulsó un nuevo examen de las actitudes políticas hacia las instituciones de financiación de la innovación como los bancos nacionales de desarrollo, por ejemplo, el grupo bancario KfW en Alemania, con capacidad para dirigir recursos a empresas con necesidades de

financiación de la innovación. KfW es uno de los miembros del D20 Long-Term Investors Club, que se creó en 2009 y desde entonces se ha expandido para incluir, entre otros, el Banco de Desarrollo de China, la corporación estatal rusa de desarrollo VEB.RF y el Banco de Desarrollo de Brasil.² Sobre la base de las experiencias recopiladas a través de estudios de la OCDE (OECD, 2012), el recuadro 4.4 describe una serie de lecciones aprendidas de crisis económicas anteriores como base para una mayor reflexión.

Recuadro 4.4. Lecciones de crisis del pasado para el apoyo a la innovación empresarial

- utilizar el apoyo público como herramienta para gestionar y combatir la incertidumbre como una prioridad.
- adoptar medidas que ayuden a estabilizar la economía e iniciar la recuperación, asegurando que sea duradera y orientada hacia un crecimiento sostenible, ya que las crisis exponen debilidades estructurales.
- identificar la I+D clave y las capacidades de innovación más amplias más expuestas al impacto de la crisis y con el mayor potencial a largo plazo.
- mejorar y aprovechar la evidencia disponible para defender la innovación en los ministerios de economía y finanzas.
- comprender el alcance de los programas temporales de compra de activos llevados a cabo por las autoridades monetarias y considerar en qué condiciones los activos del sector no financiero podrían ser elegibles
- explorar mecanismos para facilitar el uso de activos basados en el conocimiento como garantía para obtener financiamiento privado y asegurar el apoyo público.
- priorizar el abordaje de rigideces y cuellos de botella en la implementación del apoyo.
- evaluar los méritos relativos de los diferentes instrumentos con respecto a los objetivos y las compensaciones; considerar las implicaciones para la combinación y el equilibrio del apoyo a las políticas.

- contar con sistemas de evaluación eficientes, aprovechando toda la experiencia relevante dentro del gobierno y sus agencias de ejecución, al tiempo que se involucran intermediarios que contribuyen a la implementación.
- evaluar la adaptabilidad al contexto local de las medidas introducidas en otros lugares.
- incorporar requisitos de evaluación e información razonables para facilitar el aprendizaje de políticas.
- limitar las medidas que solo benefician a los operadores tradicionales y monitorear las implicaciones de la concentración potencial.
- comprometerse de forma proactiva con otros países y organizaciones multilaterales para abordar las implicaciones transfronterizas dentro de los marcos de gobernanza disponibles, que pueden evolucionar y adaptarse a las circunstancias.

Esta vez es diferente

Como todas las crisis difieren, es difícil extrapolar episodios pasados, tanto en términos de los impactos potenciales de la crisis actual como de las lecciones que se pueden extraer con respecto a la respuesta política adecuada. A diferencia de la crisis financiera anterior, la fase actual de la crisis del COVID-19 está obligando a las empresas a entrar en aguas desconocidas. Las empresas de hoy están limitadas por una combinación única y probablemente sin precedentes de marcadas limitaciones de oferta y demanda, junto con una incertidumbre muy sustancial sobre si la crisis se resolverá y cómo se resolverá. Esta incertidumbre también hace que sea más complicado identificar la respuesta política adecuada. El capítulo 1 expone algunas características clave de la crisis actual, así como sus implicaciones para la innovación empresarial y la respuesta política general. Los cierres obligatorios y voluntarios, combinados con medidas de distanciamiento físico, contribuyen a reducir los niveles de actividades de producción y consumo, especialmente aquellas que requieren proximidad personal y movilidad. Las restricciones tienen impactos complejos en las cadenas de oferta y demanda.

El análisis de la OCDE de los informes financieros publicados de los grandes inversores en I + D que cotizan en bolsa que cubren el segundo y tercer trimestres de 2020 muestra diferencias significativas entre los sectores y dentro de ellos en términos de cómo estas empresas están adaptando sus carteras de inversión

en I+D (véase el Capítulo 1). Entre las empresas que no cotizan en bolsa, la evidencia es más escasa, pero apunta (por ejemplo, en Canadá) a un aumento de tres veces en el número de empresas que informan una disminución en la I+D (por ejemplo, un 22 % más de empresas que informan tasas más bajas de I+D manufacturero frente al 6 % que informa tasas más altas) (Statistics Canada, 2020). Los informes trimestrales de las grandes empresas destacan la incertidumbre como un factor importante que impulsa las respuestas comerciales y las perspectivas inmediatas. El sentimiento difiere claramente según el sector, desde preocupaciones potenciales sobre los ingresos publicitarios, pasando por la incertidumbre sobre el éxito de los ensayos en curso en las empresas farmacéuticas, hasta la incertidumbre sobre el futuro del transporte y los servicios personales, especialmente si los viajes de negocios y el turismo continúan contrayéndose significativamente incluso después de que las pandemias han sido contenidas. Los informes de la empresa destacan las preocupaciones sobre la gestión de la liquidez, la adaptación a las interrupciones de la cadena de suministro y la protección de los trabajadores y los clientes. En el Reino Unido, una muestra de beneficiarios de la ayuda de Innovate UK informó que dos tercios de las empresas sugirieron que los planes futuros de I+D se mantuvieron sin cambios, y que el resto desaceleró o recortó sus proyectos (Roper and Vorley, 2020).

Mientras persista la pandemia subyacente, las prácticas comerciales deben revisarse constantemente a medida que se dispone de nueva información y se adoptan nuevas políticas. La innovación adaptativa parece bastante frecuente, impulsada por la necesidad. Según Statistics Canada, más de dos quintas partes (45,4 %) de las empresas canadienses informaron que habían agregado nuevas formas de interactuar o vender a los clientes; casi dos quintas partes (38,1 %) informaron que habían aumentado su uso interno de conexiones virtuales; y el 2,8 % de las empresas indicaron que habían comenzado a fabricar nuevos productos en respuesta a las solicitudes del gobierno para ayudar a enfrentar la crisis.

Un rasgo distintivo de la crisis del COVID-19, en comparación con las anteriores, es la constatación de que la innovación tiene un papel claro y explícito que desempeñar en su resolución de contención, más allá de su papel en la consiguiente recuperación económica. Esto es particularmente obvio en el desarrollo y despliegue de diagnósticos, vacunas y tratamientos para COVID-19, pero no es exclusivo de los sectores que están directamente preocupados por estos temas: diseñar nuevos productos y procesos que permitan una mayor resiliencia a las interrupciones presentes y futuras es importantes para la sociedad en su conjunto. Una parte significativa del potencial de innovación que se requiere se encuentra dentro del sector empresarial. En los Estados Unidos, por ejemplo, (Azoulay and Fishman, 2020) señalan que los ensayos clínicos se han realizado cada vez más

en consultorios privados y sitios de estudio con fines de lucro desde la década de 1990. La continuidad y actualización de los servicios de red también depende de la capacidad de las empresas (privadas o estatales) para adaptarse a la situación y brindar nuevas respuestas.

Apoyo a la innovación empresarial como parte de la respuesta del gobierno

Como destaca (Gans, 2020), los esfuerzos para incentivar las innovaciones privadas basadas en el mercado que abordan un desafío global urgente como la pandemia se enfrentan a una paradoja fundamental. Los innovadores con fines de lucro, en última instancia, desearán fijar el precio de sus soluciones a tarifas que hagan que el acceso sea prohibitivo para muchas personas, lo cual es un resultado socialmente inaceptable. La anticipación de la “expropiación”, a su vez, disuade la inversión privada, una paradoja del incentivo a la innovación que resalta las limitaciones del mecanismo de mercado y la necesidad de identificar instrumentos apropiados para atender el interés público.

La mayoría de los gobiernos han evitado utilizar intervenciones que reemplacen el mercado dentro de sus poderes legales, como las permitidas por la Ley de Producción de Defensa en los Estados Unidos, que permite emitir préstamos para expandir la capacidad de un proveedor, controlando la distribución de los productos de una empresa y obligando a las empresas a priorizar las órdenes del gobierno sobre las de otros clientes. En cambio, los gobiernos han optado principalmente por la persuasión moral y los llamamientos a la responsabilidad empresarial, junto con un apoyo financiero significativo, según lo permiten los proyectos de ley de financiación de emergencia. La Tabla 4.1 enumera ejemplos seleccionados de medidas de innovación empresarial recientemente adoptadas, divididas entre incentivos fiscales para I+D y otras iniciativas. Muestra que algunas medidas se centran en promover la innovación en la lucha contra la enfermedad, mientras que otras buscan respaldar el ecosistema de innovación empresarial en general en un momento de angustia.

Tabla 4.1: Ejemplos seleccionados de medidas gubernamentales de emergencia que apoyan la innovación empresarial

Incentivos fiscales para I+D	
<i>Rediseño de instrumentos</i>	
Aumento del crédito fiscal para I+D / tasas de bonificación	Australia (tasas de PYME y tasas para grandes empresas intensivas en I+D (intensidad de I+D > 2%) para ejercicios fiscales que comiencen a partir del 1 de julio de 2021), Dinamarca (sujeto al límite máximo), Islandia, Italia (regiones del sur), España (innovación tecnológica)

Ajustes en los topes sobre los gastos calificados en I+D o los beneficios fiscales en I+D	Australia (aumento en el tope de gasto en I+D para los ejercicios fiscales a partir del 1 de julio de 2021), Alemania (aumento), Islandia (aumento), Nueva Zelanda (eliminación parcial y simplificación)
<i>Administración y seguimiento</i>	
Prórroga del plazo para la presentación de solicitudes	Australia, Canadá (créditos fiscales para investigación científica y desarrollo experimental - SRyED - de Quebec y Columbia Británica). México, Portugal
Procesamiento anticipado o acelerado de solicitudes de desgravación fiscal en I+D	Canadá (reclamaciones reembolsables según el crédito fiscal federal para SRyED), Polonia
Pagos en efectivo anticipados y / o acelerados (reembolsos)	Dinamarca, Francia, Irlanda
Otras medidas empresariales de apoyo para I+D+i	
Mejor acceso a la financiación para empresas innovadoras	China (subvenciones a la I+D para pymes), Francia (subvenciones a la innovación del Programa Inversiones para el Futuro), Alemania (financiación de capital riesgo para nuevas empresas), Reino Unido (fondo de inversión para empresas de alto crecimiento, subvenciones y préstamos para pymes centrados en I+D) , Hungría (subvenciones de los costes salariales para el personal de I+D), Nueva Zelanda (Programa de préstamos para I+D de Callaghan Innovation), España (subvenciones parcialmente reembolsables para pymes), Reino Unido (préstamos de continuidad, subvenciones y préstamos para pymes centrados en I+D)
Aplazamiento de los plazos de solicitud, mayor flexibilidad para los beneficiarios existentes y/o asistencia para nuevos solicitantes	EU28 (Horizonte 2020), Austria, Alemania, Noruega, España

Financiamiento para la innovación en soluciones COVID-19	Austria (KLIPHA-COVID19), Bélgica (subvenciones regionales), Canadá (programa Challenge), República Checa (subvenciones), EU28 (Acelerador del Consejo Europeo de Innovación e Iniciativa de Medicamentos Innovadores, Plan de Acción ERAvsCorona), Alemania (Bundesregelung Forschungs-, Entwicklungs- und Investitionsbeihilfen), Irlanda (financiación de respuesta rápida, subvenciones directas y anticipos reembolsables), Italia (Innova), Corea (proyecto de I+D para fomentar la industria de dispositivos médicos), Luxemburgo, Malta (subvenciones), Polonia, Portugal (subvenciones), República Eslovaca, España (préstamos blandos para empresas innovadoras con proyectos COVID-19), Reino Unido (fondo de innovación sostenible), Estados Unidos (alianza público-privada NIH / FNIH para la vacuna y tratamientos COVID-19)
--	---

Nota: Esta tabla no intenta proporcionar una representación completa de todas las medidas que apoyan la innovación empresarial introducidas por los gobiernos en respuesta al COVID-19; tal lista sería demasiado grande para presentarla aquí y requeriría una actualización constante. Fuente: Elaboración de la OCDE, basada en el STIP COVID-watch de la OCDE (<https://stip.oecd.org/covid>), encuesta de la OCDE sobre incentivos fiscales a la I+D y otras fuentes (OCDE, 2020 [40]).

La contratación pública de innovaciones, o más generalmente de soluciones que pueden requerir una innovación por parte de las empresas u otros actores, es una forma destacada de respuesta política para abordar la paradoja de la innovación planteada por esta crisis y otros grandes desafíos similares. El potencial de transformación de la acción de contratación pública en respuesta al COVID-19 es probablemente una orden de magnitud por encima de otras formas de apoyo a la innovación. En los Estados Unidos, las adquisiciones federales relacionadas con el COVID-19 ascendieron a cerca de USD 28 mil millones de marzo a septiembre de 2020.³ Esta cantidad de ninguna manera se dedica por completo a nuevos productos o nuevas aplicaciones de productos existentes. La información recopilada por la OCDE; (OECD, 2020) sugiere que los gobiernos están asignando a las agencias de innovación funciones clave de apoyo a las adquisiciones durante esta crisis. Las autoridades han tendido a comprometerse con productos que están más cerca del mercado, donde los riesgos se encuentran en su mayoría aguas abajo de la cadena de innovación. En muchos casos, sin embargo, la contratación pública como forma de política de innovación puede contribuir a las misiones de la sociedad mediante el diseño cuidadoso de compromisos de mercado anticipados y la creación de asociaciones público-privadas (Edquist and Zabala-Iturriagoitia, 2012).

Además de las medidas descritas anteriormente, los países han actualizado cada vez más los marcos legislativos y regulatorios que cubren el apoyo a la innovación empresarial. En abril de 2020, la Comisión Europea anunció la adopción de una enmienda al Marco Temporal inicialmente adoptada en marzo. Entre otras acciones, la enmienda amplió el marco para incluir el apoyo a la I+D relacionada con el coronavirus (European Commission, 2020). Desde entonces, el marco se ha modificado para adaptarse mejor a la posición de las empresas emergentes que, de otro modo, serían viables y que sufrieron pérdidas antes de la crisis del COVID-19 y, por lo tanto, no se habrían considerado elegibles para recibir apoyo.⁴ El Reino Unido está revisando actualmente su enfoque de las ayudas estatales, un tema que está entrelazado con las negociaciones de acuerdos comerciales posteriores al Brexit. Los acuerdos comerciales bilaterales, como el Acuerdo de Asociación Económica Integral Reino Unido-Japón de septiembre de 2020, contienen compromisos de transparencia con respecto a los subsidios otorgados y consultas sobre las preocupaciones sobre los subsidios que pueden afectar a la otra parte, destacando la interconexión entre el apoyo de la industria y el acceso a los mercados en un mundo globalizado.

4.4 LAS PERSPECTIVAS A MEDIANO Y LARGO PLAZO PARA EL APOYO A LA INNOVACIÓN EMPRESARIAL

Posibles escenarios e implicaciones

Como se destaca en el Capítulo 1, una serie de factores genéricos darán forma a las perspectivas de las políticas de ciencia, tecnología e innovación. Estos tienen marcadas implicaciones para el futuro diseño, implementación e impacto de las políticas públicas de apoyo a la innovación empresarial.

En el momento de redactar este informe, la pandemia del COVID-19 es uno de los principales impulsores de las políticas públicas. Mientras persista la crisis, los gobiernos se verán obligados a mantener e impulsar la participación empresarial en la identificación e implementación de soluciones a la crisis de salud. Los gobiernos han brindado múltiples formas de apoyo a la actividad innovadora de las empresas, reconociendo la necesidad de involucrar al sector empresarial en la lucha contra la pandemia como parte de la intervención de salud pública más amplia en curso.

En el mediano y largo plazo, la evidencia y las percepciones de futuras vulnerabilidades pandémicas o problemas de enfermedades infecciosas determinarán si las autoridades mantienen y posiblemente amplían los mecanismos de apoyo a la innovación desarrollados durante la crisis actual para mitigar futuras crisis pandémicas sucesivas. Un escenario de “recuperación” en el que los brotes de

enfermedades virales y otras enfermedades infecciosas sean recurrentes y difíciles de contener aumentará la demanda de un mayor enfoque del apoyo público en la I+D y la innovación relacionadas con la salud. Esto probablemente disminuirá el interés en las formas horizontales de apoyo público y tendrá implicaciones inciertas en el apoyo a otros dominios que pueden no parecer tan directamente relevantes para construir la preparación para una pandemia. En un escenario alternativo en el que la recurrencia o los brotes alternativos se perciban como menos probables, se reducirá la voluntad de mantener los mecanismos de incentivo hacia la I+D e innovación en salud impulsada por las empresas. Los recursos dedicados a la innovación en la prevención de pandemias eventualmente se reasignarán a otros usos, pero los responsables de la formulación de políticas deberán tener cuidado con el riesgo de que las capacidades básicas en esta área se pierdan de manera irreversible, lo que eventualmente expondrá a las sociedades a riesgos futuros. De hecho, la crisis actual ha puesto en tela de juicio la forma en que se determinan las prioridades de innovación.

Parafraseando a John Maynard Keynes (Keynes, 1919), los escenarios futuros para las políticas estarán moldeados por las consecuencias sociales y económicas de la paz del COVID-19 y los términos en los que finalmente se logre. Una dimensión clave en los escenarios de daño socioeconómico y la forma de una recuperación futura es la medida en que el cambio estructural se convierte en una consecuencia de una “nueva normalidad”, donde la línea de base anterior al COVID era un período prolongado de crecimiento mediocre de la productividad en comparación a la historia reciente (Andrews, Criscuolo and Gal, 2016; OECD, 2019). La gama de posibles escenarios es demasiado amplia para detallarla aquí; se relaciona con cómo las personas pueden y prefieren trabajar, interactuar entre sí y disfrutar de su tiempo libre. Los escenarios plausibles tienen industrias y ubicaciones enteras que transforman sus modelos para seguir siendo escenarios viables de actividad económica. En tales casos, la transformación y la disrupción se convertirán en características habituales; se pedirá a los gobiernos que apoyen y gestionen dichos procesos, más allá de diseñar políticas estrictamente basadas en las personas.

Como sucedió durante crisis anteriores, es probable que surjan tensiones entre la idea de que el gobierno sostenga industrias y empresas o la reasignación de recursos hacia nuevas oportunidades. La nube de incertidumbre a menudo no permitirá predecir qué cambios serán temporales y cuáles serán permanentes. Como resultado, identificar la respuesta óptima será un desafío y los resultados, a menudo, controvertidos. Una consideración clave para los formuladores de políticas nacionales de innovación será identificar y priorizar las capacidades de innovación empresarial que deben preservarse a largo plazo. Es probable que una incertidumbre considerable frene la inversión durante un período prolongado, en particular por parte de empresas con una deuda elevada (OCDE, 2020c).

El margen de maniobra de las políticas de apoyo a las empresas dependerá del estado futuro de las finanzas públicas y de la respuesta de la política macroeconómica. La experiencia de la CFM destaca la plausibilidad de un escenario en el que los gobiernos buscan reducir rápidamente los elevados niveles de deuda pública, iniciando un período de rápido ajuste presupuestario. Aparte de los importantes impactos directos que el calendario de dicho proceso puede tener en la economía, la dotación presupuestaria para el apoyo financiero del gobierno a la I+D y la innovación como un área discrecional de gasto puede disminuir si no se considera una prioridad nacional. Esto puede desencadenar la búsqueda de mecanismos de financiación complementarios, incluido un papel más importante para la financiación de I+D privada y no empresarial. Las diferencias en las respuestas presupuestarias entre países también pueden cambiar el panorama mundial y acentuar las diferencias nacionales en las capacidades de innovación de las empresas. Las empresas tenderán a trasladar las actividades de innovación a lugares donde el entorno empresarial, incluida la disponibilidad de apoyo público, parece ser más favorable. En este contexto, el enfoque y la implementación real de los paquetes de recuperación a corto y mediano plazo serán fundamentales. Abarcarán prioridades contrapuestas, desde resolver problemas de liquidez y solvencia empresarial a corto plazo, hasta abordar los desafíos y oportunidades que presenta el ritmo y la dirección de la digitalización y la automatización, así como la búsqueda de la transición ecológica. *La Perspectiva Económica de la OCDE* (OECD, 2020) también señala que el apoyo gubernamental a las empresas a través de subsidios salariales, aplazamientos de impuestos y garantías deberá eliminarse gradualmente en la fase de recuperación, para garantizar que las empresas inviables no reciban apoyo durante un período extendido.

La crisis global acentúa las presiones sobre los mecanismos de gobernanza internacional que han definido los términos que permiten a los gobiernos apoyar al sector empresarial. Dichos sistemas han demostrado cierta flexibilidad en tiempos de crisis a medida que se han establecido marcos de emergencia, pero la gravedad y duración aún desconocidas de la crisis actual arroja algunas dudas sobre su futuro. Las oportunidades asociadas con la “próxima revolución de la producción” (que está ocurriendo a través de la confluencia de una variedad de tecnologías, incluida la inteligencia artificial, 5G, nuevos materiales, impresión 3D, nanotecnología y biotecnología industrial) han preparado el escenario para que el apoyo y la regulación de la innovación empresarial se convierta en un conductor adicional del impulso hacia una mayor autonomía tecnológica productiva. El presidente Xi Jinping de la República Popular China, por ejemplo, señala la necesidad de impulsar las capacidades de innovación originales y lograr más avances “cero a uno” (Xi, 2020). El acuerdo entre Alemania y Francia en 2019 para apoyar la financiación de las actividades de I+D e innovación de dos empresas en

el área de baterías de iones de litio de próxima generación, así como su despliegue industrial inicial, podría ser una señal de futuras iniciativas. La idea bastante confusa de la soberanía tecnológica como un objetivo de política que debe cumplir el apoyo gubernamental a la innovación se ha visto exacerbada por el efecto de la crisis en la dependencia percibida de las cadenas de suministro controladas por unos pocos países. La lucha subyacente por la hegemonía tecnológica geopolítica, evidente mucho antes de la crisis, puede resultar en más tensiones comerciales.

En este contexto, los marcos multilaterales podrían eventualmente ser reforzados como resultado de una mayor apreciación de los riesgos y desafíos que trascienden las fronteras nacionales, requiriendo respuestas coordinadas para traer nuevos productos y procesos a los mercados. Esto sería especialmente cierto si los actores transnacionales de los sectores público y privado logran combatir la pandemia. En tal escenario, las normas internacionales que rigen las ayudas estatales y la contratación pública de innovación pueden, en última instancia, dar lugar a acuerdos más adaptables a las acciones discrecionales dirigidas a retos prioritarios. Por otro lado, la crisis actual y las presiones para desacoplar las cadenas de valor pueden socavar la confianza en las soluciones de gobernanza global, exacerbando el descontento existente antes de la crisis. En última instancia, esto puede implicar un cambio hacia enfoques nacionales a medida que los países, especialmente las economías más grandes, busquen volverse más autosuficientes y favorecer a sus empresas nacionales, en lugar de buscar mecanismos más distribuidos para desarrollar la resistencia a las crisis.

Por ejemplo, la pandemia del COVID-19 ha impulsado a muchos gobiernos a mejorar sus mecanismos de selección de la inversión extranjera o introducir otros nuevos, en medio de una caída ya abrupta de los flujos de inversión extranjera directa (IED) mundial. Esto puede provocar un cambio transformador en la práctica de las políticas sobre la selección de inversiones y la forma en que los gobiernos y las sociedades ven los beneficios y riesgos asociados con la inversión extranjera (Novik, Pohl and Rosselot, 2020). La Comisión Europea conectó recientemente la adopción de medidas comerciales defensivas y el cribado de los flujos de IED a nuevas propuestas para evaluar el papel de las subvenciones extranjeras y su impacto potencial en el mercado interior, publicando un Libro Blanco y una consulta sobre el tema (European Commission, 2020).

En el futuro, las posibilidades efectivas de apoyo público a la innovación empresarial también estarán vinculadas a la capacidad de los gobiernos para aprovechar las oportunidades de la transformación digital y adoptar prácticas innovadoras. La digitalización puede transformar completamente la forma en que los gobiernos evalúan los méritos de las solicitudes de apoyo de las empresas y monitorean los proyectos que financian como cartera. Algunos escenarios de colaboración multilateral podrían permitir el intercambio oportuno de informa-

ción entre gobiernos, como los desarrollados para el intercambio automático de información con fines fiscales. El marco inclusivo del G20/OCDE sobre la erosión de la base y la transferencia de beneficios ha estado trabajando en la reforma del sistema tributario internacional para abordar los desafíos tributarios que surgen de la digitalización de la economía, restaurar la estabilidad del marco tributario internacional y evitar el riesgo de otras medidas fiscales unilaterales y no coordinadas (OECD, 2020). La experiencia de esta iniciativa también determinará cómo los gobiernos pueden utilizar los incentivos fiscales como un medio para atraer innovación a sus países.

Como implica todo lo anterior, las consideraciones de economía política serán críticas. La perspectiva del papel del gobierno en el apoyo y la configuración de la actividad de innovación que involucra al sector empresarial dependerá de cómo la sociedad, a través del prisma de la crisis actual y sus secuelas inmediatas, percibe a las empresas como beneficiarias merecedoras de asistencia pública en su búsqueda de innovaciones que promuevan el bienestar social y ve a los gobiernos como facilitadores capaces de este proceso.

4.5 CONCLUSIONES

Este capítulo ha proporcionado a los responsables de la formulación de políticas de innovación una descripción general de los factores que han contribuido a dar forma al panorama actual del apoyo público a la innovación y las principales preguntas abiertas en el futuro. Ha abordado las lecciones aprendidas de los estudios recientes de la OCDE, particularmente en relación con las crisis pasadas y las recientes respuestas de los gobiernos a la crisis del COVID-19 en el área de la innovación.

La movilización de recursos y capacidades de innovación empresarial es fundamental para hacer frente a la crisis actual y abordar los desafíos económicos y sociales tradicionales. Como muestra la experiencia reciente, la forma en que los gobiernos incentivan e influyen en la investigación y la innovación en las empresas tiene importantes implicaciones para nuestro futuro. La respuesta empresarial de I+D e innovación al COVID-19 ha sido muy heterogénea. Si bien para algunos la crisis representa una oportunidad para expandir tales esfuerzos, en muchas industrias, las capacidades de innovación se encuentran bajo una tensión significativa. El apoyo público a la innovación no es una preocupación exclusiva de los responsables de las políticas de innovación. Su diseño e implementación debe tener en cuenta varias implicaciones y limitaciones que atraviesan diversas áreas de políticas, por lo que requieren enfoques de coordinación e implementación horizontales.

Las políticas públicas de apoyo a la innovación deben poder orientar los esfuerzos privados de innovación hacia donde más se necesitan, especialmente donde las señales del mercado demuestran ser insuficientes y la coordinación es más desafiante. Los datos y análisis recientes de la OCDE muestran que la combinación de políticas de los gobiernos no es del todo coherente con esa ambición. Los incentivos fiscales a la I+D, el instrumento de política de apoyo a la innovación no dirigida en el que la mayoría de los gobiernos de la OCDE han llegado a confiar cada vez más en las últimas dos décadas, son eficaces para lograr sus objetivos genéricos de fomento de la I+D siempre que se diseñen e implementen de forma coherente. Sin embargo, son insuficientes como medio para orientar la innovación hacia necesidades sociales más amplias y representan instrumentos subóptimos para fomentar la inversión en conocimiento en la interfaz entre la investigación básica y el desarrollo real de productos o procesos. Los gobiernos deben crear carteras equilibradas de apoyo a la innovación a través de mecanismos, instrumentos y capacidades que les permitan orientar los esfuerzos de innovación empresarial, especialmente en áreas donde el gobierno es un usuario o cliente principal de las innovaciones.

Es probable que muchos de los supuestos que sustentan el consenso político mundial sobre el papel apropiado del gobierno en la financiación y promoción de la innovación se vean más cuestionados. La colaboración política internacional para el apoyo a la innovación empresarial es fundamental. Hoy en día, el apoyo empresarial es posible dentro de un delicado equilibrio de acuerdos internacionales que dan forma a lo que los gobiernos nacionales pueden hacer para ayudar a sus empresas a innovar sin desencadenar respuestas de represalia por parte de otros países que restringen el acceso a los mercados. Los gobiernos deben construir una clara apreciación de las compensaciones a las que se enfrentan al rediseñar sus carteras de apoyo a la innovación, en paralelo con sus socios y competidores en otros países. El interés propio nacional, también en lo que respecta al apoyo empresarial a la innovación, a menudo se verá mejor atendido por la colaboración internacional.

Los gobiernos pueden aprender unos de otros sobre cómo mejorar el diseño y la administración del apoyo a la innovación durante las crisis. El apoyo público a la innovación se presenta de muchas formas y no siempre es fácil de medir, rastrear a lo largo del tiempo o comparar para facilitar el aprendizaje mutuo. Los gobiernos también deben seguir invirtiendo, junto con otras capacidades, en evidencia sobre sus políticas de apoyo a la innovación para mejorarlas. Esto requiere romper los silos y desarrollar capacidades para explotar esta información. Esta es una prioridad permanente de la OCDE, tanto en términos de medición como de análisis de políticas.

4.6 REFERENCIAS

- Aho, E. *et al.* (2006), *Creating an Innovative Europe. Report of the Independent Expert Group on RyD and Innovation appointed following the Hampton Court Summit and chaired by Mr. Esko Aho*, January 2006, EUR 22005, Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg, https://ec.europa.eu/invest-in-research/pdf/download_en/aho_report.pdf.
- Andrews, D., C. Criscuolo y P. Gal (2016), “The global productivity slowdown, technology divergence and public policy: a firm level perspective”, background paper for the OECD Global Productivity Forum Lisbon meeting, https://www.oecd.org/global-forum-productivity/events/GP_Slowdown_Technology_Divergence_and_Public_Policy_Final_after_conference_26_July.pdf (accessed on October 2020).
- Appelt, S. y F. Galindo-Rueda (2016), “Measuring the Link between Public Procurement and Innovation”, *OECD Science, Technology and Industry Working Papers*, No. 2016/3, OECD Publishing, Paris, <https://dx.doi.org/10.1787/5j1vc7sl1w7h-en>.
- Appelt, S., F. Galindo-Rueda y A. González Cabral (2019), “Measuring RyD tax support: Findings from the new OECD RyD Tax Incentives Database”, *OECD Science, Technology and Industry Working Papers*, No. 2019/06, OECD Publishing, Paris, <https://dx.doi.org/10.1787/d16e6072-en>.
- Arora, A. *et al.* (2020), “The Changing Structure of American Innovation: Some Cautionary Remarks for Economic Growth”, *Innovation Policy and the Economy*, No. 20, pp. 39-93, University of Chicago Press, Chicago, on behalf of the National Bureau of Economic Research, Cambridge, MA, <http://dx.doi.org/10.1086/705638>.
- Azoulay, P. y A. Fishman (2020), *The Rise of For-Profit Experimental Medicine*, National Bureau of Economic Research, Cambridge, MA, <http://dx.doi.org/10.3386/w26892>.
- EC-OECD (2020), *STIP Compass: International Database on Science, Technology and Innovation Policy (STIP)*, edition 09/10/2020, <https://stip.oecd.org> (accessed on 10 December 2020).
- Edquist, C. y J. Zabala-Iturriagagoitia (2012), “Public Procurement for Innovation as mission-oriented innovation policy”, *Research Policy*, Vol. 41/10, pp. 1757-1769, <http://dx.doi.org/10.1016/j.respol.2012.04.022>.
- European Commission (2020), *Temporary Framework for State aid measures to support the economy in the current COVID-19 outbreak*, C(2020) 1863, Publications Office of the European Union, Luxembourg, https://ec.europa.eu/competition/state_aid/what_is_new/sa_covid19_temporary-framework.pdf.

- European Commission (2020), *White paper on levelling the playing field as regards foreign subsidies*, OM(2020) 253, Publications Office of the European Union, Luxembourg, https://ec.europa.eu/competition/international/overview/foreign_subsidies_white_paper.pdf.
- European Commission (2014), *Framework for State aid for research and development and innovation. Communication from the Commission (2014/C 198/01)*, Publications Office of the European Union, Luxembourg, [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52014XC0627\(01\)yfrom=GA](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52014XC0627(01)yfrom=GA).
- Gans, J. (2020), “Rallying innovation” Economics in the Age of COVID-19, <http://dx.doi.org/10.21428/a11c83b7.c48fa91b>.
- HM Government (2017), “Building Our Industrial Strategy”, https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/611705/building-our-industrial-strategy-green-paper.pdf (accessed on October 2020).
- HM Government (2009), “New Industry, New Jobs”, <https://webarchive.nationalarchives.gov.uk/20100512232040/http://www.bis.gov.uk/ninj> (accessed on October 2020).
- HM Treasury (2017), “Patient capital review. Industry Panel Response”, <https://www.gov.uk/government/publications/patient-capital-review> (accessed on October 2020).
- HMRC (2018), “RyD tax relief: conditions to be satisfied: BIS Guidelines (formerly DTI Guidelines) (2004) – application to software”, <https://www.gov.uk/hmrc-internal-manuals/corporate-intangibles-research-and-development-manual/cird81960> (accessed on October 2020).
- Howell, S. (2017), “Financing Innovation: Evidence from Ry&D Grants”, *American Economic Review*, Vol. 107/4, <http://dx.doi.org/10.1257/aer.20150808>.
- Hutschenreiter, G., J. Weber y C. Rammer (2019), “Innovation support in the enterprise sector: Industry and SMEs”, *OECD Science, Technology and Industry Policy Papers*, No. 82, OECD Publishing, Paris, <https://dx.doi.org/10.1787/4ffb2cbc-en>.
- Izsak, K. *et al.* (2013), *Impact of the Crisis on Research and Innovation Policies. Study for the European Commission DG Research by Technopolis Group Belgium and Idea Consult.*, https://ec.europa.eu/research/innovation-union/pdf/expert-groups/ERIAB_pb-Impact_of_financial_crisis.pdf.
- Keynes, J. (1919), “The Economic Consequences of the Peace (1st ed.)”, London: Macmillan y Co., <https://archive.org/stream/economicconsequ00keynuoft#page/n3/mode/2up> (accessed on October 2020).

- Lach, S., Z. Neeman y M. Schankerman (forthcoming), “Government Financing of RyD: A Mechanism Design Approach”, *American Economic Journal: Microeconomics*, preprint version, http://eprints.lse.ac.uk/105873/1/LNS_Final_June26_2020.pdf (accessed on October 2020).
- Maskus, K. (2015), “Research and Development Subsidies: A Need for WTO Disciplines? E15Initiative. Geneva: International Centre for Trade and Sustainable Development (ICTSD) and World Economic Forum”, E 15 Initiative, Geneva, Switzerland, <http://e15initiative.org/publications/research-and-development-subsidies-a-need-for-wto-disciplines/> (accessed on October 2020).
- Mazzucato, M. (2013), *The Entrepreneurial State: Debunking Public vs. Private Sector Myths*, Anthem Press, London, <http://marianamazzucato.com/the-entrepreneurial-state/>.
- Mazzucato, M. (2018), *Mission-Oriented Research y Innovation in the European Union*, Publications Office of the European Union, Luxembourg, https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/mazzucato_report_2018.pdf (accessed on October 2020).
- Ministry of Economic Affairs (2011), *To the Top. The Enterprise Policy in Action(s)*, Government of the Netherlands, The Hague.
- Novik, A., J. Pohl y N. Rosselot (2020), “Investment screening in times of COVID-19 and beyond. OECD Policy Responses to Coronavirus (COVID-19)”, webpage, <http://www.oecd.org/coronavirus/policy-responses/investment-screening-in-times-of-COVID-19-and-beyond-aa60af47> (accessed on October 2020).
- OECD (2020), “How effective are RyD tax incentives? New evidence from the OECD microBeRD project”, Directorate for Science, Technology and Innovation Policy Note, OECD, Paris, <https://www.oecd.org/sti/microberd-rd-tax-incentives-policy-note.pdf>.
- OECD (2020), *OECD Digital Economy Outlook 2020*, OECD Publishing, Paris, <https://dx.doi.org/10.1787/bb167041-en>.
- OECD (2020), *OECD Economic Outlook, Interim Report September 2020*, OECD Publishing, Paris, <https://dx.doi.org/10.1787/34ffc900-en>.
- OECD (2020), *Public procurement and infrastructure governance: Initial policy responses to the coronavirus (COVID-19) crisis*, OECD, Paris, <http://www.oecd.org/coronavirus/policy-responses/stocktaking-report-on-immediate-public-procurement-and-infrastructure-responses-to-COVID-19-248d0646/>.
- OECD (2020), “Stocktaking report on immediate public procurement and infrastructure responses to COVID-19. OECD Policy Responses to Coronavirus (COVID-19)”, OECD, Paris, <http://www.oecd.org/coronavirus/policy-responses/stocktaking-report-on-immediate-public-procurement-and-infrastructure-responses-to-COVID-19-248d0646/>.

- OECD (2020), *Tax Challenges Arising from Digitalisation – Economic Impact Assessment: Inclusive Framework on BEPS*, OECD/G20 Base Erosion and Profit Shifting Project, OECD Publishing, Paris, <https://dx.doi.org/10.1787/0e3cc2d4-en>.
- OECD (2020), “The effects of RyD tax incentives and their role in the innovation policy mix: Findings from the OECD microBeRD project, 2016-19”, *OECD Science, Technology and Industry Policy Papers*, No. 92, OECD Publishing, Paris, <https://dx.doi.org/10.1787/65234003-en>.
- OECD (2019), *OECD Compendium of Productivity Indicators 2019*, OECD Publishing, Paris, <https://dx.doi.org/10.1787/b2774f97-en>.
- OECD (2017), “The links between global value chains and global innovation networks: An exploration”, *OECD Science, Technology and Industry Policy Papers*, No. 37, OECD Publishing, Paris, <https://dx.doi.org/10.1787/76d78fbb-en>.
- OECD (2016), “RyD Tax Incentives: Evidence on design, incidence and impacts”, *OECD Science, Technology and Industry Policy Papers*, No. 32, OECD Publishing, Paris, <https://dx.doi.org/10.1787/5jlr8fldqk7j-en>.
- OECD (2015), *Frascati Manual 2015: Guidelines for Collecting and Reporting Data on Research and Experimental Development*, The Measurement of Scientific, Technological and Innovation Activities, OECD Publishing, Paris, <https://dx.doi.org/10.1787/9789264239012-en>.
- OECD (2013), *Innovation-driven Growth in Regions: The Role of Smart Specialisation*, OECD, Paris, <https://www.oecd.org/innovation/inno/smart-specialisation.pdf>.
- OECD (2012), “Innovation in the crisis and beyond”, in *OECD Science, Technology and Industry Outlook 2012*, OECD Publishing, Paris, https://dx.doi.org/10.1787/sti_outlook-2012-4-en.
- OECD (2010), *The OECD Innovation Strategy: Getting a Head Start on Tomorrow*, OECD Publishing, Paris, <https://dx.doi.org/10.1787/9789264083479-en>.
- OECD (2009), “Policy Responses to the Economic Crisis: Investing in Innovation for Long-Term Growth”, *OECD Digital Economy Papers*, No. 159, OECD Publishing, Paris, <https://www.oecd.org/sti/42983414.pdf>.
- OECD (2001), “Improving measures of government support to industrial technology”, *STI Review*, Vol. 27, OECD Publishing, Paris.
- OECD (1995), *Industrial subsidies. A reporting manual*, OECD Publishing, Paris.
- OECD/Eurostat (2018), *Oslo Manual 2018: Guidelines for Collecting, Reporting and Using Data on Innovation, 4th Edition*, The Measurement of Scientific,

- Technological and Innovation Activities, OECD Publishing, Paris/Eurostat, Luxembourg, <https://dx.doi.org/10.1787/9789264304604-en>.
- Pellens, M. *et al.* (2018), “Public Investment in RyD in Reaction to Economic Crises – A Longitudinal Study for OECD Countries”, ZEW Discussion Paper No. 18-005, <http://ftp.zew.de/pub/zew-docs/dp/dp18005.pdf>.
- Rodrik, D. (2010), “The Return of Industrial Policy”, *Project Syndicate*, web article, <https://www.project-syndicate.org/commentary/the-return-of-industrial-policy?barrier=accesspaylog>.
- Roper, S. y T. Vorley (2020), “Assessing the impact of Covid-19 on Innovate UK award holders Survey and case-study evidence Wave 1 – June/July 2020”, <https://www.enterpriseresearch.ac.uk/wp-content/uploads/2020/09/ERC-Insight-Assessing-the-impact-of-Covid-19-on-Innovate-UK-award-holders.pdf>.
- Statistics Canada (2020), “Change in expenditures to various business areas, by business characteristics”, (database), <https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/en/cv.action?pid=3310023901>.
- Swedish Agency for Growth Policy Analysis (2019), “Research and Development in enterprises in 2017”, <https://www.tillvaxtanalys.se/in-english/publications/statistics/statistics/2019-05-22-research-and-development-in-enterprises-in-2017.html>.
- Warwick, K. y A. Nolan (2014), “Evaluation of Industrial Policy: Methodological Issues and Policy Lessons”, *OECD Science, Technology and Industry Policy Papers*, No. 16, OECD Publishing, Paris, <https://dx.doi.org/10.1787/5jz181jh0j5k-en>.
- WTO (n.d.a), *Agreement on Subsidies and Countervailing Measures (“SCM Agreement”)*, World Trade Organization, Geneva, Switzerland, https://www.wto.org/english/tratop_e/scm_e/subs_e.htm#top (accessed on October 2020).
- Xi, J. (2020), “Speech at the Symposium of Scientists”, *Xinhua News Agency*, https://web.archive.org/web/20200915164319/http://www.xinhuanet.com/politics/2020-09/11/c_1126483997.htm (accessed on October 2020).

NOTAS

- 1 De acuerdo con las reglas, la WTO, una contribución financiera por parte de un gobierno no es una subvención, a menos que confiera un “beneficio”, que se determinará por comparación con lo que proporcionaría el “mercado” (WTO, n.d.a).
- 2 <http://www.d20-itic.org/>.
- 3 <https://www.fpbs.gov/fpdsng/cms/index.php/en/reports.html>.
- 4 La enmienda amplió el marco temporal para permitir que los Estados miembros proporcionen apoyo público bajo el marco a todas las microempresas y pequeñas empresas, incluso si ya se

encontraban en dificultades financieras el 31 de diciembre de 2019 (véase https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/es/IP_20_1221). La capacidad de los gobiernos para apoyar a las empresas medianas en su ampliación sigue siendo un tema controvertido.

5. Resolución de crisis y desafíos mundiales mediante la colaboración internacional

La colaboración se encuentra en el corazón de la respuesta de ciencia, tecnología e innovación (CTI) al COVID-19, donde las plataformas de colaboración nacional e internacional para la tecnología están revolucionando el diseño y la producción de vacunas. El capítulo sostiene que los responsables de la formulación de políticas deberían aprovechar el impulso de la respuesta de la comunidad internacional al COVID-19 para volver a centrar la cooperación internacional en CTI en los problemas de bienes públicos globales a través de una mayor investigación transdisciplinaria, nuevos mecanismos de financiación público-privados y modelos de innovación colaborativa más sólidos.

HALLAZGOS CLAVE

- **El desarrollo de vacunas candidatas ha sido excepcionalmente rápido y se ha basado en las incipientes medidas globales de preparación para la I+D**, incluido el apoyo a nuevas tecnologías de plataforma que están revolucionando el diseño y la producción de vacunas, y la institucionalización de los esfuerzos de coordinación internacional para desarrollar plataformas tecnológicas ágiles que puedan activarse a medida que surgen nuevos patógenos. Estos arreglos relativamente nuevos están funcionando bien, pero carecen de fondos suficientes y dependen de un puñado de países e instituciones filantrópicas para su financiamiento. Los gobiernos deberían considerar ampliarlos y extenderlos a otros desafíos globales.

les donde la preparación para I+D es importante, aprovechando el impulso de la respuesta al COVID-19.

- **La respuesta concertada al COVID-19 ofrece una esperanza renovada de que la cooperación internacional en CTI puede ayudar a proporcionar soluciones a otros desafíos globales.** Sin embargo, esto requerirá reforzar un nuevo paradigma de cooperación internacional en CTI que otorgue más valor a la investigación transdisciplinaria impulsada por desafíos. En particular, los gobiernos deben trabajar juntos en nuevos mecanismos de financiación y gobernanza, en los que las empresas y los actores de las finanzas privadas se coordinen con los bancos de desarrollo multilaterales y nacionales para cofinanciar soluciones de CTI para los desafíos globales.
- **Las respuestas del gobierno a la pandemia del COVID-19 destacan la importancia de la política, el liderazgo y los valores nacionales para influir en la cooperación internacional en CTI.** Los gobiernos deberán equilibrar las prioridades y objetivos nacionales de CTI con la necesidad de una acción coordinada internacional para abordar los grandes desafíos y los problemas de bienes públicos mundiales. Sin esa acción colectiva, las capacidades para hacerles frente (en forma de conocimiento científico, plataformas tecnológicas e instituciones internacionales de coordinación) seguirán estando subdesarrolladas, dejando a los países más expuestos a las conmociones globales. Al mismo tiempo, los gobiernos deben generar confianza y definir valores comunes y compartidos para garantizar la igualdad de condiciones para la cooperación científica y una distribución equitativa de beneficios.

5.1 INTRODUCCIÓN

La respuesta en materia de ciencia e innovación al COVID-19 ha sido un esfuerzo mayoritariamente internacional, que refleja el crecimiento constante de la colaboración internacional en materia de ciencia, tecnología e innovación (CTI) en las últimas décadas.¹ Gran parte de la colaboración en CTI sobre el COVID-19 es “de abajo hacia arriba”, iniciada por los propios científicos. Pero los desafíos que plantea una pandemia también exigen respuestas más orquestadas a nivel internacional, con el fin de compartir datos, identificar y llenar las lagunas de conocimiento, aprovechar las complementariedades y agrupar recursos. Estos involucran cada vez más no solo a los gobiernos, sino también a las empresas,

las organizaciones filantrópicas y los actores de la sociedad civil. Idealmente, tales respuestas deberían ser verdaderamente globales, pero en su ausencia, los enfoques bilaterales y regionales pueden ofrecer oportunidades para que las “coaliciones de los dispuestos” avancen, incluida la participación de países de ingresos bajos y medianos, muchos de los cuales son los más afectados de los peores efectos de los desafíos globales.

Las asociaciones público-privadas han proliferado en respuesta al COVID-19, movilizando a investigadores públicos, empresas, gobiernos y organizaciones filantrópicas de todo el mundo para trabajar juntos en el desarrollo de diversas contramedidas, en particular vacunas, terapias y diagnósticos. La Organización Mundial de la Salud (OMS) juega un papel de convocatoria en muchos de estos esfuerzos, mientras que varias alianzas de investigación global especializadas coordinan e implementan iniciativas de investigación y financiamiento, más visiblemente en la búsqueda de las vacunas contra el COVID-19. Estas asociaciones, la mayoría de las cuales se establecieron en los últimos años a raíz de brotes de enfermedades infecciosas como el ébola, están bien consideradas y están haciendo contribuciones significativas al desarrollo y la distribución equitativa de vacunas a través de la cooperación internacional. Fundamentalmente, han podido aprovechar las recientes medidas de preparación para la investigación y el desarrollo (I+D) a nivel mundial, incluido el apoyo a tecnologías de plataforma novedosas que revolucionarán el diseño y la producción de vacunas.

La respuesta internacional al COVID-19, aunque no está libre de dificultades, ofrece una esperanza renovada de que la cooperación internacional en CTI puede ayudar a proporcionar soluciones a otros desafíos globales. Los grandes desafíos sociales, como el cambio climático, la seguridad alimentaria y las cuestiones de salud pública, son cada vez más objeto de la cooperación internacional en materia de CTI, reflejando su adopción como prioridades en las políticas nacionales. Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) en particular se han convertido en un foco importante, con esfuerzos continuos para traducirlos en prioridades de investigación nacionales e internacionales respaldadas por organismos de financiación. Sin embargo, centrar los esfuerzos de colaboración en CTI en los desafíos globales y las cuestiones relacionadas con los bienes públicos globales (GPG) requerirá un cambio de paradigma en las prioridades y prácticas de gran parte de la cooperación en CTI existente. Por ejemplo, un mayor uso de la “financiación combinada” podría respaldar proyectos colaborativos de CTI dirigidos a los ODS, uniendo fondos de gobiernos, empresas, filántropos y la comunidad financiera. En general, la movilización conjunta de la ciencia, la industria, el gobierno y la sociedad civil a nivel mundial será esencial para desencadenar las profundas transformaciones necesarias para abordar desafíos como la emergencia climática.

5.2 INTENSIFICACIÓN DE LA COLABORACIÓN PARA LUCHAR CONTRA EL COVID-19

La colaboración ha sido un sello distintivo de las respuestas en materia de CTI a la crisis pandémica

La cooperación científica internacional sobre COVID-19 comenzó a través de intercambios de datos y material genético y viral, originalmente de China a otros centros de investigación en todo el mundo, marcando un desarrollo relativamente rápido en comparación con pandemias anteriores. Habían transcurrido menos de 24 horas entre la secuenciación de los primeros coronavirus por parte de los laboratorios de salud pública chinos hasta que los datos completos del genoma fueron compartidos públicamente en la base de datos² EpiCoV™ de la Iniciativa global para compartir todos los datos de influenza (GISAID), una asociación público-privada. Desde entonces, han surgido numerosas plataformas internacionales abiertas de intercambio de datos para proporcionar acceso a datos epidemiológicos, clínicos y genómicos, así como a estudios relacionados. También se comparten los protocolos y estándares utilizados para recopilar los datos, junto con herramientas analíticas. El conjunto de datos de investigación abierta COVID-19 (COVID-19 Open Research Dataset-CORD-19), creado por el Allen Institute para IA en colaboración con el gobierno de los EUA y varias empresas, fundaciones y editoriales, contiene más de 280,000 artículos académicos de texto completo legibles por máquina sobre COVID-19 y coronavirus relacionados, y sirve como base para aplicar técnicas de aprendizaje automático para generar nuevos conocimientos que respalden la investigación del COVID-19. Otras iniciativas incluyen repositorios de datos del genoma (como Nextstrain y GISAID), datos de estructura química (por ejemplo, Conjunto de datos de compuestos candidatos antivirales CAS COVID-19), estudios clínicos (por ejemplo ClinicalTrials.org para estudios relacionados con COVID-19) y datos para modelado de investigación (por ejemplo, MIDAS). La Comisión Europea lanzó el Portal de datos COVID-19 en abril de 2020 para reunir conjuntamente datos relevantes para compartir y analizar en un esfuerzo por acelerar la investigación del coronavirus. Permite a los investigadores cargar, acceder y analizar datos de referencia relacionados con el COVID-19 y conjuntos de datos especializados como parte de la Plataforma de Datos Europea COVID-19 más amplia.³ La mayoría de los editores de revistas científicas han renunciado a los costos de acceso tradicionales relacionados con los artículos científicos sobre COVID-19 (OECD, 2020).

Como se destaca en el Capítulo 2, sigue habiendo una impresionante producción de artículos científicos sobre el COVID-19. El análisis de la OCDE de

los datos de PubMed muestra que Estados Unidos y China son los dos mayores contribuyentes a las publicaciones de COVID-19⁴ (ver Capítulo 1), y también son principales socio colaboradores uno del otro (Figura 5.1). Otras investigaciones confirman estos patrones. Por ejemplo, un análisis de (Fry *et al.*, 2020) de todos los artículos científicos sobre el coronavirus publicados desde el 1 de enero de 2018 hasta el 8 de abril de 2020 encontró que Estados Unidos y China aumentaron su colaboración a raíz del brote del COVID-19.

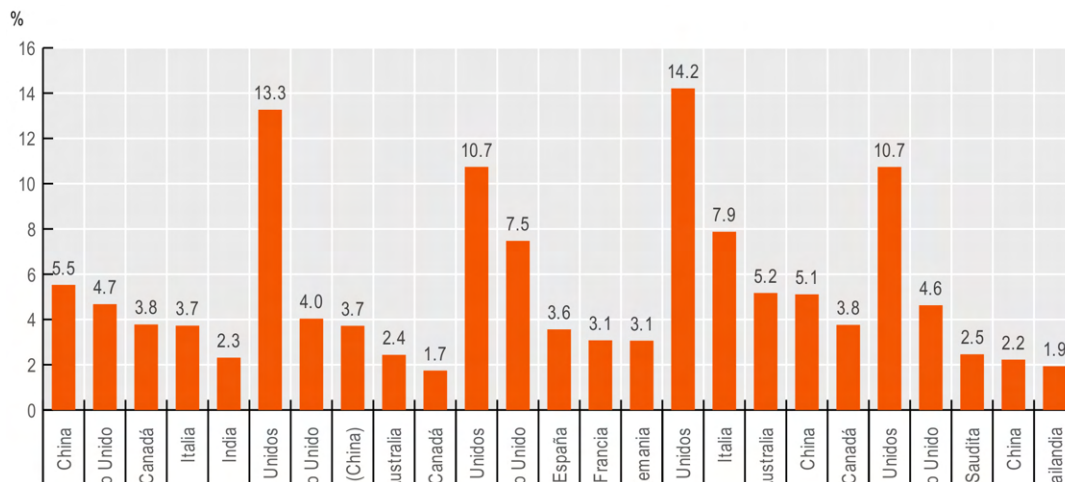


Figura 5.1: Participación de la colaboración científica internacional en la investigación médica del COVID-19 por economía asociada.

Las cinco principales economías, en términos de número total de documentos (recuentos fraccionarios), y sus cinco principales economías asociadas, del 1 de enero al 30 de noviembre de 2020.

Nota: El período abarca del 1 de enero al 30 de noviembre de 2020 e incluye 74,115 documentos. Estados Unidos fue coautor de 16,964 documentos. El 84 % de ellos fueron coautorías nacionales, mientras que el resto involucró colaboración internacional. El principal socio colaborador de Estados Unidos es China, y la colaboración entre Estados Unidos y China representa el 5.5 % de todas las publicaciones estadounidenses sobre investigación médica relacionada con COVID-19.

Fuente: Cálculos de la OCDE y OCTS-OEI, basados en datos de PubMed de los Institutos Nacionales de Salud de EUA (NIH), <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/> (consultado el 30 de noviembre de 2020).

StatLink 2 <https://doi.org/10.1787/888934223479>

Cuando se les pregunta en el Science Flash Survey 2020 en curso de la OCDE sobre sus experiencias y expectativas de colaboración en investigación durante la crisis pandémica, los científicos están más o menos divididos en cuanto a si han experimentado un aumento o una disminución en la colaboración (Figura 5.2, Panel A). Sin embargo, casi la mitad espera una mayor colaboración en la investigación y el intercambio de información científica después de la actual crisis

pandémica, mientras que menos del 10% espera una colaboración debilitada (Figura 5.2, Panel B).

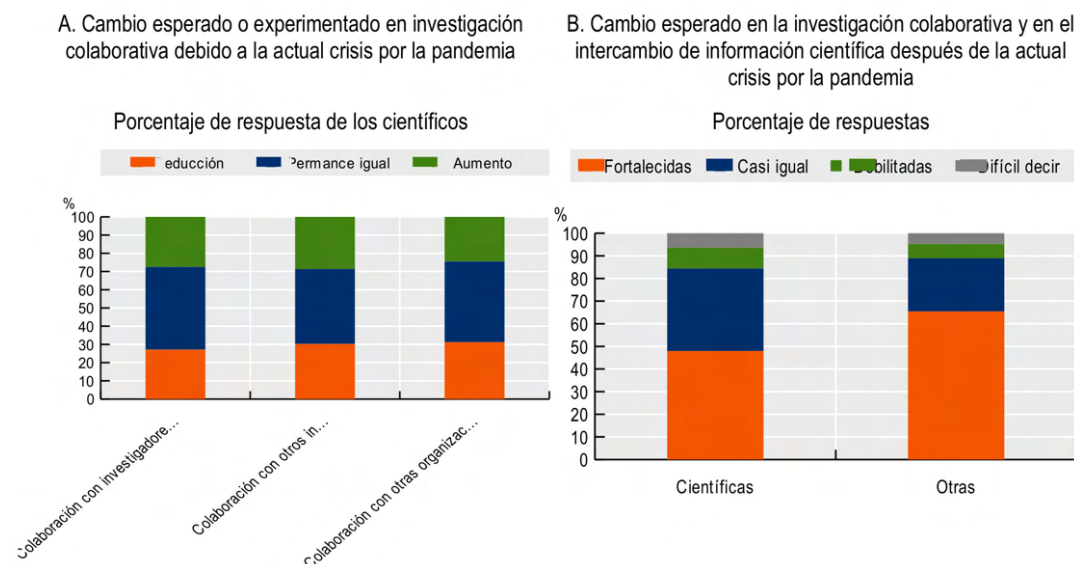


Figura 5.2: Experiencias y expectativas de los científicos sobre la colaboración en investigación durante la crisis.

Participación de la colaboración científica internacional en la investigación médica del COVID-19 por economía asociada.

Nota: Para el Panel A, se preguntó a los encuestados: “Como resultado de la crisis actual, ¿ha experimentado personalmente o espera experimentar un cambio en (i) la colaboración con investigadores de otras organizaciones en el mismo país; (ii) la colaboración con otros investigadores en el exterior; y (iii) la colaboración con otras organizaciones (excluidas las instituciones de investigación)?” En el Panel B, se preguntó a los encuestados: “¿Cómo espera que el mundo de la ciencia salga de la crisis actual, en términos de colaboración e intercambio de información científica?”

Fuente: OCDE Science Flash Survey 2020, <https://oecdsciencesurveys.github.io/2020flashsciencenecovid/> (consultado el 12 de octubre de 2020).

StatLink 2 <https://doi.org/10.1787/888934223498>

Las colaboraciones en la investigación clínica y los ensayos clínicos sobre el COVID-19 también han aumentado significativamente. Se han registrado cientos de ensayos clínicos desde principios de 2020, la mayoría de ellos para probar candidatos a fármacos, pero también a varios candidatos a vacunas. La Figura 5.3 muestra el número de estudios de COVID-19 registrados en el portal ClinicalTrials.gov de los NIH hasta el 8 de diciembre de 2020. Estados Unidos cuenta con la mayor cantidad de ensayos clínicos con diferencia, en particular de medicamentos. China ocupa el segundo lugar en los ensayos de vacunas. Según datos de BioMedTracker y Pharmaprojects, dos plataformas en línea que rastrean el desarrollo de medicamentos, Bryan, Lemus y Marshall (2020) encontraron

que el 40 % de las terapias con medicamentos para COVID-19 estaban siendo desarrolladas por equipos de empresas (significativamente más de 21 % para terapias contra el virus de la influenza H1N1, 9 % para Ébola y 11 % para Zika). También encontraron que alrededor de un tercio de estas colaboraciones son nuevas.

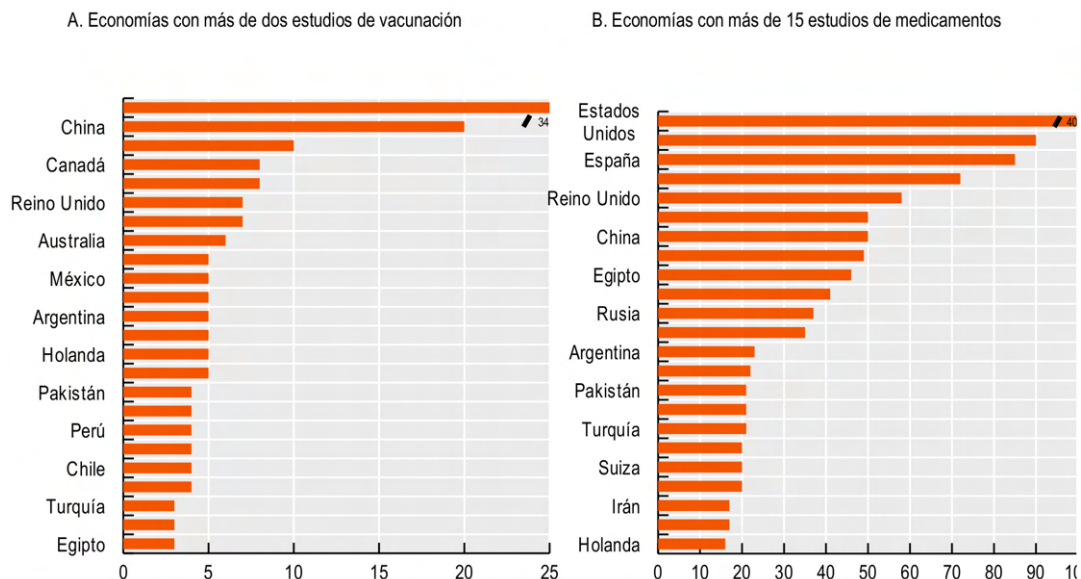


Figura 5.3: Estudios de medicamentos y vacunas para COVID-19 registrados por economía. Número de estudios de COVID-19, del 1 de enero al 8 de diciembre de 2020. Nota: Las tablas muestran la cantidad de estudios de COVID-19 registrados en ClinicalTrials.gov de los NIH. El Comité Internacional de Editores de Revistas Médicas requiere el registro del ensayo como condición para publicar los resultados de la investigación generados por un ensayo clínico. Los estudios registrados de múltiples economías se cuentan en cada economía. Tenga en cuenta que el número de estudios no es necesariamente indicativo de la amplitud o profundidad de los estudios realizados dentro de cada territorio. Irán significa República Islámica de Irán.

Fuente: Institutos Nacionales de Salud de los Estados Unidos, <https://clinicaltrials.gov>, (consultado el 8 de diciembre de 2020).

StatLink 2 <https://doi.org/10.1787/888934223517>

Las asociaciones público-privadas están en el corazón de las contramedidas de COVID-19

Las asociaciones público-privadas (que a menudo involucran a varias empresas) están desempeñando un papel central en la lucha contra el COVID-19. Por ejemplo, Estados Unidos había asignado, a través de su Operación Warp Speed

(OWS), más de 11 mil millones de dólares para octubre de 2020 entre más de 40 compañías para financiar el desarrollo de vacunas, diagnósticos, terapias y otras capacidades de implementación rápida. Paralelamente (y bajo el paraguas de la OWS), los NIH están financiando una asociación público-privada para priorizar y acelerar el desarrollo de los tratamientos y vacunas para COVID-19 más prometedores (Recuadro 5.1). Gran parte de la financiación de la OWS está destinada a hacer frente a las fallas del mercado asociadas con el desarrollo y la producción de vacunas. Muchos otros países han utilizado fundamentos similares para financiar la investigación de vacunas y terapias, aunque a menor escala. Por ejemplo, Alemania ha comprometido alrededor de 750 millones de euros para acelerar la I+D de vacunas a través de un programa especial dirigido a tres empresas para establecer sus proyectos de manera más amplia y progresar más rápidamente.⁵ A nivel multilateral, COVAX es otra asociación público-privada que ha estado desempeñando un papel crucial en el desarrollo de vacunas al mismo tiempo que ha prestado especial atención a las necesidades de los países de ingresos bajos y medianos (Recuadro 5.3).

Todas estas iniciativas tienen algunas características estratégicas en común. Además de I+D, invierten en capacidad de fabricación, compromisos de mercado avanzados y limitaciones de responsabilidad, lo que reduce las incertidumbres para que el sector privado se involucre. Además, para evitar retrasos entre la aprobación regulatoria y el despliegue de las vacunas, muchas de las actividades que suelen ocurrir después de la finalización de las etapas de I+D y autorización de comercialización se están ejecutando en paralelo, con el resultado de que la fabricación de algunas vacunas comenzó cuando aún estaban en funcionamiento los ensayos clínicos. Esta vía rápida está destinada a garantizar que haya una cantidad suficiente de dosis disponibles a nivel mundial (para fines de 2021) una vez que los reguladores otorguen su aprobación.

Recuadro 5.1. Asociaciones público-privadas de EUA para contramedidas del COVID-19

En general, debido a su escala y alcance, las inversiones estadounidenses en investigación básica y aplicada y en ensayos clínicos están proporcionando un gran impulso a los esfuerzos globales para desarrollar vacunas y terapias para el COVID-19.

Operación Warp Speed (OWS)

El objetivo de la OWS es producir y administrar 300 millones de dosis de vacunas seguras y efectivas, con dosis iniciales disponibles para enero de 2021, como parte de una estrategia más amplia para acelerar el desarrollo,

fabricación y distribución de vacunas, terapias y diagnósticos para COVID-19 (colectivamente conocidas como contramedidas). A principios de octubre de 2020, la OWS había invertido más de 11 mil millones de dólares en siete vacunas candidatas, con fondos provenientes del Congreso de los Estados Unidos, incluso a través de la Ley de Ayuda, Alivio y Seguridad Económica para el Coronavirus (Ley CARES). Para acelerar el desarrollo manteniendo los estándares de seguridad y eficacia, la OWS ha estado seleccionando las contramedidas candidatas más prometedoras y brindando apoyo gubernamental coordinado. Se están alineando los protocolos para demostrar la seguridad y la eficacia, lo que permite que los ensayos avancen más rápidamente. Los protocolos de los juicios son supervisados por el gobierno federal. En lugar de eliminar los pasos de los cronogramas de desarrollo tradicionales, estos se llevan a cabo simultáneamente, de modo que la fabricación de una vacuna prometedora a escala industrial puede comenzar mucho antes de la demostración completa de su eficacia y seguridad, lo que normalmente sería necesario. El gobierno federal está invirtiendo en la capacidad de fabricación necesaria bajo su propio riesgo, lo que da a las empresas la confianza de que pueden invertir agresivamente en el desarrollo y permite una distribución más rápida de una eventual vacuna. La capacidad de fabricación desarrollada se utilizará para cualquier vacuna que finalmente tenga éxito, independientemente de las empresas que hayan desarrollado la capacidad. La OWS es una asociación entre componentes del Departamento de Salud y Servicios Humanos que se relacionan con empresas privadas y otras agencias federales.

Institutos Nacionales de Salud para la Aceleración de intervenciones terapéuticas y vacunas para el COVID-19 (ACTIV por sus siglas en inglés)

Anunciada en abril de 2020, ACTIV es una asociación público-privada encabezada por los NIH para desarrollar una estrategia de investigación coordinada para priorizar y acelerar el desarrollo de los tratamientos y vacunas más prometedores. Actúa, por ejemplo, agilizando los ensayos clínicos, coordinando los procesos regulatorios y/o aprovechando los activos entre todos los socios para responder rápidamente al COVID-19. Coordinada por la Fundación para los Institutos Nacionales de Salud, ACTIV reúne a los NIH con sus agencias hermanas en el Departamento de Salud y Servicios Humanos, otras agencias gubernamentales, la OWS, la Agencia Europea de Medicamentos, representantes del mundo académico, organizaciones filantrópicas (incluyendo la Fundación Bill y Melinda Gates

y el Centro de Investigación del Cáncer Fred Hutchinson) y 20 empresas biofarmacéuticas.⁶

Fuentes: sitio web de la OWS: <https://www.hhs.gov/coronavirus/explaining-operation-warp-speed/index.html> (consultado el 16 de octubre de 2020); Sitio web de NIH ACTIV: <https://www.nih.gov/research-training/medical-research-initiatives/activ> (consultado el 16 de octubre de 2020).

Cooperación en materia de CTI que respalda soluciones oportunas y globalmente equitativas al COVID-19

Identificar y desarrollar pruebas, tratamientos y vacunas para COVID-19 adecuados y viables requiere de grandes inversiones con un alto nivel de riesgo. Esto significa que los países deben de invertir en forma conjunta a nivel mundial. En este sentido, la OMS está desempeñando un papel de convocatoria principal en la formulación de respuestas en materia de CTI al COVID-19 (ver Recuadro 5.2). Ha publicado una hoja de ruta de I+D para COVID-19 y es socio del influyente Acelerador del Acceso a las Herramientas contra el COVID-19 (Access to COVID-19 Tools - ACT), una colaboración global para acelerar el desarrollo, la producción y el acceso equitativo a las pruebas, tratamientos y vacunas del COVID-19 (véase el Recuadro 5.3).

Sobre la base de la filosofía de que ningún país puede vencer al COVID-19 por sí solo, el Acelerador ACT trabaja para dar forma al mercado de soluciones e incentivar a los fabricantes a invertir en el desarrollo y la fabricación de su suministro. El Acelerador ACT también ofrece a los gobiernos acceso a una cartera de soluciones que distribuyen el riesgo de fracaso de los candidatos a vacunas o tratamientos individuales, así como otras soluciones (en múltiples geografías y múltiples plataformas técnicas) en caso de que una de ellas no sea viable (WHO, 2020). El Acelerador ACT está organizado en cuatro pilares de trabajo, liderados por diferentes organizaciones. El más destacado es el pilar de las vacunas, conocido como COVAX (véase el Recuadro 5.3), que está dirigido por la Coalición para la Innovación en la Preparación ante Epidemias (Coalition for Epidemic Preparedness Innovation - CEPI) y la Alianza Global para Vacunas e Inmunizaciones (Global Alliance for Vaccines and Immunizations - GAVI). Como se describe en el Recuadro 5.2, la CEPI financia I+D y procesos de ampliación en una cartera diversa de vacunas candidatas COVID-19, mientras que la GAVI se centra en la adquisición y asignación de vacunas.

Recuadro 5.2. Organizaciones clave seleccionadas que apoyan la colaboración internacional en materia de CTI sobre el COVID-19

Organización Mundial de la Salud (OMS)

La OMS lidera la respuesta internacional a la pandemia del COVID-19. Ha publicado una hoja de ruta de I+D para COVID-19 y ha establecido el Acelerador ACT con la ayuda de la Colaboración de investigación global para la preparación para enfermedades infecciosas (Global Research Collaboration for Infectious Disease Preparedness - GloPID-R), una red internacional de organizaciones de financiamiento a la investigación. El Acelerador ACT reúne a gobiernos, sector privado, entidades filantrópicas y otras organizaciones internacionales para acelerar el desarrollo, la producción y el acceso equitativo a las pruebas, tratamientos y vacunas de COVID-19. La OMS también estableció el Solidarity Trial para facilitar la comparación mundial de tratamientos no probados para COVID-19. El Recuadro 5.3 proporciona más detalles sobre estas y otras iniciativas.

Coalición para la Innovación en la Preparación ante Epidemias (CEPI)

Establecida en 2017, la CEPI es una asociación global entre organizaciones públicas, privadas, filantrópicas y de la sociedad civil que tiene como objetivo acelerar el desarrollo de vacunas (basado en el Plan de I+D de la OMS sobre patógenos infecciosos emergentes) y permitir el acceso equitativo a estas vacunas para las poblaciones afectadas durante brotes. La CEPI adopta un enfoque de extremo a extremo, operando como financiador y facilitador. Se centra en el desarrollo, la concesión de licencias y la fabricación de vacunas, al tiempo que apoya los esfuerzos de descubrimiento y entrega de vacunas. Entre sus tareas, financia nuevas e innovadoras tecnologías de plataforma con el potencial de acelerar el desarrollo y la fabricación de vacunas contra patógenos previamente desconocidos, la llamada “Enfermedad X” del Plan de la OMS. Basado en el trabajo de tecnología de plataforma y la investigación financiada sobre el síndrome respiratorio de Oriente Medio (MERS), la CEPI pudo comenzar rápidamente a construir una cartera de I+D de vacunas para COVID-19 en enero de 2020. La CEPI ha estado ampliando su trabajo para el COVID-19 y actualmente está financiando I+D para nueve candidatos a vacunas diferentes con el objetivo de proporcionar hasta 2 mil millones de dosis de vacuna para fines de 2021.

Alianza Global para las Vacunas y la Inmunización (GAVI)

Creada en 2000, la GAVI es una organización internacional que reúne a los sectores público, privado y filantrópico con el objetivo común de crear igualdad de acceso a vacunas nuevas y subutilizadas para los niños que viven en los países más pobres del mundo. Para ello, crea mercados sólidos para las vacunas y otros productos de inmunización, lo que permite a los fabricantes planificar la producción en función de la demanda conocida y a los países de ingresos bajos y medios para comprar productos adecuados a precios asequibles. Con el apoyo de la CEPI y la OMS, la GAVI es responsable de administrar la instalación de COVAX, descrita en el Recuadro 5.3.

Colaboración de investigación global para la preparación para enfermedades infecciosas (GloPID-R)

GloPID-R es una red internacional de organizaciones de financiamiento a la investigación. Fue lanzada en 2013 por los jefes de organizaciones internacionales de investigación para facilitar, acelerar y profundizar la colaboración entre los financiadores de la investigación sobre enfermedades emergentes mediante la inversión para fortalecer la preparación mundial para la investigación entre las crisis y la movilización de recursos para responder rápida y eficazmente a los brotes importantes de enfermedades infecciosas. En el contexto del COVID-19, GloPID-R ha convocado grupos de trabajo sobre investigación prioritaria, junto con la Colaborativa de Investigación para el Desarrollo del Reino Unido. También ha creado una base de datos en línea de proyectos de investigación financiados en el mapa de la hoja de ruta de I+D de la OMS. La Comisión Europea financia la Secretaría GloPID-R, que se divide entre la Fundación Mérieux y la Universidad de Oxford.

Fuentes: sitio web de la OMS, <https://www.who.int/>; Sitio web de CEPI, <https://cepi.net/>; Sitio web de GAVI, <https://www.gavi.org/>; Sitio web de GloPID-R, <https://www.glopid-r.org/> (consultado el 16 de octubre de 2020).

Recuadro 5.3. Principales iniciativas colaborativas internacionales

Plan de I+D de la OMS

Tras el brote del Ébola en África occidental, la OMS elaboró en 2016 una estrategia global y un plan de preparación. Conocido como el Plan de I+D, el plan tiene como objetivo apoyar la activación rápida de las

actividades de I+D durante las epidemias⁷ y acelerar la disponibilidad de pruebas, vacunas y medicamentos eficaces. La OMS utiliza el Plan de I+D para convocar a una amplia coalición mundial de expertos con antecedentes médicos, científicos y regulatorios para trabajar en una enfermedad prioritaria determinada, lo que lleva a la creación de una hoja de ruta de I+D para esa enfermedad. La hoja de ruta de I+D se utiliza luego para orientar la respuesta a los brotes a través de acciones urgentes y el desarrollo de formas de mejorar la respuesta global para futuras epidemias. Como parte de la respuesta de la OMS al COVID-19, se activó el Plan de I+D para acelerar el diagnóstico, las vacunas y la terapéutica del nuevo virus. En colaboración con GloPID-R, en febrero de 2020 la OMS organizó un foro mundial sobre investigación e innovación para COVID-19 donde los expertos identificaron brechas de conocimiento clave y prioridades de investigación. La OMS publicó su Hoja de ruta de I+D resultante para COVID-19 en marzo de 2020, que describe las prioridades inmediatas, a mediano y largo plazo para construir una sólida respuesta de investigación global a la crisis.

Acelerador de acceso a las herramientas contra el COVID-19 (ACT) de la OMS

El Acelerador ACT es una colaboración global para acelerar el desarrollo, la producción y el acceso equitativo a los diagnósticos, tratamiento y vacunas de COVID-19. Lanzado en abril de 2020 y basándose en el compromiso asumido por los líderes del G20 en marzo de 2020 con la Respuesta Global al Coronavirus, el Acelerador ACT es un marco de colaboración, en lugar de un organismo de toma de decisiones o una nueva organización. Está organizado en cuatro pilares de trabajo: diagnóstico, tratamiento, vacunas y fortalecimiento del sistema de salud, dirigido por una variedad de organizaciones colaboradoras, incluida la Fundación Bill y Melinda Gates; CEPI; GAVI; el Fondo Mundial de Lucha contra el SIDA, la Tuberculosis y la Malaria; Unitaid; la Fundación para nuevos diagnósticos innovadores; el Wellcome Trust; el Banco Mundial; y la OMS. El Acelerador ACT tiene objetivos ambiciosos: su objetivo es proporcionar 245 millones de tratamientos y 500 millones de pruebas de diagnóstico a países de ingresos bajos y medianos en 2021, y 2 mil millones de dosis de vacunas al mundo para fines de 2021.

COVAX

COVAX es uno de los cuatro pilares del Acelerador ACT, dedicado a promover el trabajo en el desarrollo, la fabricación, la adquisición y la

entrega de vacunas a escala, así como la política y la asignación. COVAX permite inversiones arriesgadas en la capacidad de producción de varias vacunas candidatas para garantizar que las dosis puedan estar disponibles inmediatamente a gran escala tras la aprobación regulatoria. COVAX combina el poder y la experiencia de la función de I + D de CEPI en el “lado de empuje” con la función de adquisición y asignación de GAVI en el “lado de atracción”, por ejemplo, a través de COVAX AMC. Mediante la diversificación de la cartera, la puesta en común de recursos financieros y científicos y las economías de escala, los gobiernos y bloques participantes⁸ pueden cubrir el riesgo de respaldar a candidatos no seleccionados, al igual que los gobiernos con capacidad limitada o nula para financiar sus propias adquisiciones bilaterales pueden tener asegurado el acceso a vacunas salvadoras de vidas que de otro modo habrían estado fuera de su alcance.

Ensayo de solidaridad de la OMS

Solidarity es un ensayo clínico internacional lanzado por la OMS y organizaciones asociadas para ayudar a encontrar un tratamiento efectivo para COVID-19. Es uno de los ensayos aleatorizados internacionales más grandes para tratamientos con COVID-19, que inscribió a casi 12,000 pacientes en 500 sitios hospitalarios en más de 30 países. La inscripción de pacientes en un único ensayo aleatorizado ayuda a facilitar la comparación mundial de tratamientos no probados, superando el riesgo de que múltiples ensayos pequeños no generen la evidencia sólida necesaria para determinar la efectividad relativa de los tratamientos potenciales.

Fuentes: sitio web del proyecto de investigación y desarrollo de la OMS, <https://www.who.int/publications/m/item/a-coordinated-global-research-roadmap> (consultado el 25 de octubre de 2020); Sitio web de ACT-Accelerator, <https://www.who.int/initiatives/act-accelerator>; Sitio web de COVAX, <https://www.who.int/initiatives/act-accelerator/covax>; Sitio web del ensayo de solidaridad de la OMS, <https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/global-research-on-novel-coronavirus-2019-ncov/solidarity-clinical-trial-for-covid-19-treatments>. Todos consultados el 16 de octubre de 2020.

Los sistemas de salud deberán vacunar entre el 50 % y el 75 % de la población mundial para poner fin a la pandemia. Esto requiere desarrollar capacidad de fabricación y distribución, garantizar que una nueva vacuna sea asequible, decidir quién debe tener acceso primero y planificar campañas de vacunación

masivas a escala mundial. Las vacunas se han descrito como bienes públicos globales (GPG), pero este no será el caso inicialmente con las vacunas para COVID-19, ya que su suministro limitado significará que no son excluibles ni rivales (Bollyky and Bown, 2020). Varios países, así como la Unión Europea, han concluido acuerdos de compra anticipada con fabricantes de vacunas para COVID-19. A fines de 2020, se habían reservado más de 10 mil millones de dosis de vacunas para COVID-19, lo que representa la mayor parte de la capacidad de fabricación de las principales vacunas candidatas en 2021. Los países de altos ingresos compraron amplias carteras de productos al comienzo de la pandemia apostando en varios candidatos. Canadá, Estados Unidos, Reino Unido, Australia y la Unión Europea han pedido por adelantado más de cuatro dosis de vacunas para COVID-19 por persona. Los países con dosis excesivas podrían finalmente donarlas a COVAX (Mullard, 2020; Callaway, 2020).

Para evitar una situación en la que una pequeña cantidad de economías ricas aseguren el suministro global de vacunas solo para ellas, COVAX también ha firmado acuerdos de compra anticipada para asegurar la capacidad de fabricación y las dosis de vacunas incluso antes de que se autorice cualquier vacuna. COVAX tiene como objetivo el acceso asequible, justo y equitativo a vacunas para COVID-19 seguras y efectivas para todos. Actualmente participan más de 180 países y economías⁹, incluidas 92 economías de bajos ingresos que de otro modo no podrían pagar estas vacunas y recibirán el apoyo de un compromiso de mercado anticipado (AMC).¹⁰ Para obtener acceso a mil millones de dosis para las economías elegibles para compromiso de mercado anticipado, el compromiso de mercado anticipado COVAX de GAVI ha establecido una meta inicial de recaudación de fondos de 2 mil millones de dólares para fines de 2020 para reservar y acelerar la producción de dosis. Ya en octubre de 2020, GAVI había alcanzado los 1,800 millones de dólares estadounidenses en contribuciones y compromisos de donantes soberanos, sector privado y fuentes filantrópicas.¹¹ Se necesitarán al menos 5 mil millones de dólares más en 2021 para adquirir las dosis a medida que ingresen en la cartera.

COVAX también brinda protección directa a los países que ya tienen sus propios acuerdos bilaterales con los fabricantes de vacunas al aumentar sus posibilidades de obtener dosis de vacuna seguras y eficaces, dado que no todos los candidatos finalmente tendrán éxito. COVAX también ofrece protección indirecta al cubrir países de bajos ingresos que de otro modo no podrían pagar estas vacunas, reduciendo así las posibilidades de un resurgimiento de COVID-19 en sus territorios que podría extenderse rápidamente por todo el mundo (WHO, 2020). En consecuencia, la mayoría de los países de la OCDE ahora son miembros de COVAX.

Los roles esenciales de la preparación global para I+D

El desarrollo de candidatos a vacunas ha sido excepcionalmente rápido. Actualmente se están desarrollando cientos de vacunas en todo el mundo; tres habían anunciado los resultados de los ensayos clínicos de fase 3 a finales de noviembre de 2020; y uno ya había obtenido la aprobación reglamentaria en varias jurisdicciones a principios de diciembre y se estaba administrando a grupos vulnerables. Esta escala, combinada con el alcance de utilizar una variedad de plataformas tecnológicas diferentes, aumenta las posibilidades de éxito. Si bien la mayoría estaría de acuerdo en que el mundo estaba mal preparado para el COVID-19, a pesar de las repetidas advertencias de que una nueva pandemia era “una cuestión de ‘cuándo’, no de ‘sí’” (Global Preparedness Monitoring Board, 2019), ciertas medidas (tales como compromisos a largo plazo con la investigación básica, así como diversas innovaciones tecnológicas e institucionales a nivel mundial) se habían adoptado, para mejorar la preparación mundial para la I+D, y parecen haber dado sus frutos en cierta medida.

El plan de I+D de la OMS fue una piedra angular importante (Recuadro 5.3), ya que priorizó, aceleró y coordinó la I+D relacionada con productos para enfermedades de riesgo epidémico sin tratamientos existentes. Las enfermedades cubiertas incluyeron la llamada “Enfermedad X”, causada por un patógeno hipotético que aún no se sabe que infecta a los humanos. CEPI proporcionó fondos para I+D para los patógenos enumerados en la lista de proyectos de I+D de la OMS, incluida una convocatoria de propuestas para el desarrollo de tecnologías de plataforma capaces de acelerar algunas etapas del desarrollo clínico y permitir el desarrollo avanzado de múltiples vacunas candidatas al mismo tiempo. Dichas tecnologías también pueden extenderse a la fabricación, lo que permite avanzar en el establecimiento de instalaciones de producción incluso antes de que se decidan los objetivos de las próximas vacunas (véase el Capítulo 7). Los enfoques de tecnología de plataforma incluyen vacunas de ADN y ARN mensajero, adyuvantes, anticuerpos monoclonales y antivirales de amplio espectro (Hall, Jamieson and Wardle, 2019; van Riel and de Wit, 2020).

Su trabajo en tecnologías de plataforma permitió a la CEPI responder muy rápidamente al brote a fines de enero de 2020. Dentro de las dos semanas posteriores a la publicación de la secuencia SARS-CoV-2, pudo aprovechar y apoyar a varios de sus socios de investigación para comenzar el desarrollo de vacunas contra el virus (WHO, 2020). La existencia de socios de desarrollo de vacunas para MERS, combinada con fondos disponibles y experiencia establecida, permitió el rápido despliegue del desarrollo de vacunas para COVID-19, utilizando un paradigma acelerado para llevar a cabo actividades de desarrollo y ampliación en paralelo. Los principales grupos de investigación y las agencias de financiamiento a la investigación ya habían cambiado sus estrategias de desarrollo de

vacunas para invertir en nuevas plataformas de vacunas para familias de virus particulares, lo que también ayudó considerablemente (Keusch and Lurie, 2020). Con la aprobación en curso de una primera generación de vacunas, la CEPI está estableciendo la “Cartera de la Ola 2” de candidatos a vacunas para COVID-19, que tiene como objetivo optimizar las vacunas que están disponibles a largo plazo.¹²

La CEPI es un ejemplo de una “plataforma colaborativa”, una forma emergente de asociación multisectorial en la que los participantes codesarrollan nuevas tecnologías y procesos con un potencial significativo para promover la salud y sociedades más resilientes (OECD, forthcoming). Las plataformas colaborativas son espacios de convergencia que reúnen a una gran diversidad de partes interesadas, disciplinas, tecnologías y culturas. En el área de la salud, pueden optimizar el acceso y el uso de la información generada en la investigación, los entornos clínicos y los mercados en beneficio de la atención al paciente. Ofrecen oportunidades para la experimentación en innovación en salud y la investigación de eliminación de riesgos sobre tecnologías emergentes, desafíos de salud complejos (por ejemplo, demencia, resistencia a los antibióticos y pandemias) y productos con mercados limitados y retornos de inversión potencialmente bajos. La puesta en común de recursos, competencias y habilidades complementarias permite la comunicación entre sectores, gestiona los riesgos, ofrece acceso a la infraestructura e impulsa la traducción de tecnología. Además de la CEPI, varias otras plataformas colaborativas de atención médica están totalmente comprometidas a garantizar un acceso equitativo a los datos y productos de investigación relacionados con el COVID-19. Estos incluyen la Iniciativa Europea Conjunta de Disrupción (Joint European Disruption Initiative - JEDI) Billion Molecules against COVID-19 Grand Challenge, y el Fondo de Inversión en Investigación para la Tecnología de la Salud Global (The RIGHT Fund).

El impulso creado por la pandemia ofrece oportunidades para establecer mecanismos globales efectivos y sostenibles que respalden la gama y el alcance de la I+D necesarios para hacer frente a una gama más amplia de posibles emergencias sanitarias (Global Preparedness Monitoring Board, 2020). Por ejemplo, el Acelerador ACT y COVAX representan importantes innovaciones. Indican que con un liderazgo global eficaz, es posible apoyar los compromisos del mercado, las adquisiciones y la asignación global justa de vacunas (Keusch and Lurie, 2020). También han promovido el avance tecnológico de las herramientas en las que han invertido (WHO, 2020). Las respuestas de colaboración al COVID-19 también han visto el surgimiento de una serie de nuevos acuerdos de derechos de propiedad intelectual (DPI) para apoyar el acceso a los medicamentos, posiblemente sentando las bases para nuevas modalidades de I+D sobre bienes públicos globales en el futuro.

La crisis también ha puesto de manifiesto varias deficiencias que deben abordarse para que la colaboración en materia de CTI desempeñe plenamente su papel en el desarrollo de la resiliencia y abordar las crisis futuras y los grandes desafíos.

- A pesar de su sólido desempeño, la CEPI se formó para hacer frente a epidemias regionales y carece de fondos suficientes para una respuesta a una pandemia mundial. Su financiación proviene de una combinación de financiación de I+D y asistencia tradicional para el desarrollo que se basa en un pequeño número de países generosos y fundaciones privadas. Hay llamamientos para ampliar la base de financiamiento de la CEPI, aprovechando los presupuestos de seguridad sanitaria nacionales y regionales que aún no se han establecido. Esto permitiría a la CEPI convertirse en un actor principal en el contexto de la seguridad sanitaria mundial (Global Preparedness Monitoring Board, 2020). Opciones como estas deberán discutirse más ampliamente en el contexto más amplio de las lecciones aprendidas de la pandemia actual.
- GloPID-R se creó teniendo en cuenta la coordinación de la investigación y los financiadores. Sin embargo, debido a que no había un fondo común de financiamiento al cual recurrir y las limitaciones del país con respecto a la velocidad no se anticiparon completamente desde el principio, no ha podido moverse con la rapidez necesaria para responder a la pandemia (Keusch and Lurie, 2020).
- Si bien se ha prestado mucha atención a las vacunas de COVID-19, la mejora de la preparación en materia de I+D para la terapéutica puede requerir un mecanismo similar a la CEPI y las vacunas. Además, a pesar de la necesidad obvia, se ha producido poca innovación en los últimos cinco años en plataformas y tecnologías novedosas para pruebas de diagnóstico (Hall, Jamieson and Wardle, 2019; Keusch and Lurie, 2020).
- La activación rápida es un “costo de preparación”. Este enfoque fue adoptado por la CEPI como parte de sus esfuerzos de preparación con respecto al desarrollo de vacunas. La extensión de este enfoque al diagnóstico y la terapéutica requeriría que los gobiernos de todo el mundo reconsideren el concepto de presupuestos de seguridad sanitaria e inviertan en la infraestructura necesaria. Un enfoque es que los donantes globales acuerden un presupuesto anual razonable y “sin remordimientos” que respalde la preparación, y aseguren que esos recursos estén siempre disponibles y puedan liberarse rápidamente (Keusch and Lurie, 2020).

- La investigación inicial sobre COVID-19 estuvo plagada de demasiada experimentación descoordinada y una falta de adherencia a estándares compartidos sobre investigación preclínica, lo que impidió la generación de evidencia sólida para respaldar el conocimiento médico (OECD, 2020). Con tanto desarrollo sucediendo en paralelo, la organización de ensayos clínicos ha sido un desafío. El ensayo de solidaridad de la OMS (Recuadro 5.3) representa un esfuerzo novedoso y de creación de capacidad potencial en ensayos clínicos, que podría reproducirse (Keusch and Lurie, 2020). La recomendación de la OCDE sobre la gobernanza de los ensayos clínicos (OECD, 2012) también es relevante aquí, ya que la persistente falta de armonización entre las regulaciones nacionales ralentiza la implementación de ensayos clínicos internacionales (OECD, 2020).

Estas son algunas de las primeras observaciones sobre los éxitos y las deficiencias de la respuesta internacional en materia de CTI al COVID-19. Con el tiempo, a medida que los países pasen de la respuesta a la recuperación, se necesitará un análisis y una evaluación más completos para extraer lecciones que deberían resultar invaluable para informar la colaboración en materia de CTI para otros “grandes desafíos”, como se analiza a continuación.

5.3 MÁS ALLÁ DEL COVID-19, SE NECESITA LA COLABORACIÓN INTERNACIONAL EN MATERIA DE CTI PARA ENFRENTAR LOS DESAFÍOS GLOBALES

Bienes públicos globales y desafíos globales

Existe un sentido de urgencia por orientar las actividades de cooperación internacional en materia de CTI hacia los “desafíos globales”, definidos en términos generales como problemas persistentes, complejos y de gran escala que enfrenta la humanidad. Tales desafíos requieren recursos cooperativos, porque ningún país puede resolverlos por sí solo (OECD, 2012). Un rasgo común que ha caracterizado la respuesta colectiva al COVID-19, a través de organizaciones y plataformas como la GAVI y la CEPI, es la noción de que ciertos desafíos globales no son simplemente desafíos que requieren cooperación internacional, sino que la naturaleza misma del desafío global representa el suministro insuficiente de un bien público global (GPG). Un GPG es un bien donde “es racional, desde la perspectiva de un grupo de naciones colectivamente, producir para el consumo universal, y para el cual es irracional excluir a una nación individual del consumo, independientemente de si esa nación contribuye a su financiamiento” (Woodward and Smith, 2003). Otra definición es que los GPG son bienes públicos que “no

pueden o no serán abordados adecuadamente por países individuales actuando solos y que se definen a través de un amplio consenso internacional o un proceso legítimo de toma de decisiones” (ITFGPG, 2006; Miedzinski *et al.*, 2020). Los GPG comparten ciertas propiedades con bienes públicos, es decir, su no exclusión y no rivalidad. No exclusión significa que una vez que se proporciona, el bien público está disponible para que todos lo consuman; la no rivalidad significa que el consumo del bien público por una de las partes no reduce la cantidad disponible para las demás.¹³ Un ejemplo práctico de un GPG es el control de las emisiones de gases de efecto invernadero o una vacuna contra una enfermedad altamente transmisible que protege a las poblaciones humanas en más de un país. Por supuesto, las vacunas no son intrínsecamente no excluibles porque son producidas por empresas privadas que pueden limitar su accesibilidad universal a través del mecanismo de precios, pero las intervenciones de política en forma de compras gubernamentales y distribución a través de los sistemas públicos de salud, por ejemplo, pueden convertirlas en menos o nada excluibles. Debido a sus recursos económicos limitados, los países en desarrollo están especialmente expuestos a los desafíos globales y al suministro insuficiente de GPG, por lo que el apoyo de la comunidad internacional es esencial.

Los desafíos globales son heterogéneos. Algunos se derivan de problemas de bienes públicos a escala mundial, mientras que otros se derivan de desafíos mundiales a escala nacional o bilateral/regional (por ejemplo, contaminación generada y concentrada en regiones transfronterizas). Si bien no todos los desafíos globales son problemas de bienes públicos, muy poca colaboración multilateral gira en torno a la producción de bienes públicos. Por el contrario, los responsables de la formulación de políticas emprenden una colaboración en la que pueden identificar beneficios directos (y preferiblemente cuantificables), en forma de incrementos en el PIB, el empleo o las exportaciones (Smith, 2017). El desafío para los países es cómo equilibrar sus prioridades y objetivos nacionales de CTI (por ejemplo, competitividad y excelencia en la investigación) con la necesidad de una acción colectiva coordinada a nivel internacional para abordar los desafíos globales, incluidos los problemas de BPG.

La comunidad internacional de políticas de CTI debe fomentar un modo de CTI más colaborativo, en el que los objetivos y misiones compartidos respalden las acciones de CTI individuales y colectivas. Sin embargo, movilizar la colaboración internacional en CTI para abordar los GPG y los desafíos globales enfrenta varios obstáculos, el más notable es que la acción colectiva para la provisión del bien adolece de un problema económico común a la provisión de bienes públicos; es decir, su suministro insuficiente por los mercados. Mientras que los gobiernos pueden proporcionar un bien público nacional a través de impuestos, no existe un gobierno global que pueda movilizar los ingresos fiscales globales

para proporcionar dichos bienes directamente o mediante adquisiciones públicas. Los desafíos adicionales incluyen:

- diferentes focos de investigación nacionales y alineación limitada entre las prioridades de CTI nacionales y mundiales;
- falta de voluntad de los países individuales para pagar los costos de la acción (“tragedia de los comunes”);
- falta de conocimiento de las diferentes capacidades nacionales, especialmente en los países en desarrollo;
- falta de confianza y de regímenes legales, incluida la protección adecuada de los derechos de propiedad intelectual, especialmente en las economías menos desarrolladas;
- escasa capacidad gubernamental y empresarial en algunos países, incluido el escaso número de investigadores y la falta de la infraestructura de investigación necesaria para permitir la cooperación internacional;
- problemas importantes para satisfacer la escala necesaria de inversión e incertidumbre tecnológica que requieren múltiples rutas de búsqueda;
- acuerdos de gobernanza para coordinar y gestionar múltiples actores, necesarios no solo para promover la CTI necesaria, sino también para implementar sistemas que brinden soluciones tecnológicas; y
- desafíos de implementación, incluida la falta de organizaciones de interfaz adecuadas, como centros de extensión tecnológica u organizaciones comunitarias que puedan aplicar soluciones al contexto local.

Para agravar los efectos de estos obstáculos, la cooperación internacional en investigación sigue estando dominada por colaboraciones cuyo objetivo principal es avanzar en la frontera del conocimiento o compartir los costos de la infraestructura de investigación internacional y, en mucho menor grado, desarrollar soluciones a los problemas sociales. Además, la dirección de la cooperación internacional en investigación sigue siendo impulsada principalmente por las prioridades “ascendentes” de los investigadores individuales y las organizaciones que realizan investigaciones, incluso si se inician varias colaboraciones sobre el cambio climático, la salud mundial, las energías renovables o la agricultura sostenible a través de procesos “de arriba hacia abajo”.

En este sentido, se puede considerar que el paradigma actual de cooperación internacional en ciencia se centra en: (i) elevar la calidad de los sistemas públicos nacionales de investigación; (ii) compartir costos mediante la colaboración

científica en investigación básica; (iii) promover la movilidad internacional de investigadores en beneficio (mutuo) de múltiples socios; y (iv) internacionalización de la investigación pública. Este paradigma ha tenido éxito en el avance del conocimiento entre países con la capacidad de participar en la colaboración en materia de investigación, es decir, principalmente países de la OCDE; Brasil, Rusia, India y China; y algunas economías emergentes. Con algunas excepciones notables en Asia oriental, ha tenido menos éxito a la hora de ayudar a los países en desarrollo a movilizar la CTI para su propio desarrollo. En cambio, estos países han dependido de la asistencia oficial para el desarrollo (AOD) relacionada con la CTI y la financiación de los bancos multilaterales de desarrollo; importaciones de tecnología extranjera e inversión extranjera directa; y, para los países de ingresos medios, sus propias inversiones en educación y ciencia. La distribución de costos bajo este paradigma se caracteriza generalmente por el control nacional sobre el financiamiento: cada país financia su parte de la colaboración internacional en lugar de crear un “fondo común” de financiamiento (con la excepción de los programas Marco y Horizonte de la Unión Europea). La respuesta al COVID-19 por parte de los financiadores de la investigación se ha centrado de manera similar principalmente a nivel nacional, aunque también se ha caracterizado por la coordinación entre las agencias nacionales de financiamiento de la investigación, por ejemplo, a través de GloPID-R (ver Recuadro 5.2).

Hacia un nuevo paradigma de colaboración internacional en materia de CTI

Un enfoque en los GPG y los desafíos globales requiere un nuevo paradigma para la cooperación internacional en materia de CTI que vaya más allá de compartir costos y expandir el conocimiento fundamental a través de la cooperación en investigación básica o proyectos de megaciencia. La inmediatez y urgencia de la pandemia actual ha hecho patente la necesidad de un nuevo paradigma de cooperación internacional en materia de CTI. Este nuevo paradigma requerirá nuevos mecanismos de financiamiento y gobernanza que reúnan a los actores empresariales y financieros privados con los bancos de desarrollo multilaterales y nacionales. Estos incluyen políticas tributarias y regulatorias que permitirán que el sistema de investigación internacional incentive y recompense a las empresas e instituciones financieras para que inviertan en soluciones para los GPG. El nuevo paradigma también requerirá capacidades institucionales específicas para las asociaciones de múltiples partes interesadas para negociar, orquestar y financiar programas de CTI impulsados por desafíos globales. Estos nuevos arreglos deberán manejar las crecientes tensiones entre la necesidad de una

mayor cooperación global y la naturaleza cada vez más interna de las políticas nacionales, que protegen más la CTI como fuente de seguridad e independencia nacionales. Estos y otros desafíos se analizan con más detalle a continuación.

La cooperación internacional en materia de CTI está fragmentada

Las agencias de financiación de la investigación tienen una gran experiencia en la financiación de proyectos de colaboración internacional que promueven la excelencia en la investigación en disciplinas y áreas específicas, pero están menos preparadas para financiar y organizar la colaboración para abordar grandes desafíos, especialmente aquellos que involucran a países en desarrollo. Algunos desafíos prácticos muy reales impiden la colaboración internacional, como visas y permisos de trabajo para investigadores, o esquemas de subvenciones puramente nacionales que no permiten financiar proyectos internacionales. Muchas colaboraciones orientadas a la investigación no están coordinadas a escala mundial, muchas de las sinergias potenciales de compartir costos o información se pierden y existe el riesgo de duplicar los esfuerzos de investigación e innovación. También faltan datos sobre proyectos cooperativos internacionales de I+D en torno a los desafíos globales y los ODS y, sin embargo, esos datos mejorarían enormemente la capacidad de los responsables de la toma de decisiones para monitorear y evaluar estas actividades y priorizar las experiencias exitosas. Para reducir esta fragmentación de los esfuerzos internacionales, es fundamental la coordinación de las agendas públicas nacionales de investigación orientadas a los desafíos globales.

Los elementos institucionales del nuevo paradigma destinados a construir GPG y abordar los desafíos globales a través de la colaboración internacional en materia de CTI ya están en su lugar, pero deben consolidarse y reforzarse. Algunas de estas configuraciones institucionales pueden basarse en organizaciones existentes, como el Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (International Development Research Centre - IDRC) de Canadá, cuyo Programa de Tecnología e Innovación aprovecha la ciencia y las tecnologías avanzadas, incluidas las innovaciones digitales para generar capital humano para apoyar el crecimiento inclusivo en los países en desarrollo. También será necesario crear nuevas asociaciones, como el Newton Fund del Reino Unido, que se creó en 2014 para financiar colaboraciones sobre desafíos mundiales entre académicos e innovadores en el Reino Unido y los países en desarrollo.

Ya existen varios ejemplos de colaboración internacional centrados en la movilización de la CTI para los desafíos globales. Van desde organizaciones internacionales basadas en mandatos (por ejemplo, el Grupo Consultivo para la Investigación Agrícola Internacional, la Agencia Internacional de Energía y la

Innovación de la Misión, y el Centro de Conocimiento Global para la Investigación y Desarrollo de la Resistencia a los Antimicrobianos) hasta asociaciones iniciadas por gobiernos y organizaciones filantrópicas como la CEPI (ver Recuadro 5.2). Una característica de estas nuevas asociaciones es la participación de una gama más amplia de partes interesadas, incluidas empresas, grupos de la sociedad civil y, en particular, organizaciones filantrópicas privadas.

Financiamiento internacional de GPG: el caso del financiamiento combinado en materia de CTI

Abordar y cumplir con los desafíos globales, incluidos los GPG, requerirá recursos financieros que superen los presupuestos de la mayoría de los países para recursos públicos nacionales. Se han realizado muchas estimaciones de las inversiones necesarias para alcanzar los ODS para 2030. Una estimación apunta a una necesidad general de una inversión anual de 7 billones de dólares hasta 2030, lo que representa del 7 al 10 % del producto interno bruto mundial y del 25 al 40 % de la inversión global anual. En comparación, solo se invierten 1.4 billones de dólares anualmente para cumplir con los ODS, lo que deja una gran brecha de inversión. Solo para los países en desarrollo, la brecha de inversión se ha estimado en alrededor de 2.5 billones de dólares por año (Remøe and Cervantes, forthcoming). Cerrar esta brecha requerirá movilizar recursos financieros de las arcas públicas y del sector privado, incluidos los bancos de inversión, las fuentes filantrópicas y las instituciones multilaterales.

Por lo tanto, muchos gobiernos buscan combinar recursos financieros públicos con financiamiento privado. La “financiación combinada”, en el espacio de los ODS y la Agenda 2030, se ha definido como el uso estratégico de la financiación del desarrollo para la movilización de financiación adicional hacia los ODS para y en los países en desarrollo. La financiación combinada también se ha descrito como financiación híbrida o como una combinación de financiación comercial y concesional proporcionada por socios de desarrollo públicos o filantrópicos, junto con socios privados. Se puede estructurar en varios formatos que combinen subvenciones, deuda, capital o garantías (seguros) de fuentes públicas/filantrópicas y privadas. El concepto también está vinculado al concepto más general de inversiones de impacto social.

Una idea principal de la financiación combinada en materia de CTI es la movilización de capital que de otro modo no estaría comprometido con proyectos relacionados con el desarrollo, incluido el desarrollo de tecnología para crear soluciones que sean relevantes para los ODS. Mediante la combinación de financiación, el capital comercial puede moverse en beneficio de la sociedad y, al mismo tiempo, proporcionar rendimientos razonables a los inversores. Por

lo tanto, se necesitan marcos que eliminen los desincentivos y los cuellos de botella que impidan que los inversores privados se dirijan a países, sectores o áreas tecnológicas para obtener fondos adicionales (Figura 5.4).

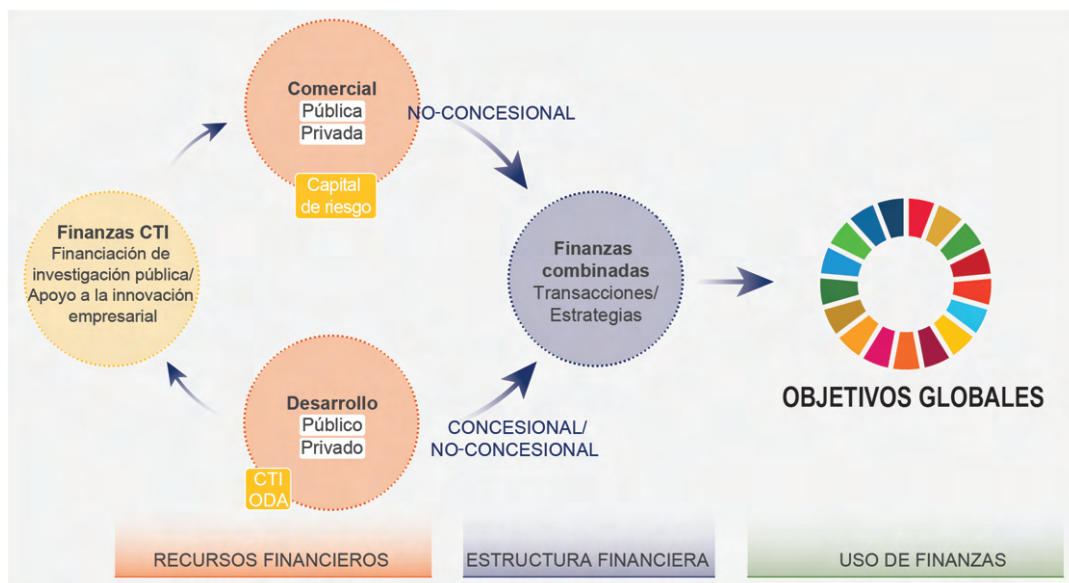


Figura 5.4: Ampliación del marco de la OCDE para el “financiamiento combinado” al financiamiento de la CTI.

Fuente: Adaptado de OCDE Tri Hita Karana Forum on Blended Finance, <http://www.thkforum.org> (consultado el 15 de octubre de 2020).

Un ejemplo de tal marco es el Programa de Acceso Universal a Energía Verde (Universal Green Energy Access Programme - UGEAP) de Deutsche Bank, que generalmente se involucra cuando los actores públicos brindan un mecanismo de “primera pérdida” que amortigua la inversión privada. El UGEAP, por ejemplo, está activo en países africanos, donde contribuye al acceso universal a la electricidad. Otro ejemplo es la reciente iniciativa del Fondo contra la Malaria del Banco Europeo de Inversiones para desarrollar una cura.

Muchos esquemas de financiamiento para el desarrollo utilizan estos conceptos para financiar tecnologías verdes, tecnologías agrícolas y tecnologías de la salud cuando un modelo de financiamiento exclusivamente privado no funciona debido a fallas del mercado. Sin embargo, parece que se han establecido menos esquemas (hasta ahora) para financiar innovaciones tecnológicas de mayor riesgo que requieren una cartera de proyectos. La combinación de fuentes de financiación públicas y privadas no es nueva en CTI, y los planes de reducción de riesgos para socios privados suelen incluir subvenciones o subsidios. En última instancia, la financiación combinada implica un reparto equitativo del riesgo a través de posiciones conjuntas con respecto al rendimiento de las inversiones, y los

perfiles de riesgo y las posiciones pueden diseñarse de forma diferencial según las especificidades del proyecto (Remøe, 2020).

Desarrollos geopolíticos y su impacto en la cooperación internacional en materia de CTI

Si bien el COVID-19 ha generado más llamamientos a la cooperación internacional, también ha llevado a los países a reevaluar su dependencia de las cadenas de valor mundiales, especialmente en el caso de bienes esenciales, y a considerar acciones nacionales para fortalecer el acceso de sus ciudadanos a tecnologías, bienes y servicios críticos. Este objetivo puede aparecer en contraste con el paradigma de BPG para la cooperación internacional, donde las inversiones públicas transfronterizas en I+D son una forma de invertir en la seguridad nacional y el desarrollo económico y tecnológico de un país.

De hecho, los esfuerzos para movilizar financiamiento nacional para proyectos relacionados con desafíos globales pueden crear tensiones entre el diseño de programas en beneficio de los contribuyentes nacionales y las realidades de la interdependencia económica y tecnológica internacional. Los responsables de la formulación de políticas se enfrentan a fuertes (y comprensibles) presiones para garantizar que las universidades o empresas extranjeras no se aprovechen de la inversión pública en I+D, con preocupaciones expresadas sobre los subsidios, las medidas de inversión relacionadas con el comercio y los derechos de propiedad intelectual, por nombrar solo algunos (ver Capítulo 4).

Sin embargo, la respuesta a estas presiones suele consistir en mayores restricciones a la cooperación científica y tecnológica internacional, la movilidad internacional de investigadores y las exportaciones de tecnología. Tales medidas pueden ser contraproducentes, especialmente si otros países pueden proporcionar tecnología, así como oportunidades de educación superior e investigación para estudiantes extranjeros. Además, las empresas extranjeras pueden trasladar fácilmente la producción a países de menor costo para evitar los aranceles comerciales y siempre pueden adquirir empresas en los mercados extranjeros para diversificar su producción.

Para equilibrar los beneficios y los riesgos de la cooperación internacional, los gobiernos deberán renovar las reglas internacionales para el intercambio de tecnología y la cooperación internacional en materia de CTI, lo que les permitirá reconstruir la confianza y encontrar valores comunes y compartidos. Una de esas reglas involucra las nociones de beneficio mutuo y reciprocidad que han guiado durante mucho tiempo las relaciones internacionales. El beneficio mutuo y la reciprocidad se manifiestan de manera diferente en la colaboración en investigación y en la colaboración en innovación más cercana al mercado. Las

preocupaciones e incluso las fricciones entre países sobre el “acceso recíproco” a los sistemas de innovación de los demás han ido en aumento, incluido el acceso a la infraestructura de investigación blanda y dura (por ejemplo, personal calificado, sistemas de ciencia y datos abiertos), así como a los mercados de tecnología.

La integridad científica y la libertad académica en la cooperación científica internacional es otro tema, que normalmente ha sido del dominio de las academias científicas y universidades. Los gobiernos buscan cada vez más promover una comprensión común de estos valores como una forma no solo de garantizar la igualdad de condiciones para la cooperación, sino también de limitar los riesgos para la cooperación científica, como el fraude o el robo de propiedad intelectual o datos de investigación.

Por supuesto, las políticas públicas son solo un elemento de los “sistemas nacionales de innovación” de los países de la OCDE. El desempeño de estos sistemas en las economías más avanzadas depende de las acciones y decisiones de las empresas comerciales. Por ejemplo, las nuevas políticas que permiten un mayor escrutinio de las fusiones y adquisiciones para proteger los intereses nacionales han llevado a controles más estrictos sobre la inversión extranjera en “sectores estratégicos”. Las preocupaciones sobre el acceso de las empresas de un país a la base tecnológica de otro país pueden estar bien fundamentadas, pero es probable que su resolución sea lenta porque las empresas operan a nivel mundial.¹⁴

El papel de las organizaciones internacionales

Las organizaciones internacionales tienen un papel que desempeñar para ayudar a vincular las estrategias de inversión nacionales con los desafíos mundiales. En el contexto del COVID-19, la OMS continúa liderando la respuesta internacional a la crisis de salud inmediata (ver Recuadro 5.2), por ejemplo, a través del Acelerador ACT (ver Recuadro 5.3). Como parte de la respuesta estratégica de la OCDE a la pandemia del COVID-19,¹⁵ el Comité de Política Científica y Tecnológica (Committee for Scientific and Technological Policy - CSTP) ha creado una plataforma de políticas, el STIP COVID-19 Watch, para monitorear y recopilar información sobre las respuestas de los países a la crisis del COVID-19 en torno a un conjunto básico de cuestiones, incluidos los acuerdos de asesoramiento científico, la promoción de la colaboración en I+D y el contenido de CTI de los paquetes de estímulo económico (OECD, 2020).

La UE también ha estado activa en el frente de las políticas de CTI a través de su Plan de Acción ERAvsCorona (European Commission, 2020) lanzado en abril de 2020 que establece medidas clave para coordinar, compartir y aumentar

conjuntamente el apoyo a la investigación y la innovación para abordar el COVID-19, en línea con los objetivos y herramientas del Espacio Europeo de Investigación. Las Naciones Unidas también han movilizado a sus agencias para contribuir a la hoja de ruta de investigación de las Naciones Unidas para la recuperación del COVID-19.¹⁶ La Hoja de Ruta articula cinco prioridades de investigación para cada uno de los cinco pilares identificados en el Marco de las Naciones Unidas para la Respuesta Socioeconómica Inmediata al COVID-19. La hoja de ruta de las Naciones Unidas tiene como objetivo guiar los esfuerzos de investigación globales, minimizar las brechas y la duplicación de la investigación, y fomentar las asociaciones para acelerar el progreso hacia los ODS. La iniciativa de la ONU sobre hojas de ruta de CTI para los ODS es otro ejemplo de un ejercicio de políticas que tiene como objetivo ayudar a los Estados miembros a involucrar a múltiples partes interesadas, incluidas las agencias de ayuda al desarrollo, las secretarías de economía y las secretarías de CTI, para alinear las inversiones y las políticas para dirigir y ampliar el apoyo a los ODS (Recuadro 5.3).

Recuadro 5.4. Hojas de ruta de CTI para los ODS como herramienta de apoyo a la cooperación internacional en materia de CTI en los desafíos globales

Como parte del Mecanismo de Facilitación de la Tecnología (Technology Facilitation Mechanism - TFM), el Equipo de Trabajo Interinstitucional de las Naciones Unidas (Inter-agency Task Team - IATT) ha estado trabajando para desarrollar hojas de ruta de CTI para los ODS como una herramienta para fortalecer la cooperación internacional en los desafíos globales. Las hojas de ruta de CTI para los ODS pueden ayudar a alinear las agendas políticas nacionales de CTI con los ODS, y desarrollar nuevos instrumentos y asociaciones para la cooperación internacional en materia de CTI sobre los desafíos globales tanto en los países en desarrollo como en los desarrollados. La evidencia sugiere que las colaboraciones más efectivas están alineadas con las agendas de política nacional de los socios clave. Las hojas de ruta de CTI para los ODS se basan en los siguientes pilares:

- Pilar 1 - Fortalecimiento de las capacidades nacionales en materia de CTI para abordar los ODS: centrarse en el fortalecimiento de las capacidades nacionales en materia de CTI, principalmente en los países en desarrollo, para abordar los desafíos que sustentan los ODS; Todo sistema nacional de innovación que funcione correctamente debe estar conectado internacionalmente.

- Pilar 2 - Impulsar los flujos internacionales de conocimiento y tecnología para los ODS: centrarse en expandir los flujos internacionales de conocimiento y tecnología relevantes entre países y apoyar las colaboraciones en materia de CTI entre países para abordar los ODS.
- Pilar 3 - Intermediación de colaboraciones internacionales en materia de CTI para los ODS: centrarse en la intermediación de acciones colectivas internacionales en materia de CTI con el objetivo de abordar los desafíos globales, en particular los GPG.

El trabajo del Equipo de trabajo interinstitucional de las Naciones Unidas sobre ciencia, tecnología e innovación para las hojas de ruta de los ODS ilustra los beneficios potenciales de la hoja de ruta de políticas. En particular:

- Los países donantes pueden mejorar la coherencia de las políticas simplificando las políticas de CTI orientadas a los desafíos con la AOD.
- Los países en desarrollo pueden coordinar y sinergizar los esfuerzos relacionados con la CTI entre ministerios, socios internacionales y partes interesadas clave.
- Los países, las organizaciones internacionales y los socios clave a nivel mundial pueden participar en esfuerzos analíticos y de facilitación concertados para compartir conocimientos y experiencias, difundir y aplicar buenas prácticas y diseñar mecanismos nuevos o mejorados.
- Los científicos deben movilizarse en todo el mundo a través de colaboraciones internacionales (por ejemplo, el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático de las Naciones Unidas [Intergovernmental Panel on Climate Change of the United Nations - IPCC]) centrado en orquestar y realizar acciones colectivas para desarrollar conjuntamente y desplegar innovaciones a la escala adecuada para lograr un impacto transformador.

Fuente: Naciones Unidas (2020), Guía para la preparación de CTI para las hojas de ruta de los ODS, https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/26937Guidebook_STI_for_SDG_Roadmaps_final_Edition.pdf.

5.4 PERSPECTIVAS PARA LA COLABORACIÓN INTERNACIONAL EN MATERIA DE CTI

A pesar de las diversas restricciones provocadas por la crisis del COVID-19, la respuesta inmediata de la comunidad científica internacional genera optimismo de que la cooperación internacional sigue siendo fuerte y seguirá avanzando. La respuesta también genera la esperanza de que la cooperación en materia de CTI para los grandes desafíos y los BPG pueda finalmente convertirse en un objetivo central de la comunidad científica, junto con el avance del conocimiento y las fronteras científicas que han caracterizado gran parte de la colaboración en CTI en el siglo XX. Tal cambio no será sencillo y requerirá que las instituciones científicas se adapten otorgando más valor a la investigación transdisciplinaria impulsada por desafíos que en el caso actual (ver Capítulo 3).

La acción colectiva para combatir el COVID-19 proporciona algunas lecciones útiles y nuevos enfoques para mejorar la cooperación mundial en CTI. Los gobiernos deben tomar iniciativas más audaces para aumentar el apoyo a la cooperación en CTI tanto para los grandes desafíos como para los GPG. La preparación para la I+D para gestionar numerosas crisis mundiales potenciales, además de las pandemias de enfermedades humanas, debería ser una de las principales prioridades de las políticas. La velocidad con la que los grupos de investigación y las empresas biofarmacéuticas están desarrollando vacunas para COVID-19 se basa en años de inversión en investigación básica, así como en la reciente institucionalización de los esfuerzos de coordinación internacional (en la forma de la CEPI y sus socios) para desarrollar plataformas tecnológicas ágiles que pueden activarse a medida que surgen nuevos patógenos. Aunque estos arreglos relativamente nuevos están funcionando bien, carecen de fondos suficientes y dependen de un puñado de países e instituciones filantrópicas para su financiamiento. En espera de las discusiones entre los gobiernos y otras partes interesadas, podrían ampliarse y extenderse a otras áreas donde la preparación para la I+D para las crisis es importante, aprovechando el impulso de la respuesta al COVID-19.

Muchos de los grandes desafíos globales no se presentan de la misma manera que una pandemia. Los desafíos globales como el cambio climático y la pérdida de biodiversidad son crisis de “combustión lenta” que solo pueden abordarse mediante la colaboración internacional en CTI. Este capítulo ha abogado por un nuevo paradigma de cooperación internacional en CTI. Ha demostrado que los elementos de dicho paradigma ya existen, pero deben consolidarse y reforzarse. En particular, los gobiernos deben trabajar juntos en nuevos mecanismos de financiamiento y gobernanza, en los que las empresas y los actores de las finanzas privadas trabajen con los bancos de desarrollo multilaterales y nacionales para

cofinanciar soluciones en materia de CTI para los desafíos globales y los problemas de GPG. La movilización rápida y sin precedentes de fondos públicos y privados para I+D para COVAX ha demostrado que se pueden implementar nuevos modelos de financiamiento innovadores para abordar los desafíos globales a través de la cooperación internacional en CTI.

Las instituciones y programas multilaterales eficaces y transparentes tienen un papel que desempeñar en este nuevo paradigma. Programas como la Plataforma de Registro Internacional de Ensayos Clínicos están ayudando a los países a compartir información y datos sobre los ensayos de la vacuna del COVID-19. Las organizaciones internacionales y las infraestructuras de investigación existentes (ver Capítulo 2) se están movilizando para analizar datos sobre el coronavirus y brindar soluciones a los equipos de investigación locales en diversas áreas, desde diagnósticos hasta equipos médicos. Con el tiempo, se necesitarán nuevas instituciones (o nuevos mandatos para las instituciones existentes). La Plataforma Intergubernamental de Ciencia y Política sobre Biodiversidad y Servicios de los Ecosistemas es un ejemplo de una nueva iniciativa intergubernamental para proteger la biodiversidad.

Las respuestas de los gobiernos a la pandemia del COVID-19 destacan la importancia de la política, el liderazgo y los valores nacionales para influir en la cooperación internacional en materia de CTI (Cohen, 2020). Los gobiernos deberán equilibrar las prioridades y los objetivos nacionales de CTI con la necesidad de una acción coordinada internacionalmente para abordar los grandes desafíos y los problemas de BPG. Sin esa acción colectiva, las capacidades para hacerles frente (en forma de conocimiento científico, plataformas tecnológicas e instituciones internacionales de coordinación) seguirán estando subdesarrolladas, dejando a los países más expuestos a las conmociones globales.

5.5 REFERENCIAS

- Bollyky, T. y C. Bown (2020), “The Tragedy of Vaccine Nationalism: Only Cooperation Can End the Pandemic”, *Foreign Affairs*, September/October 2020, <https://www.foreignaffairs.com/articles/united-states/2020-07-27/vaccine-nationalism-pandemic>.
- Bryan, K., J. Lemus y G. Marshall (2020), “Innovation During a Crisis: Evidence from Covid-19”, *SSRN Electronic Journal*, <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3587973>.
- Callaway, E. (2020), “The unequal scramble for coronavirus vaccines – by the numbers”, *Nature*, Vol. 584, <https://www.nature.com/articles/d41586-020-02450-x>.

- CEPI (2020), “CEPI receives funding for development of ‘next generation’ COVID-19 vaccine candidates”, *CEPI*, https://cepi.net/news_cepi/cepi-receives-funding-for-development-of-next-generation-of-covid-19-vaccine-candidates/ (accessed on 20 November 2020).
- Cohen, J. (2020), “With global push for COVID-19 vaccines, China aims to win friends and cut deals”, *Science*, <http://dx.doi.org/10.1126/science.abf8838>.
- European Commission (2020), *First “ERAvsCORONA” Action Plan, short-term coordinated Research y Innovation actions*, European Commission, https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/research_and_innovation/research_by_area/documents/ec_rtd_era-vs-corona.pdf.
- Fry, C. *et al.* (2020), “Consolidation in a Crisis: Patterns of International Collaboration in COVID-19 Research”, *SSRN Electronic Journal*, <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3595455>.
- Global Preparedness Monitoring Board (2020), *A World at Risk. Global Preparedness Monitoring Board Annual Report 2019*, World Health Organization, Geneva, https://apps.who.int/gpmb/annual_report.html.
- Global Preparedness Monitoring Board (2019), *A World at Risk. Global Preparedness Monitoring Board Annual Report 2019*, World Health Organization, Geneva, https://apps.who.int/gpmb/annual_report.html.
- Hall, W., A. Jamieson y G. Wardle (2019), “Advancing epidemic RyD to keep up with a changing world: progress, challenges and opportunities”, report to the Global Preparedness Monitoring Board, https://apps.who.int/gpmb/assets/thematic_papers/tr-3.pdf.
- ITFGPG (2006), “Meeting Global Challenges: International Cooperation in the National Interest, Report of the International Task Force on Global Public Goods”, https://ycsg.yale.edu/sites/default/files/files/meeting_global_challenges_global_public_goods.pdf.
- Keusch, G. y N. Lurie (2020), “The RyD Preparedness Ecosystem: Preparedness for Health Emergencies – Report to the Global Preparedness Monitoring Board, 9 August 2020”, Global Health Centre, Graduate Institute of International and Development Studies, Geneva, https://apps.who.int/gpmb/assets/thematic_papers_2020/tp_2020_5.pdf.
- Miedzinski, M. *et al.* (2020), “Science, Technology and Innovation (STI) for SDGs Roadmaps – Background Paper: International STI collaboration and investment for Sustainable Development Goals”, https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/269391_BP_Roadmaps_IntlCollaboration_final_7_09_20.pdf.
- Mullard, A. (2020), “How COVID vaccines are being divvied up around the world”, *Nature*, 30 November 2020, <http://dx.doi.org/10.1038/d41586-020-03370-6>.

- OECD (2020), “Greater harmonisation of clinical trial regulations would help the fight against COVID-19”, *OECD Policy Responses to Coronavirus (COVID-19)*, 4 August 2020, <http://www.oecd.org/coronavirus/policy-responses/greater-harmonisation-of-clinical-trial-regulations-would-help-the-fight-against-covid-19-732e1c5c>.
- OECD (2020), “OECD Survey on STI policy responses to COVID-19”, *EC-OECD STIP Compass database, edition 10 December 2020*, <https://stip.oecd.org/covid>.
- OECD (2020), “Treatments and a vaccine for COVID-19: The need for coordinating policies on R&D, manufacturing and access”, *OECD Policy Responses to Coronavirus (COVID-19)*, OECD, Paris, <http://www.oecd.org/coronavirus/policy-responses/treatments-and-a-vaccine-for-covid-19-the-need-for-coordinating-policies-on-r-d-manufacturing-and-access-6e7669a9/>.
- OECD (2020), “Why open science is critical to combatting COVID-19”, *OECD Policy Responses to Coronavirus (COVID-19)*, 12 May 2020, https://read.oecd-ilibrary.org/view/?ref=129_129916-31pgjnl6cbytitle=Why-open-science-is-critical-to-combatting-COVID-19.
- OECD (2012), *Meeting Global Challenges through Better Governance: International Co-operation in Science, Technology and Innovation*, OECD Publishing, Paris, <https://dx.doi.org/10.1787/9789264178700-en>.
- OECD (2012), “Recommendation of the Council on the Governance of Clinical Trials, OECD/LEGAL/0397”, <https://legalinstruments.oecd.org/en/instruments/OECD-LEGAL-0397>.
- OECD (forthcoming), “Collaborative Platforms for Emerging Technology: Creating Convergence Spaces”, OECD Science, Technology and Innovation Policy Paper, OECD Publishing, Paris.
- Ostrom, E. (2015), *Governing the Commons*, Cambridge University Press, Cambridge, <http://dx.doi.org/10.1017/cbo9781316423936>.
- Remøe, S. (2020), “Blended Finance: New Approaches for Financing Science, Technology and Innovation for Achieving the Sustainable Development Goals – Final Report from the Workshop”, <https://www.forskningsradet.no/en/events/2020/blended-finance>.
- Remøe, S. y M. Cervantes (forthcoming), “STI for Global Public Goods”, OECD Science, Technology and Innovation Working Papers, OECD Publishing, Paris.
- Smith, K. (2017), “Innovating for the global commons: multilateral collaboration in a polycentric world”, *Oxford Review of Economic Policy*, Vol. 33/1, pp. 49-65, <http://dx.doi.org/10.1093/oxrep/grw039>.
- United Nations (2020), *Guidebook for the Preparation of STI for SDGs Roadmaps*, United Nations, New York, <https://sustainabledevelopment.un.org/content/>

documents/26937Guidebook_STI_for_SDG_Roadmaps_final_Edition.pdf.

van Riel, D. y E. de Wit (2020), “Next-generation vaccine platforms for COVID-19”, *Nature Materials*, Vol. 19/8, pp. 810-812, <http://dx.doi.org/10.1038/s41563-020-0746-0>.

WHO (2020), *ACT-Accelerator: An economic investment case y financing requirements, September 2020 – December 2021*, World Health Organization, Geneva, <https://www.who.int/publications/i/item/an-economic-investment-case-financing-requirements>.

WHO (2020), *ACT-Accelerator: Status Report y Plan, September 2020 – December 2021*, World Health Organization, Geneva, <https://www.who.int/publications/i/item/act-accelerator-status-report-plan>.

Woodward, D. y R. Smith (2003), *Global public goods for health: concept and issues*, Global Public Goods for Health: Health economic and public health perspectives.

NOTAS

- 1 Gran parte de este crecimiento ha sido posible gracias a la mayor movilidad de los investigadores y al crecimiento de la ciencia en los países de ingresos medios.
- 2 <https://www.gisaid.org/>.
- 3 <https://www.covid19dataportal.org/>.
- 4 Si se toma en conjunto, la Unión Europea es el segundo mayor contribuyente a la literatura científica sobre COVID-19. También tiene casi el mismo número de artículos en coautoría que los Estados Unidos: 16,483 en los primeros 11 meses de 2020, 77 % de los cuales fueron coautores nacionales, en comparación con 16,964 en los Estados Unidos, 84 % de los cuales eran nacionales.
- 5 <https://www.bmbf.de/de/karliczek-unsere-foerderung-ebnet-der-impfstoff-forschung-gegen-covid-19-den-weg-12729.html>.
- 6 El sitio web de ACTIV enumera las siguientes empresas como participantes: AbbVie, Amgen, AstraZeneca, Bristol Myers Squibb, Eisai, Eli Lilly and Company, Evotec, Gilead, GlaxoSmithKline, Johnson y Johnson, Merck y Co., Moderna, Novartis, Novavax, Pfizer, Rhythm Therapeutics, Roche-Genentech, Sanofi, Takeda y Vir Biotechnology.
- 7 El Plan de I+D se actualizó posteriormente en 2017. Ver <https://www.who.int/teams/blueprint/about>.
- 8 La Unión Europea es uno de los principales financiadores de COVAX.
- 9 Después de que China se uniera a COVAX en octubre de 2020, los únicos países grandes que quedan fuera de las instalaciones a fines de 2020 son los Estados Unidos y la Federación de Rusia.
- 10 En un compromiso de mercado anticipado (AMC), los compradores se comprometen por adelantado a comprar un volumen específico de una tecnología sanitaria aún en desarrollo a un precio garantizado y si cumple con criterios específicos. Por lo tanto, los AMC no solo incentivan la I+D, sino también la producción y entrega del producto final, porque los fondos solo se desembolsan en el momento de su compra. Una vez que se compra el volumen garantizado, el

fabricante está obligado contractualmente a suministrar volúmenes adicionales a un precio más bajo. Por lo tanto, existe un sistema de precios en dos etapas: un precio relativamente alto, garantizado hasta un volumen fijo comprado, que proporciona un rendimiento ajustado al riesgo de la inversión en I+D realizada por el productor; y un segundo precio más bajo, fijado en un nivel más cercano al costo de producción (el “precio base”). Los criterios especificados en el compromiso incluyen requisitos técnicos como la enfermedad a prevenir o tratar, la población objetivo, la eficacia mínima, la dosis, la vía de administración, el almacenamiento y los requisitos de calidad y seguridad. Los AMC también pueden especificar condiciones para la adquisición, la concesión de licencias de DPI y la asequibilidad o el acceso (OECD, 2020).

- 11 Los fondos se utilizarán para apoyar la adquisición de vacunas de COVID-19 seguras y efectivas para 92 países elegibles para AMC, que incluyen todas las economías con un ingreso nacional bruto per cápita inferior a 4,000 dólares.
- 12 Según el sitio web de la CEPI, “las vacunas para la Ola 2 son candidatas en etapas tempranas de desarrollo que ofrecen una diferenciación científica, técnica o de fabricación en comparación con las candidatas actualmente en desarrollo avanzado. Se seleccionarán en función de las características que podrían hacerlas particularmente adecuadas para su uso en poblaciones objetivo específicas, como personas mayores o inmunodeprimidas, o mujeres embarazadas, y también en entornos de bajos recursos donde los desafíos logísticos pueden hacer que los enfoques del uso de ciertas vacunas sean más desafiantes. Los criterios de selección incluyen el potencial para protegerse del COVID-19 después de una sola dosis de vacuna, la estabilidad de la temperatura, la escalabilidad de fabricación, la respuesta inmune mejorada o diferenciada y el uso de diferentes antígenos. Las vacunas candidatas en la cartera de la Ola 2 estarán sujetas a compromisos de acceso global que requerirán que la producción de vacunas financiada por la inversión de la CEPI esté disponible para su adquisición y asignación a través de COVAX”. (CEPI, 2020).
- 13 Elinor Ostrom hizo una contribución vital al pensamiento sobre los bienes públicos al enfocarse en la sustracción de las unidades de recursos, lo que le permitió distinguir entre bienes públicos y recursos de uso común (CPR). Los CPR son “un sistema de recursos naturales o artificiales que es lo suficientemente grande como para hacer costoso (pero no imposible) excluir a los posibles beneficiarios de obtener beneficios de su uso” (Ostrom, 2015). Mientras que los efectos de hacinamiento y los problemas de uso excesivo son irrelevantes para los bienes públicos (por ejemplo, los pronósticos meteorológicos), son crónicos para los CPR, donde el consumo excesivo puede provocar impactos negativos temporales o permanentes en las estructuras artificiales o los recursos biológicos”.
- 14 De manera similar, las empresas globales pueden aprovechar los créditos fiscales para I+D en un país, pero eligen operar la producción en otros países por razones competitivas, lo que priva al país que ofrece el subsidio fiscal de beneficios económicos más amplios.
- 15 <https://www.oecd.org/coronavirus/en/>.
- 16 <https://www.un.org/en/pdfs/UNCOVID19ResearchRoadmap.pdf>.

6. ¿Por qué acelerar el desarrollo y la implementación de robots?

Los robots son una tecnología icónica de la era digital, cuya sofisticación y diversidad están creciendo rápidamente. Los vehículos autónomos, los drones y las aspiradoras automatizadas son ampliamente conocidos. Robots de laboratorio; robots industriales colaborativos; robots oceánicos, espaciales, de búsqueda y rescate; y los cirujanos robot, entre muchos otros, son menos conocidos. El progreso en robótica es esencial para hacer la vida más fácil, limpia, saludable y rica. Los robots también han ayudado a la respuesta al COVID-19, pero su potencial para ayudar a gestionar una serie de crisis está empezando a ser aprovechado. La robótica podría desempeñar un papel importante en la atención sanitaria, aumentando la resiliencia de los sistemas de salud. Su papel en la lucha contra futuras oleadas del virus, o contagios completamente nuevos, debe ser reconocido y apoyado. Los gobiernos deben aumentar la inversión en investigación y desarrollo de la robótica, apoyar la difusión más amplia de los robots y desarrollar normas y una regulación favorable a la innovación. En este capítulo se examinan los avances fronterizos en robótica, las aplicaciones emergentes en toda la sociedad y los diversos impactos de los robots. Los gobiernos pueden utilizar una serie de herramientas para acelerar la implementación de sistemas robóticos socialmente valiosos. Deben actuar ahora.

HALLAZGOS CLAVE

- **Los robots pueden ayudar a combatir las enfermedades infecciosas y aumentar la resiliencia de los sistemas de salud. En algunas aplicaciones, como el cuidado de ancianos, es**

probable que mejores robots se vuelvan esenciales. Pero se necesita una buena política para lograr estos objetivos.

Los gobiernos deberían: crear una cartera de premios específicos de innovación, que tengan características adecuadas para avanzar en robótica; implementar herramientas como los entornos limitados reglamentarios para ayudar a las empresas a adaptarse a un panorama regulatorio particularmente complejo; acelerar la implementación de soluciones de los robots existentes en los sistemas de salud, por ejemplo, proporcionando plataformas que resaltan soluciones de vanguardia; ayudar a desarrollar y compartir datos útiles para entrenar robots habilitados para IA, especialmente en aplicaciones de nicho donde las muestras de datos son pequeñas; y apoyar el desarrollo de centros de innovación sanitaria que reúnan a proveedores de atención médica, investigación y academia, industria y reguladores.

- **A pesar de las percepciones públicas a menudo negativas, los robots podrían hacer la vida más rica, saludable, segura y fácil, y los gobiernos pueden hacer mucho para acelerar estos resultados beneficiosos.** Los gobiernos deberían: invertir en la I+D necesarios para resolver problemas de investigación ampliamente identificados; ayudar a intermediar y apoyar asociaciones de investigación público-privada, y apoyar la transferencia de tecnología; apoyar la captación de robots en empresas, especialmente las pymes; implementar herramientas tales como camas de prueba para ayudar a las empresas de inversiones de riesgo; facilitar la participación de las pymes en los procesos de estandarización; y apoyar la conectividad digital, particularmente la banda ancha 5G.
- **Con el tiempo, los avances en robótica podrían aumentar muchos aspectos de la resiliencia social, desde responder a los efectos de los desastres naturales hasta hacer frente al envejecimiento de la población.** Para tal fin, los gobiernos deben: fomentar la innovación en las iniciativas de educación y capacitación; aumentar la conciencia en el gobierno sobre los usos actuales y potenciales de la robótica, lo que también ayudará a prepararse para usos más eficaces de los robots en futuras crisis; avanzar en la investigación en sistemas de protección y operación de infraestructuras críticas y para la respuesta a las crisis; adoptar una postura positiva sobre el papel de los robots en el avance del bien público; y, fortalecer la seguridad de los sistemas ciberfísicos.

6.1 INTRODUCCIÓN

En este capítulo se examinan los avances fronterizos en robótica y las aplicaciones de los robots en toda la economía y la sociedad. Considera los diversos impactos de los robots y las políticas en materia de ciencia y tecnología que pueden centrar estos impactos para obtener el máximo beneficio social. Presta especial atención a los roles de los robots en la atención médica. Estos incluyen robots de laboratorio, robots cirujanos, robots que ayudan a reducir lesiones a enfermeras (que superan las de cualquier otra clase de trabajadores) y robots que ayudan a las personas con trastorno del espectro autista. Los robots han jugado hasta ahora un papel menor en la pandemia de COVID-19, y sus usos en los sistemas de salud están muy por debajo de su potencial. Esto refleja el desconocimiento general de las posibles aplicaciones de robots, el alto costo de los sistemas robóticos de vanguardia, la inercia institucional y la naturaleza incipiente de algunos usos. Los bajos salarios, especialmente entre los trabajadores de la salud, también desalientan las inversiones en robots de asistencia. Sin embargo, con políticas adecuadas, los robots podrían proporcionar un apoyo significativo para hacer frente a futuras crisis, incluidos los nuevos contagios, al tiempo que aumentarían la resiliencia general de los sistemas de salud y de la sociedad.

6.2 LA PROMESA DE LA ROBÓTICA

Los robots son una tecnología icónica de la era digital,¹ que se encuentra en el centro de muchos temas en las políticas en materia de ciencia y tecnología. Los avances en muchos campos de la ciencia, la tecnología digital y la inteligencia artificial (IA) están aumentando la sofisticación y diversidad de robots. Su desarrollo e impactos futuros estarán formados por políticas de investigación y desarrollo básico y aplicado (I+D), así como fiscalidad, asociaciones público-privadas, difusión tecnológica, marcos normativos y jurídicos, normas técnicas y conectividad y seguridad digitales. De hecho, algunos de los principales avances recientes en robótica se remontan directamente a las políticas públicas, como los premios de desafío dirigidos por la Agencia de Proyectos de Investigación Avanzada de Defensa (DARPA, por sus siglas en inglés) en los Estados Unidos.

Se espera que el impacto económico y social de los robots aumente considerablemente en los próximos años². Con la excepción de robots quirúrgicos, exoesqueletos y prótesis avanzadas, y sistemas para ayudar a la rehabilitación, la mayoría de los robots utilizados en la atención médica hoy en día cumplen funciones relativamente simples, como la entrega de medicamentos y el transporte de residuos. Una difusión más amplia y aplicaciones más sofisticadas serán estimuladas por el avance de las tecnologías. Entre muchos desarrollos actuales, los prototipos

de robots del tamaño de una célula pueden atravesar el sistema circulatorio del cuerpo, recopilando información y descargándola después de realizar una tarea; utilizando la IA y cámaras para aplicar con precisión hisopos nasales, un robot recién desarrollado puede mejorar la calidad de la muestra y reducir la exposición a infecciones para las enfermeras; y los cirujanos robot están listos para proporcionar a los cirujanos humanos retroalimentación durante las operaciones. Si en el futuro surgen patógenos más letales o contagiosos que el COVID-19, los nuevos sistemas robóticos podrían conferir una mayor resiliencia a la sociedad en su conjunto. Podrían, por ejemplo, operar servicios esenciales como el tratamiento de residuos, la generación de energía y el transporte público, que en la crisis actual sólo han funcionado gracias a los trabajadores expuestos al riesgo.

Los robots también ocupan un lugar único en la imaginación pública. Los humanos reaccionan de manera diferente a los objetos en el espacio físico que a los objetos en las pantallas. Los experimentos muestran que las personas tratan inconscientemente a los robots como si fueran humanos (Fussell *et al.*, 2008)³. A medida que los robots llegan a poseer más atributos sociales que los sistemas actuales, el cómo se utilizan y cómo las personas interactúan con ellos, cambiará de maneras posiblemente sorprendentes. Los vehículos autónomos, los drones, las aspiradoras y los cortacéspedes son ampliamente conocidos. Los sistemas menos familiares incluyen robots de laboratorio; robots industriales colaborativos; robots oceánicos, espaciales y de búsqueda y rescate; y cirujanos robot.

Los robots también representan la interfaz más significativa entre la IA y el mundo físico. Los avances en ambos campos se han entrelazado profundamente. Los avances en la visión artificial y la IA fueron estimulados inicialmente por el objetivo de una mejor navegación de robots; a su vez, los robots sirvieron como plataformas para demostrar IAs más capaces. Algunos consideran que los robots proporcionan el mejor escenario para hacer frente a algunos desafíos cruciales de la investigación de la IA. Argumentan que el uso de la IA en sistemas con una forma similar a la humana es más probable que permita a la investigación encontrar cómo crear IAs con atributos similares a los humanos, como el “sentido común”. Al menos, la llamada “paradoja de Moravec” (donde los robots a menudo hacen fácilmente cosas que los humanos encuentran difíciles, y viceversa) apunta a terreno fértil para su descubrimiento. Más allá de la investigación, es también a través de las acciones de los robots que muchas preguntas en la gobernanza de la IA surgirán y requerirán soluciones.

6.3 ROBOTS COMO TECNOLOGÍA ESTRATÉGICA

Algunos gobiernos atribuyen importancia estratégica a la robótica. Aunque las prioridades nacionales varían, una preocupación común es el impacto de los robots

en la competitividad. Debido a que son más rápidos, más fuertes, más precisos y consistentes que los trabajadores, los robots han aumentado enormemente la productividad en partes críticas de la economía, como la industria automotriz. Lo volverán a hacer en una amplia gama de sectores y procesos, a medida que avance la robótica.

La robótica avanzada también es importante para contrarrestar el lento crecimiento de la productividad laboral en muchos países durante las últimas décadas. El progreso en robótica crea oportunidades de mercado global, que algunos países planean suministrar. En consecuencia, los gobiernos frecuentemente expresan su preocupación cuando las principales empresas de robótica pasan a la propiedad extranjera, como se expresa abiertamente en una serie de estrategias nacionales acerca de robots (por ejemplo, en Japón y los Estados Unidos). Como muestra el Recuadro 6.1, la República Popular de China es quizás preeminente en términos de su ambición estratégica en robótica.

Recuadro 6.1. El desarrollo por parte de China de un sector robótico de clase mundial

Ningún país es más activo que China en el desarrollo de una industria robótica avanzada. Entre otras medidas, China ha adquirido empresas de robótica establecidas en el extranjero, con el apoyo de gobiernos centrales y provinciales. Las adquisiciones a menudo han sido estimadas fabricantes e integradores de robots alemanes e italianos (es decir, empresas que ayudan a otros a implementar robots). Algunos ejemplos son el integrador de robots alemán KraussMaffei, adquirido en 2016 por un consorcio liderado por la estatal China National Chemical Corporation, y la joya de la corona de los fabricantes europeos de robots, la alemana Kuka AG, adquirida en 2016 por el fabricante chino de electrodomésticos Midea.

El Plan Nacional de Desarrollo para la Robótica de China (2016-20) anunció su objetivo de desarrollar un sector de robots industriales nacionales técnicamente igual a los principales competidores internacionales, que suministraría al menos el 45 % del mercado interno, y ampliaría la producción de robots para personas de la tercera edad y atención médica. Se preparó una hoja de una ruta nacional de robótica después del lanzamiento del plan estratégico de fabricación “Made in China 2025”, publicado en 2015. Identifica tecnologías y componentes clave para robots industriales y de servicio; oportunidades para fortalecer la coordinación entre la investigación y la aplicación; e iniciativas de estandarización, evaluación de la calidad y certificación. En noviembre de 2016, China anunció su primer

esquema de certificación de robots y emitió los primeros certificados. China también se ha convertido en líder en solicitudes para patentes de robótica. En comparación con países como Japón y Corea, la densidad de robots en China es baja. Sin embargo, las regiones chinas que lideran la fabricación de productos mecánicos y eléctricos, como las provincias del sureste, han iniciado los programas a gran escala “Robots Reemplazan a los Humanos”. Muchos gobiernos provinciales también subvencionan a las empresas que compran robots.

6.4 CAPACIDADES DE ROBOTS EMERGENTES

Los robots no son una sola tecnología. Más bien, encarnan combinaciones de tecnologías, algunas de las cuales se están desarrollando más rápido que otras. Algunos de los pilares del progreso en robótica incluyen avances en sensores, como sistemas láser con mejor alcance y resolución de ángulo; sistemas de control, como robots basados en la nube y control predictivo; actuadores, tales como pinzas diestras; y ciencia de materiales, por ejemplo, para ayudar a los robots a cosechar energía de su entorno.

El progreso en la tecnología de fabricación, como la sinterización láser (una forma de impresión 3D) y el moldeo a microescala, reduce los costos y ayuda a construir más capacidades en los robots. La proliferación de tipos y capacidades de robots también proviene de los avances en la ciencia básica y aplicada. La neurociencia, la biomecánica, la ciencia de los materiales, las ciencias de la computación y las matemáticas son solo algunos de los campos relevantes. Nuevos campos, como la psiquiatría computacional, también contribuirán al progreso en materia de robótica. Los robots incluso se han convertido en herramientas de ciencia básica por derecho propio, por ejemplo, ayudando a entender mejor cómo caminan los humanos.

En esta sección se revisan algunos desarrollos emergentes en robótica. Muchos son logros recientes de investigación o prototipos, que podrían estar a algunos años de su uso comercial. Otros están empezando a encontrar aplicaciones comerciales. Estos desarrollos sugieren la naturaleza de las posibilidades futuras.

Robótica blanda: hasta hace poco, los robots eran físicamente rígidos. Los avances en campos como la ciencia de materiales, los actuadores (formas de motor que convierten la energía en trabajo), la detección y el modelado han producido una clase emergente de robots deformables y compatibles que pueden exprimir, estirar, escalar, cambiar de forma y auto-sanar. (Terry et al., 2017) La investigación en robótica blanda tiene como objetivo desarrollar aún más habilidades para crecer, evolucionar, auto-sanar y biodegradar. (Laschi, Mazzolai

y Cianchetti, 2016) Muchos desarrollos en robótica blanda están inspirados en ejemplos del mundo natural.

Miniaturización: junto con la fabricación avanzada, la Ley de Moore ha ayudado a los ingenieros a construir robots cada vez más pequeños.⁴ En uno de los ejemplos más llamativos de miniaturización hasta la fecha, investigadores del MIT construyeron recientemente robots autopropulsados del tamaño de una célula humana. Estos robots son capaces de seguir instrucciones preprogramadas, así como información de sentido, registro y almacenamiento sobre su entorno, recopilando datos que se pueden descargar una vez que se completa una tarea. Mientras que estos robots están en la etapa de laboratorio, existen usos potenciales en el diagnóstico médico y la industria. (Chandler, 2018)

Mayor inteligencia: a finales de la década de 1990, la mayoría de los robots poseían sólo inteligencia de grado insecto. Hoy en día, el progreso en la IA, particularmente el aprendizaje automático, está revolucionando la robótica. La combinación de la IA con otras innovaciones está otorgando una miríada de nuevas capacidades a los robots, incluida una mayor autonomía. Los principales desarrollos incluyen una mejor visión, transferencia de aprendizaje entre robots y a través de enjambres de robots, aprendizaje en entornos virtuales, aprendizaje por hacer, aprendizaje por curiosidad, conciencia emocional, mejor manipulación de objetos y robots más colaborativos (“cobots”).

Gracias a estas crecientes capacidades, los robots tienen aplicaciones actuales y potenciales en muchas áreas de la economía (Figura 6. 1).

6.5 ROBOTS Y TRABAJOS

La sustitución por máquinas de los trabajadores es objeto de una literatura grande y creciente, que este capítulo no pretende evaluar. Sin embargo, los robots industriales, especialmente los modelos más recientes, difieren de maneras importantes de otros tipos de automatización, como los sistemas de control numérico por computadora. Por ejemplo, se pueden reprogramar y aplicar de forma flexible a diversas tareas. Atkinson (2019) revisa la investigación específica del robot. Muestra que muchos estudios a nivel de empresa sólo encuentran una destrucción de empleo limitada o la pérdida de horas totales trabajadas atribuibles a los robots. En algunos casos, se observan aumentos significativos en el empleo manufacturero pocos años después de la adopción, a menudo debido al aumento de la demanda de productos. Cuando se demuestra que los robots industriales han reducido las horas trabajadas, esto se ha aplicado principalmente a los trabajadores poco calificados; los descensos son menos pronunciados para los trabajadores con habilidades de nivel medio. Aunque poco estudiados hasta la fecha, es poco probable que los robots en el sector de la salud tengan impactos

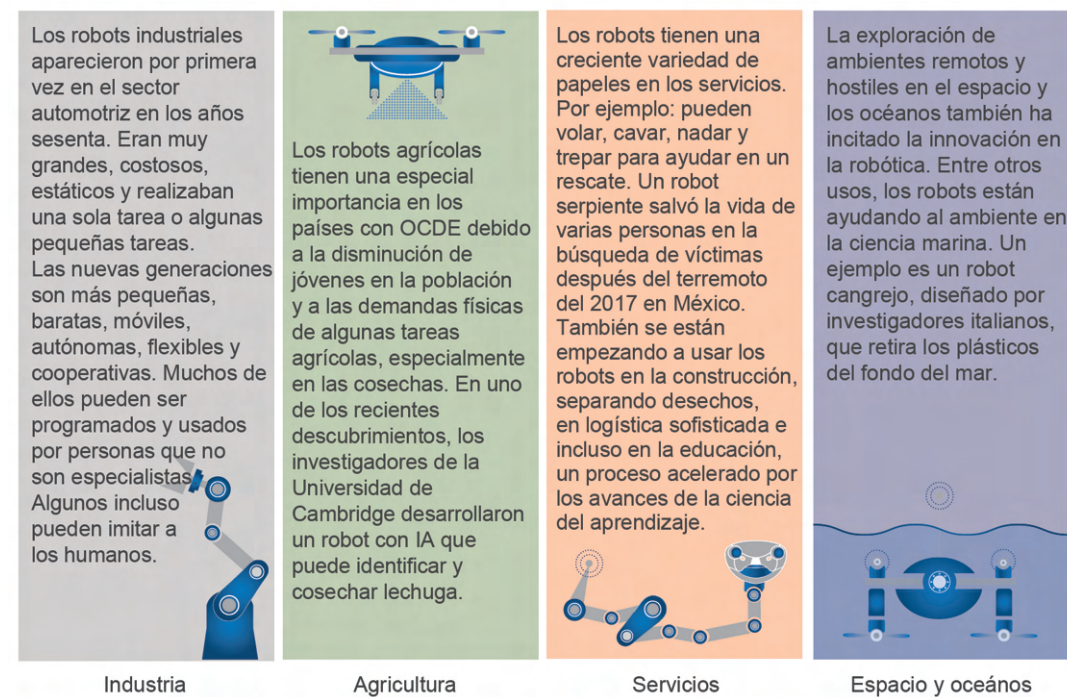


Figura 6.1: Las aplicaciones de robots actuales y emergentes abarcan la economía.

Fuentes: Haridy (2020), “Machine Learning ayuda al robot a cosechar lechuga por primera vez”, <https://newatlas.com/robot-harvest-lettuce-vegetable-machine-learning-agriculture/60465/>; Hutson (2017), “Buscando sobrevivientes del terremoto de México – con robots serpientes”, <https://www.sciencemag.org/news/2017/10/searching-survivors-mexico-earthquake-snake-robots>; Montado (2019). “El cangrejo robot de caza de plástico se sumerge por primera vez”, <https://newatlas.com/silver-2-plastic-hunting-robot-crab/60097/>

importantes en el número de puestos de trabajo, ya que aumentan principalmente las capacidades de los trabajadores de la salud (por ejemplo, reduciendo el riesgo de lesiones), en lugar de sustituirlos. De hecho, la oportunidad de trabajar con robots podría hacer que algunos empleos del sector de la salud sean más atractivos, especialmente entre la población más joven.

6.6 USOS ACTUALES Y EMERGENTES DE ROBOTS EN LA ATENCIÓN SANITARIA

Este capítulo presta especial atención a los robots en la atención sanitaria, dado el posible papel de los robots en la mejora de la actual crisis del COVID-19 o futuros brotes de enfermedades infecciosas. En 2018, las ventas globales de robots médicos alcanzaron los 2,800 millones de dólares. Unas 5,100 unidades se vendieron en 2018, un número que se prevé que aumente a 19,700 unidades para

2022 (IFR, 2019) (Figura 6.2). Los robots tienen muchos roles en la atención médica; algunos están bien establecidos, pero otros están empezando a aparecer en los sistemas de salud. Las aplicaciones van desde ayudar a la investigación de laboratorio, cirugía y rehabilitación física, hasta la entrega de medicamentos, el transporte de residuos, la lucha contra la soledad y la mejora de los diagnósticos y tratamientos médicos. Además, al mejorar las condiciones de trabajo en muchas ocupaciones fuera de la atención médica, los robots pueden aliviar los costosos problemas médicos, beneficiando a las empresas y a la sociedad de manera más amplia.

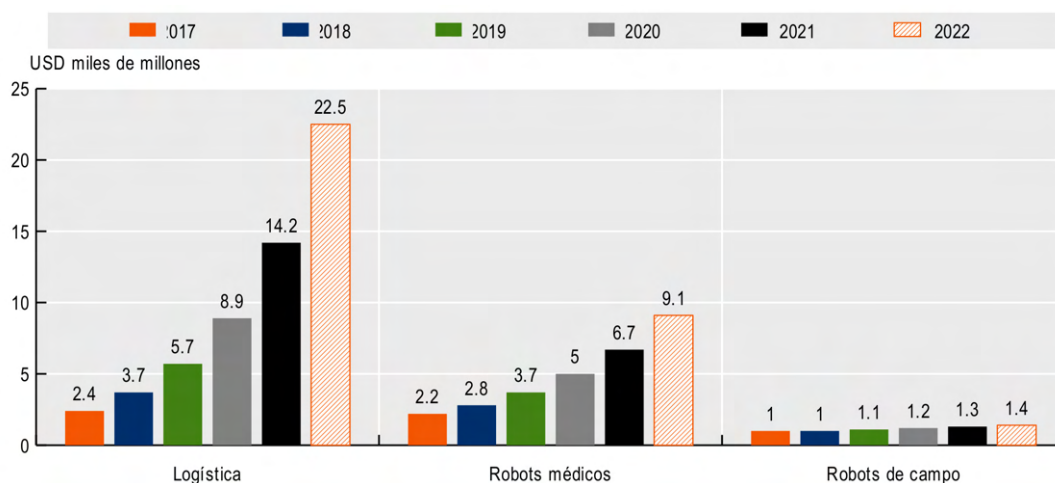


Figura 6.2: Compras globales y principales aplicaciones de robots de servicio para uso profesional, 2017-22.

Nota: Los robots de campo son robots que no son de fábrica diseñados para entornos no estructurados y a menudo dinámicos en tierra, mar y aire, por ejemplo, en minería, agricultura y exploración submarina.

Fuente: IFR, World Robotics 2019, (2019) <https://ifr.org> (consultado en septiembre de 2019). StatLink 2 <https://doi.org/10.1787/888934223536>

El COVID-19 ha centrado la atención en cómo los robots podrían reducir los riesgos de infección y el estrés entre los trabajadores de la salud de primera línea. A medida que la crisis se intensificó, los principales robóticos escribieron un editorial en *Science Robotics*, una revista de la Asociación Americana para el Avance de la Ciencia, destacando el potencial de los robots para combatir la pandemia de COVID-19 y las enfermedades infecciosas en general. Para mejorar la preparación, los autores pidieron a los gobiernos que se dirigieran y financiaran la ciencia aplicada y básica multidisciplinaria, reuniendo a científicos, ingenieros y profesionales de enfermedades infecciosas para trabajar en asociación con agencias gubernamentales y de la industria. (Yang *et al.*, 2020)

Con algunas excepciones notables, (por ejemplo, robots quirúrgicos), la mayoría de los usos de robots en la atención médica hoy en día son relativamente simples (por ejemplo, drones para la entrega de medicamentos). A medida que avancen las tecnologías, surgirá una difusión más amplia y aplicaciones más sofisticadas, lo que podría aumentar la resiliencia de los sistemas de salud a nuevas enfermedades. Durante un período más largo, es probable que el uso integral de sistemas robóticos en la atención a los ancianos se vuelva esencial a medida que la población mundial envejece.

El resto de esta sección considera las principales categorías de uso de robots en la atención médica, con énfasis en el COVID-19. También destaca algunos de los desafíos existentes para progresar.

Robots en el laboratorio

La automatización de laboratorios es cada vez más esencial en muchos campos de la ciencia. Los robots han ayudado a automatizar los procesos rutinarios de laboratorio durante algunos años. Hoy en día, los robots de laboratorio impulsados por la IA pueden ir más allá de esta tarea mecánica, ejecutando ciclos de circuito cerrado de pruebas, generación de hipótesis y pruebas renovadas. Cientos de hipótesis se pueden generar y probar en paralelo. Estos sistemas también pueden registrar automáticamente procedimientos experimentales y metadatos asociados, que son importantes para reproducir la investigación. En 2009, “Adam”, un robot de laboratorio desarrollado por investigadores de las universidades de Aberystwyth y Cambridge en el Reino Unido, se convirtió en el primer sistema de este tipo en hacer un descubrimiento científico independiente (sobre la genómica de la levadura de panadería). Estos robots pueden acelerar en gran medida la experimentación, por ejemplo, mediante la detección y pruebas de miles de compuestos farmacéuticos por día. Además de contribuir a la investigación, los robots de laboratorio también han ayudado a acelerar las pruebas de COVID-19. Por ejemplo, el VIB-VUB Centre for Structural Biology de Bruselas utiliza su robot KingFisher para realizar 1,000 pruebas adicionales al día (euRobotics, 2020). En el lado negativo, los robots de laboratorio siguen siendo costosos y difíciles de usar.

Sin embargo, añadir la IA a los robots no es suficiente para mejorar todo el proceso de pruebas de laboratorio, especialmente en una crisis. También se necesita una mayor flexibilidad en el manejo, la combinación de visión, herramientas de agarre y detección de agarre. Durante la primera ola de la pandemia de COVID-19, los laboratorios se enfrentaron a la escasez de kits de prueba, y los médicos enviaron muestras de pacientes en muchos tipos de contenedores, sin formas y tamaños estandarizados. La destreza humana era

necesaria para manejar, abrir y extraer las muestras para las pruebas. La mayoría de los procesos automatizados no podrían haber lidiado con esta varianza. Algunos sistemas robóticos podrían haber hecho esto, pero no se utilizaron debido a los altos costos de instalación, programación y detección periférica. Este desafío de manipulación es un problema genérico en robótica y requiere un mayor progreso.

Robots en la detección de pacientes y atención inicial

En el segundo trimestre de 2020, durante el primer pico de COVID-19, los pacientes que llegaban al Hospital Universitario de Amberes en Bélgica fueron recibidos por un robot que comprobó si llevaban cubrebocas, se aseguraron de que estuvieran correctamente posicionadas, detectaron signos de fiebre y admitieron a quienes podían asistir a una cita de forma segura. El sistema, que habla 35 idiomas, reduce el hacinamiento entre los pacientes que esperan y reduce el riesgo de infección para el personal(Parrock, 2020).

Los hisopos nasales y de garganta son actualmente el estándar para las pruebas diagnósticas iniciales para el COVID-19. Esto requiere personal calificado, cuyo tiempo es escaso cuando la demanda es alta. En respuesta, los investigadores han desarrollado un robot totalmente automatizado que realiza la delicada tarea de tomar hisopos de coronavirus. El uso de la IA y cámaras para aplicar el hisopo con precisión puede mejorar la calidad de la muestra y reducir la exposición a la infección para las enfermeras (Filks y Skydsgaard, 2020).

El objetivo de los investigadores es lograr una mayor funcionalidad para la interacción remota con los pacientes, tales como a través de cámaras de alta resolución medir la frecuencia del pulso de la piel. Dado que la extracción de sangre conlleva un alto riesgo de exposición para el personal médico, los ingenieros están examinando imágenes por ultrasonido de venas para la venopunción robótica (Yang *et al.*, 2018). Ayudar a los técnicos médicos de emergencias (EMT, por sus siglas en inglés) es aún más difícil. Los técnicos médicos de emergencias realizan tareas cognitivas y físicas complejas, como la evaluación rápida de la condición de un paciente o la inserción de tubos respiratorios. Si los robots habilitados para la IA pudieran ayudar a los técnicos médicos de emergencias, podría prestarse más atención a los procedimientos más urgentes.

Cirujanos robot

El primer uso documentado de un robot que ayudaba a cirujanos ocurrió en 1985, cuando un brazo robótico ayudó a realizar una biopsia de tejido neurológico. Los robots quirúrgicos están ahora clasificados bajo tres tipos amplios: sistemas

activos que realizan tareas preprogramadas bajo supervisión humana; sistemas semiactivos, donde un cirujano complementa un sistema activo; y sistemas bajo el mando exclusivo de un cirujano que reproducen con precisión los movimientos de la mano del cirujano (Lane, 2018) La mayoría de los expertos consideran que los cirujanos robot totalmente autónomos son una perspectiva lejana.

Cada año se realizan en los Estados Unidos varios miles de operaciones de próstata utilizando robots mínimamente invasivos. Según los informes, los procedimientos robóticos conducen a períodos de admisión más cortos, menos infecciones y una recuperación más rápida (CCC/CRA, 2009). El trasplante de riñón robótico está aumentando en los centros de trasplantes de todo el mundo. La primera cirugía con el paciente y el cirujano en diferentes países tuvo lugar en 2001. Algunos sistemas permiten al cirujano una sensación física de lo que toca el robot. La cirugía abdominal no invasiva, la cirugía renal, la cirugía ortopédica y la neurocirugía ahora forman parte del mercado de la robótica médica.

Para complementar el trabajo de los cirujanos, los robots pueden diseñarse con más extremidades, dedos y libertad de movimiento que un humano. No se cansan ni se distraen, y pueden operar con una precisión extrema y consistente. Un nuevo sistema, el Microsure Musa, desarrollado para la super-microcirugía, puede incluso compensar rasgos humanos como el temblor de manos. Por lo tanto, los robots pueden ayudar a reducir la frecuencia de errores quirúrgicos prevenibles.

El principal desafío en robótica quirúrgica es lograr una mayor autonomía. La previsibilidad en la que trabajan los robots industriales no está disponible para los robots quirúrgicos. Existen una variación e incertidumbre mucho mayores en los cuerpos y necesidades quirúrgicas de los pacientes, y en la implementación real de procedimientos quirúrgicos. Más allá de las herramientas tradicionales pero limitadas de apoyo a la toma de decisiones clínicas, como los árboles de decisión, los ingenieros están tratando de integrar las características más sinérgicas de la inteligencia humana y artificial, con humanos y máquinas colaborando para mejorar la toma de decisiones quirúrgicas *in situ*. (Loftus *et al.*, 2020) Entre muchos otros temas, la investigación está examinando cómo los cirujanos robot podrían aprender del cirujano humano, seguir la mirada del cirujano, compartir el control de algunos pasos en una operación, e incluso registrar y proporcionar retroalimentación al cirujano.

Otro desafío de investigación se refiere a la eficacia clínica y los resultados secundarios de la cirugía robótica. En algunos procedimientos se impugnan las demandas de eficacia. En algunas circunstancias, la necesidad de reconfigurar las herramientas del robot durante la cirugía podría alargar el tiempo empleado por el paciente bajo anestesia. Los análisis costo-beneficio sobre el uso de robots quirúrgicos también podrían perder algunas variables relevantes para una crisis

como el COVID-19, como el valor de tratar a pacientes con mayor velocidad de lo habitual cuando las camas hospitalarias son escasas.

Exoesqueletos robóticos

Un exoesqueleto es una estructura dura o blanda que se adapta alrededor de una o más partes del cuerpo, lo que brinda apoyo físico. Los exoesqueletos portátiles, por ejemplo, pueden reducir la fatiga de un cirujano durante operaciones largas. Los exoesqueletos pasivos, que sólo dan soporte estático, ahora se complementan con sistemas activos que amplifican algún o algunos aspectos de las habilidades del usuario.

Un uso de exoesqueletos es la rehabilitación física. Los sistemas pueden interpretar las propiedades cinéticas de los movimientos de una persona, ayudando a pacientes como víctimas de accidentes cerebrovasculares a realizar movimientos terapéuticos con precisión. Algunos exoesqueletos dan rendimiento y retroalimentación motivacional, ajustando la dificultad de las tareas terapéuticas. Un notable avance reciente proviene de la Comisión Francesa de Energías Alternativas y Atómicas, que desarrolló un exoesqueleto controlado por el cerebro que permite a un sujeto con cuatro extremidades paralizadas caminar, logrando el control sobre los brazos y las piernas. Este logro se debe en parte al progreso en “neurobótica”, el estudio del cerebro en conjunto con la tecnología.

Robots en la cadena de suministro

En un número creciente de ciudades y pueblos chinos, los drones se utilizan para compartir información (a través de altavoces), rociar desinfectante, entregar suministros médicos e incluso tomar las temperaturas de la gente (usando imágenes térmicas). Los drones vuelan rutinariamente al centro para el control de enfermedades en el condado de Xinchang, atravesando el primer “canal de transporte aéreo urbano” antiepidemia de China (Cozzens, 2020). Estos sistemas también podrían ayudar a entregar suministros médicos a regiones remotas. Por ejemplo, las empresas del Reino Unido se han asociado para realizar pruebas de COVID-19 en una isla remota frente a las costas escocesas. Los drones también podrían ser útiles en los países en desarrollo, donde la cobertura de las carreteras puede ser limitada y/o las carreteras están mal mantenidas.

Robots autónomos de reparto en hospitales

Los robots están liberando el tiempo del personal del hospital mediante el transporte autónomo de materiales peligrosos, especímenes de laboratorio, medicamentos y comidas para las personas en cuarentena. Muchos robots hospitalarios

pueden responder a las solicitudes realizadas a través de interfaces táctiles, realizando tareas y regresando de forma independiente a los puntos de carga. Los robots también están siendo diseñados para realizar tareas en cocinas y despensas hospitalarias.

Robots desinfectantes

Las infecciones adquiridas en hospitales (nosocomiales) son una de las principales causas de muerte en los países de la OCDE, lo que también impone importantes costos a los sistemas de salud. La luz ultravioleta (UV) altamente energética de onda corta puede destruir material genético en bacterias y virus. Los robots que utilizan luz UV de alta intensidad pueden desinfectar áreas frecuentemente tocadas, creando más condiciones sanitarias, reduciendo la carga de trabajo del personal del hospital y reduciendo la exposición al riesgo en comparación con la desinfección manual. En respuesta al COVID-19, Bucharest Robots implementó un robot basado en UV que desinfectó un espacio hospitalario que abarcaba 7,500 m² en solo unas horas (euRobotics, 2020). Los sistemas robóticos de desinfección han existido durante muchos años, pero aún no están ampliamente implementados, en parte debido a su limitada capacidad para navegar en entornos inciertos, así como para detectar y alcanzar áreas de sombra. Se necesitan progresos en esas esferas.

Micro-robots para la entrega de fármacos

Existen dos clases principales de micro-robots médicos: artificiales y bio-híbridos. En la categoría hecha por el hombre, los robots están surgiendo ese sentido y registran información sobre entornos a microescala en el cuerpo, y se mueven bajo su propio poder. Los sistemas bio-híbridos, por su parte, integran componentes biológicos y artificiales (como nanotubos, nanopartículas y micro-máquinas). Los componentes biológicos tienen funcionalidades que complementan las piezas artificiales. Las bacterias, por ejemplo, pueden autopropulsarse de maneras que la mayoría de los sistemas artificiales no pueden, lo que lleva a los investigadores a examinar si los enjambres de bacterias se pueden utilizar para empujar dispositivos de administración de fármacos hechos por el hombre. Los micro-robots bacterianos han sido el objeto principal de la investigación en el campo de los sistemas bio-híbridos, y han comenzado a ser utilizados más ampliamente en la administración de fármacos.

Las prioridades de investigación para la administración de fármacos micro-robóticos incluyen el desarrollo de sistemas biodegradables y no tóxicos capaces de alta autonomía y orientación inteligente, la entrega de robots basados en

catéteres cerca de objetivos de enfermedades, el monitoreo y control de enjambres de micro-robots, y terapias más adecuadas para la entrega robótica (Yang *et al.*, 2018).

Robots que apoyan la salud mental

Recientemente se ha iniciado una investigación sobre robots y salud mental. La soledad es un problema creciente en los países de la OCDE, y el aislamiento que muchos sienten durante los encierros del COVID-19 ha creado estrés mental. Los sistemas robóticos pueden disminuir la soledad en algunas personas. La investigación ha demostrado que un robot que habla frases alentadoras puede afectar positivamente el estado de ánimo de un sujeto y el rendimiento de juego. La interacción con el robot terapéutico PARO, que parece un sello ha mejorado el estado de ánimo de los pacientes con demencia y reducido los sentimientos de aislamiento (Robinson, Broadbent y MacDonald, 2015).

El trastorno del espectro autista (TEA), que afecta a alrededor de 1 de cada 160 niños en todo el mundo, es otro de los objetivos de la investigación. Por ejemplo, estudiar si podían mejorar las habilidades sociales en niños con TEA, (Scassellati *et al.*, 2018) sacó robots del entorno de laboratorio, donde los experimentos suelen ser breves, y en hogares e interacciones a largo plazo. Los robots ayudaron a enseñar habilidades sociales como turnarse, ver la perspectiva de los demás y hacer contacto visual. La investigación mostró que la robótica terapéutica personalizada podría eventualmente ayudar a los padres y terapeutas y proporcionar a los niños con TEA una atención más integral.

Se necesita investigación para desarrollar robots sociales más eficaces. Estos robots construirían y mantendrían modelos multidimensionales de contrapartes humanas, entendiendo más de lo que saben, creen, sienten y pretenden, al mismo tiempo que representan el contexto (Yang *et al.*, 2018). Contribuyendo a este objetivo, el Consejo Nacional de Investigación de Canadá tiene como objetivo ayudar a desarrollar robots que procesen respuestas emocionales.

Robots en el cuidado de mayores y residencias de ancianos

El envejecimiento de la población en los países de la OCDE y la perspectiva subsiguiente de un deterioro físico, cognitivo y socioemocional generalizado relacionado con la edad (Figura 6. 3) han estimulado el interés en cómo los robots podrían ayudar. Con la población más antigua del mundo, Japón es el líder mundial en robótica para el cuidado de ancianos. Una prioridad es cómo los robots podrían complementar la fuerza de trabajo del cuidador, que se proyecta crecerá significativamente. Sólo los Estados Unidos podrían necesitar 2.5 millones

de trabajadores de salud adicionales a largo plazo para 2030. (Bryant, 2017) Varias empresas fabrican robots sociales para el cuidado de ancianos. Estos realizan tareas básicas no médicas, como recordar a los ancianos que tomen medicamentos, al mismo tiempo que proporcionan estimulación cognitiva y una forma de compañerismo. Un desarrollo relacionado son los sistemas que conectan a los usuarios con robots móviles navegables, lo que les permite experimentar vistas y sonidos en el entorno del robot. Estos sistemas, que proporcionan telepresencia, están proliferando gracias a su simplicidad y amplia gama de usos, incluyendo ayudar a los pacientes convalecientes o inmóviles a interactuar con los miembros de la familia en casa, a los pacientes jóvenes a que asistan a la escuela y a las personas de cualquier edad a que visiten museos. Un inconveniente para estos robots es su costo. Por lo tanto, algunas empresas han desarrollado diseños más simples que interactúan con la propia computadora del usuario.

El cuidado de ancianos plantea desafíos particulares para los sistemas robóticos. Por ejemplo, las personas mayores, especialmente las más deterioradas, interactúan con los cuidadores de manera diferente a los adultos más jóvenes. El cuidado robótico para las personas requiere una mejor comprensión y modelado de la comunicación verbal y no verbal entre los ancianos, cuidadores humanos y sistemas robóticos. También se requiere más investigación sobre los resultados de las interacciones de las personas mayores con robots sociales. Otra necesidad es reducir los costos y garantizar la seguridad.

6.7 ROBOTS Y POLÍTICAS PÚBLICAS

En esta sección se examinan las políticas públicas seleccionadas que son relevantes para el desarrollo de la robótica, y el uso de robots en empresas y servicios públicos (toda la gama de políticas incluye temas como la conectividad y la ciberseguridad, no cubiertos aquí) (Nolan, próximamente). La sección también considera opciones para que los gobiernos influyan en la dirección de los acontecimientos futuros a fin de hacer frente a los desafíos sociales a corto y largo plazo. Varios gobiernos tienen estrategias nacionales de robótica en su lugar (Recuadro 6.2).

Recuadro 6. 2. Ejemplos de estrategias nacionales de robótica

Lideradas por China, Japón, Alemania, Corea y los Estados Unidos, todas las estrategias relacionadas con la robótica tienen como objetivo aumentar las aplicaciones en la industria, con diferencias en las prioridades de financiación.

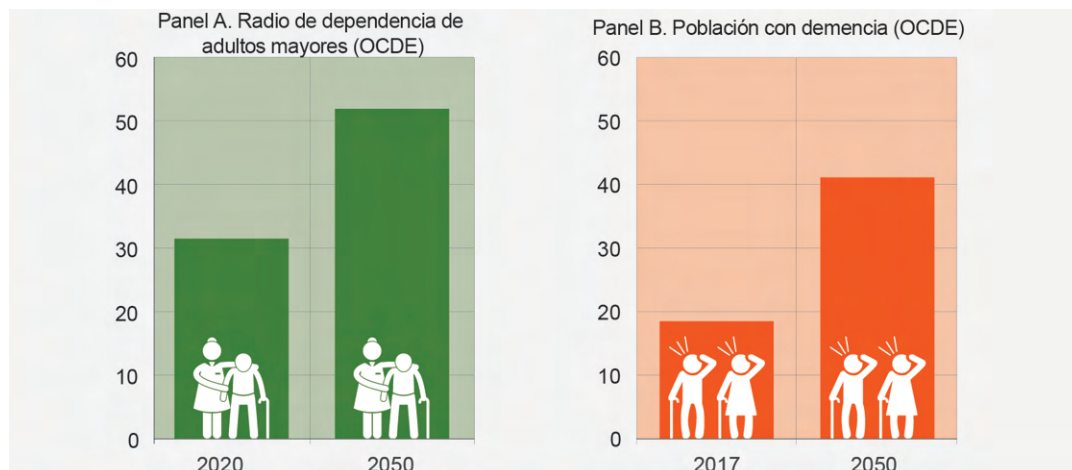


Figura 6.3: Aumento de la dependencia de la vejez y creciente proporción de la población con demencia.

Nota: En el Panel A, la proporción de dependencia de la vejez se define como el número de personas mayores de 65 años por cada 100 personas en edad de trabajar (de 20 a 64 años).

Fuentes: OECD (2019), *Pensions at a Glance 2019: OECD and G20 Indicators*, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/b6d3dcfc-en> (Panel A); OECD (2018), “Care Needed: Improving the Lives of People with Dementia”, *OECD Health Policy Studies*, OECD Publishing, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/9789264085107-en> (Panel B).

Japón fue el principal fabricante de robots industriales del mundo en 2018, entregando el 52 % de la oferta mundial. En el marco de la Nueva Estrategia de Robots, el país aumentó su presupuesto en I+D en robótica a 351 millones de dólares en 2019, con el objetivo de hacer de Japón el líder mundial en innovación en robótica.

La Ley de Desarrollo Inteligente de Robots y Promoción de Suministros de Corea se centra en el papel de los robots en la fabricación avanzada. El Plan Básico para Robots Inteligentes 2019 del país propuso dirigirse al apoyo público y privado en áreas prometedoras de desarrollo y uso de robots.

El programa Horizonte 2020 de la Unión Europea apoya muchos campos de la I+D robótica, incluidas las tecnologías manufactureras, sanitarias, de transporte, agrícolas y de consumo. La Comisión Europea comprometió 780 millones de euros en siete años, a partir de 2014. El Programa de Trabajo 2018-2020 de la Unión Europea incluye financiación para la robótica en la industria y tecnologías básicas como la IA y la cognición, la mecatrónica

cognitiva, la interacción socialmente cooperativa entre humanos y robots y las herramientas de diseño y configuración basadas en modelos.

El programa de Robótica y Sistemas Autónomos 2020 del Reino Unido es una estrategia nacional para capturar valor en todo el sistema industrial y de innovación mediante el desarrollo coordinado de activos, desafíos, clústeres y habilidades.⁵

Aunque los Estados Unidos no poseen una política industrial o de automatización general, ha habido esfuerzos para desarrollar estrategias nacionales de robótica, IA, drones y vehículos autónomos. La Iniciativa Nacional de Robótica (NRI, por sus siglas en inglés) apoya la I+D robótica. La NRI-2.0 se centra en los cobots y fomenta la colaboración entre la academia, la industria, las organizaciones sin fines de lucro y otras organizaciones, en la misma línea que el Advanced Robots for Manufacturing Institute y los clústeres regionales de robótica. Con 35 millones de dólares, el presupuesto de la NRI para 2019 era relativamente pequeño.

Fuente: Demaitre (2020), "Robotics RyD still driven by government initiatives worldwide, says IFR report", <https://www.therobotreport.com/robotics-rnd-still-driven-government-support-worldwide-says-ifr/>.

Interdisciplinaridad en la investigación robótica

Abordar los desafíos de la investigación en robótica requiere colaboraciones interdisciplinarias, por ejemplo entre físicos, matemáticos, científicos de materiales, ingenieros y biólogos, tanto en organizaciones públicas como del sector privado. La política debe garantizar que la robótica no se vea obstaculizada por los impedimentos a la investigación interdisciplinaria, tales como las políticas de contratación, promoción y tenencia, y por los sistemas de financiación que favorezcan las disciplinas tradicionales (véase el Capítulo 3). Las implicaciones éticas, legales y sociales de la robótica, que a menudo son difíciles de prever, también deben ser parte de la investigación.

La investigación en robótica necesita asociaciones público-privadas

La complejidad de algunos desafíos de investigación puede exceder las capacidades de investigación incluso de las instituciones individuales más grandes, lo que requiere un espectro de asociaciones de investigación público-privadas (véase el Capítulo 5). En términos de recursos y enfoque, estas asociaciones pueden ayudar

a crear sinergias entre la investigación básica y la aplicada. Las asociaciones también deben involucrar a los ingenieros, que por lo general desempeñan un papel importante en la búsqueda de las mejores maneras de implementar soluciones robóticas. El Advanced Robotics for Manufacturing Institute (ARM) en los Estados Unidos es un ejemplo de un modelo de asociación de investigación. El ARM tiene como objetivo crear e implementar tecnología robótica mediante la integración de prácticas de la industria y conocimiento institucional en muchas disciplinas, desde la ciencia de materiales hasta el modelado de comportamiento humano y automático. Otro ejemplo es euRobotics, el pilar del sector privado de la Asociación para la Robótica en Europa (SPARC). Con 700 millones de euros de financiación de la Comisión Europea durante 2014-20 y el triple de esa cantidad de la industria europea, SPARC es el mayor programa de innovación robótica financiado por civiles del mundo.

Apoyo a la transferencia de tecnología

La política también podría dirigir la trayectoria del desarrollo de la robótica proporcionando apoyo específico para la comercialización de tecnología. Muchos entornos institucionales afectan a la transferencia y comercialización de conocimientos, desde los acuerdos de concesión de licencias y patentes hasta el *modus operandi* de las organizaciones intermediarias (por ejemplo, las oficinas de transferencia de tecnología). La política debe tener por objeto optimizar este ecosistema independientemente del tipo de tecnología. Sin embargo, cuando las prioridades sociales son urgentes, podría facilitarse la transferencia de tecnología en campos específicos. Por ejemplo, un robot de desinfección móvil fue galardonado con el premio EuRobotics Technology Transfer Award 2020.

Moonshots para robótica en la sociedad

Las subvenciones, la adquisición basada en I+D y los premios a la innovación tienen un papel que desempeñar en la lucha contra los “grandes desafíos” de la investigación para la robótica y la alineación de la robótica con las necesidades sociales. Los premios a los desafíos del sector público y privado han desempeñado un papel destacado en el reciente desarrollo de la robótica. En los Estados Unidos, DARPA, la Oficina de Investigación Naval y la Administración Espacial Nacional de la Aeronáutica (NASA) han llevado a cabo premios de desafío en robótica. Desde una perspectiva política, los premios de desafío son atractivos debido a las inversiones públicas relativamente pequeñas involucradas: el Desafío de Robótica Espacial de la NASA otorgó al equipo ganador un total de 300,000 dólares. Resumido en todos los competidores, el esfuerzo de I+D provocado por

tal premio podría empequeñecer el dinero del premio. Además, las competiciones pueden ayudar a identificar individuos y equipos talentosos, llamando la atención sobre ideas que merecen una segunda oportunidad.

Los concursos de desafíos en robótica podrían preverse para una serie de objetivos sociales importantes, como ayudar a los adultos mayores a vivir más tiempo y con más autonomía en sus propios hogares. También podría considerarse una cartera de concursos de desafíos para la atención sanitaria, y más concretamente para el COVID-19 y las enfermedades infecciosas. Algunos concursos podrían centrarse en tareas críticas de seguridad y mejora de la eficacia que aún no pueden realizar los robots. Una consulta exhaustiva con los trabajadores de la salud y otras partes interesadas podría ayudar a identificar y priorizar los objetivos de los concursos.

Difusión de robots en la atención sanitaria

La falta de familiaridad general de los posibles usos de robots, combinado con el alto costo de los sistemas robóticos de vanguardia, la inercia institucional y la naturaleza incipiente de algunas aplicaciones, ha limitado la aplicación de robots en los sistemas de salud. Los bajos salarios, especialmente entre los trabajadores de la salud, también desalientan las inversiones en robots de asistencia.

Entre otras medidas, los gobiernos podrían examinar cómo acelerar la implementación de soluciones de los robots existentes, como, por ejemplo, proporcionando plataformas que resalten soluciones de vanguardia. La evidencia indica que la presentación de informes públicos sobre el uso de la tecnología por parte de los hospitales puede acelerar el ritmo de adopción (Skinner y Staiger, 2015). Un alto nivel de familiaridad con las tecnologías robóticas podría tener otra consecuencia positiva en una situación de crisis, ya que podría aumentar la disposición para reutilizar o innovar rápidamente con las soluciones robóticas disponibles actualmente. Esto podría ser más rápido y eficaz que confiar en robots más antiguos almacenados en preparación para una crisis. Durante el desastre de Fukushima, por ejemplo, los robots almacenados eran al parecer menos adecuados que los modelos comerciales utilizados habitualmente. Las capacidades específicas (por ejemplo, resistencia a la radiación y movilidad avanzada) de los robots más antiguos diseñados para intervenciones en instalaciones nucleares fueron compensadas por su velocidad lenta y su limitado almacenamiento de energía.

Educación y capacitación

Las habilidades de la fuerza laboral son la variable más crítica en la capacidad de una institución para adoptar nuevas tecnologías. Las poblaciones con habilidades

genéricas amplias y sólidas, es decir, alfabetización, numeración y resolución de problemas, están mejor posicionadas para adquirir conocimientos técnicos que cambian rápidamente. Más concretamente, algunos países están desarrollando rápidamente planes de estudio pertinentes para la educación y la capacitación en robótica a todos los niveles. China, por ejemplo, está desarrollando una educación robótica adaptada a las escuelas primarias.

Las necesidades relacionadas con las habilidades también están en flujo. A medida que los robots se implementen más ampliamente, es probable que aumente la demanda de roles como los “coordinadores de robots” que supervisan los robots y responden a fallos de funcionamiento. No todos los trabajos relacionados con robots son trabajos de software, muchos se refieren al hardware. La formación podría ayudar a abrir esos puestos de trabajo a los trabajadores que poseen habilidades mecánicas impartidas en cursos vocacionales. Muchas de las habilidades necesarias no requieren un título de cuatro años. Los cursos más cortos podrían ayudar, especialmente si se entregan a escala. En los Estados Unidos, por ejemplo, el programa intensivo Rockwell de 12 semanas entrena y certifica a veteranos subempleados como técnicos de instrumentación, control y automatización.

Regulación

La regulación de la robótica es un esfuerzo cada vez más complejo, debido a los rápidos cambios técnicos, el crecimiento de las capacidades de los robots y las nuevas formas de interacción humano-robot. Por ejemplo, a medida que los robots inteligentes se vuelven más utilizados en centros de atención o entornos domésticos, podrían recopilar datos personales sensibles, por ejemplo, sobre puntos de vista religiosos o políticos. Técnicamente, esos datos también podrían compartirse entre robots, o con terceros (la OCDE está trabajando actualmente con expertos independientes para elaborar directrices prácticas para la aplicación de los Principios de la IA de la OCDE; entre otros temas, está examinando la mejor manera en que las autoridades reguladoras pueden abordar mejor los desafíos planteados por la IA).⁶ La regulación tiene objetivos multifacéticos, es decir, proporcionar certeza a los productores, proteger a los consumidores y facilitar la innovación. El objetivo es crear un marco regulatorio que equilibre mejor los tres objetivos. El espacio disponible en este capítulo no es suficiente para examinar las diferencias entre jurisdicciones, las complejidades de la erudición jurídica y los méritos comparativos de las propuestas legales en competencia. Por lo tanto, esta sección solo aborda algunos desafíos principales, basándose en gran medida en (Holder *et al.*, 2016)

Una preocupación obvia es que el campo de la robótica cambia más rápido que los marcos regulatorios (véase el Capítulo 8). Si bien las leyes existentes a

menudo son adecuadas para resolver posibles disputas legales derivadas del uso de robots, algunos cambios pueden ser necesarios. Por ejemplo, si bien ahora es técnicamente factible que un cirujano opere a un paciente en otro país, los marcos legales aún no estipulan qué leyes del país se aplicarían en caso de un percance.

Otro nuevo problema que la regulación puede necesitar abordar es la apariencia humana de algunos robots. Si las personas atribuyen inconscientemente un grado especialmente alto de identidad a los robots humanoides, podrían ser menos propensas a cuestionar las instrucciones o el comportamiento de dichos sistemas. Esto podría tener implicaciones para la protección de los consumidores, que podrían confiar excesivamente en robots similares a los humanos y volverse más susceptibles a la información engañosa. Por la misma razón, la seguridad de algunos sistemas críticos también podría verse afectada cuando los operadores humanos se ocupan de robots humanoides. Por lo tanto, pueden ser necesarias salvaguardias en el futuro para que los robots no sean demasiado antropomórficos.

Una pregunta central para un uso más amplio de los robots, y la industria de seguros, se refiere a la responsabilidad legal. El principal enigma legal se relaciona con el aprendizaje automático en el campo. Hoy en día, si un robot no inteligente está programado incorrectamente y daña a alguien, la responsabilidad recae en el usuario, no en el fabricante del robot. En el caso de robots con funciones de control habilitadas para la IA, existen dos posibilidades:

1. El robot va a la escuela antes de usarse, es decir, el aprendizaje tiene lugar en el fabricante.
2. El robot aprende durante el funcionamiento, incluyendo nuevas tareas no imaginadas por el fabricante.

La primera opción presenta un desafío técnico para los fabricantes de robots habilitados para la IA, ya que reflexionan sobre cómo garantizar que el proceso de aprendizaje no producirá consecuencias imprevistas, sin probar el robot exhaustivamente en cada situación. La segunda opción puede ser más simple (siempre que la primera opción no se pueda resolver). Claramente, el fabricante no puede ser responsable de las acciones del robot si no controla el entorno en el que se utiliza, las situaciones de las que aprende, y así sucesivamente. Una posible solución podría ser certificar las capacidades aprendidas de línea base de un robot; una vez que el usuario desbloquea un proceso de aprendizaje, sin embargo, la garantía es nula.

Los niveles de autonomía de los vehículos automotores existen en una escala de 1 a 5. Para los robots médicos, no existe una definición establecida de los

niveles de autonomía. Tal definición es más complicada de lograr: la gama de tareas, entornos de trabajo, tecnologías y riesgos a tener en cuenta es mucho mayor que para los vehículos automotores. Los niveles definidos de autonomía asignan eficazmente las tecnologías a diferentes procedimientos de aprobación regulatoria, que varían en rigor, costo y tiempo. Para todo el sector es necesaria una categorización de la autonomía de los robots médicos (Yang *et al.*, 2018).

También es importante examinar si la regulación obstaculiza las nuevas soluciones robóticas. En una situación de crisis como la del COVID-19, la regulación para algunas aplicaciones de robots podría restar importancia a la eliminación de riesgos y reducir la responsabilidad de los innovadores de forma justificada. Un ejemplo podría ser la regulación que rige los sistemas robóticos de reparto, que presentan menos implicaciones de seguridad si una población está en cuarentena.

Por último, una regulación compleja puede obstaculizar la adopción de robots, particularmente en pequeñas y medianas empresas, que normalmente carecen de equipos especializados en cumplimiento normativo. Existen programas públicos para ayudar a estas empresas a utilizar robots cuando la regulación es difícil de interpretar.⁷ Sin embargo, una mejor solución sería comenzar con un marco regulatorio más apto.

6.8 CONCLUSIÓN

El progreso en robótica podría aumentar el nivel de vida, la calidad de vida y la resiliencia social, así como fortalecer los sistemas de salud. El potencial de la robótica es vasto, pero sólo ha comenzado a alcanzarse. Los gobiernos poseen una serie de herramientas para acelerar la implementación de robots socialmente valiosos. El apoyo tanto a la I+D pública como a las asociaciones público-privadas es esencial, y la comunidad de científicos e ingenieros robots está ampliamente de acuerdo en las prioridades (Nolan, próximamente). Los responsables políticos pueden dar forma al curso del futuro de la evolución para hacer un mejor frente a los desafíos en esferas como la atención sanitaria, el crecimiento de la productividad, los efectos disruptivos en los mercados laborales y las necesidades de cualificación nuevas o mayores. Al igual que con muchas tecnologías digitales (incluso tecnologías maduras como la informática en la nube), la difusión de robots en toda la economía y los sistemas de salud está muy por debajo del potencial. Este déficit tiene una variedad de causas, todas las cuales pueden ser influenciadas a través de las políticas públicas. A medida que los robots adquieren nuevas capacidades, plantean nuevos problemas de política, desde la privacidad hasta la responsabilidad legal. Los robots pueden

hacer más por la sociedad de lo que ocurre hoy en día, pero la política activa es un requisito previo.

6.9 REFERENCIAS

- Atkinson, R. (2019), “Robotics and the Future of Production and Work”, *Information Technology and Innovation Foundation*, 15 October, Washington D.C., <https://itif.org/publications/2019/10/15/robotics-and-future-production-and-work>.
- Bryant, N. (2017), “Helping Leading Age Members Address Workforce Challenges: A National Workforce Crisis”, @UMass Boston, Boston, Massachusetts, https://www.leadingage.org/sites/default/files/LA_Workforce_Survey_Whitepaper_v5.pdf.
- CCC/CRA (2009), “A Roadmap for US Robotics: From Internet to Robotics: From Internet to Robotics”, <https://cra.org/ccc/wp-content/uploads/sites/2/2018/06/A-Roadmap-for-US-Robotics-From-Internet-to-Robotics.pdf>.
- Chandler, D. (2018), “Cell-sized robots can sense their environment: Made of electronic circuits coupled to minute particles, the devices could flow through intestines or pipelines to detect problems.”, *MIT News Office*, <https://news.mit.edu/2018/cell-sized-robots-sense-their-environment-0723>.
- Cozzens, T. (2020), “China fights coronavirus with delivery drones”, *GPS World*, <https://www.gpsworld.com/china-fights-coronavirus-with-delivery-drones/>.
- Demaitre, E. (2020), “Robotics RnD still driven by government initiatives worldwide, says IFR report”, *The Robot Report*, 8 June, <https://www.therobotreport.com/robotics-rnd-still-driven-government-support-worldwide-says-ifr/>.
- euRobotics (2020), “10 ways robots fight against the COVID-19 pandemic”, *euRobotics*, <https://www.eu-robotics.net/eurobotics/newsroom/press/robots-against-covid-19.html>.
- Filks, I. y N. Skydsgaard (2020), “Robot to safely swab for coronavirus developed by scientists in Denmark”, *Reuters*, <https://uk.reuters.com/article/us-health-coronavirus-swab-robot/robot-to-safely-swab-for-coronavirus-developed-by-scientists-in-denmark-idUKKBN23B1PF>.
- Fussell, S. *et al.* (2008), “How people anthropomorphize robots”, *Proceedings of the 3rd international conference on Human robot interaction - HRI '08*, <http://dx.doi.org/10.1145/1349822.1349842>.
- Haridy, R. (2020), “Machine learning helps robot harvest lettuce for the first time”, *New Atlas*, <https://newatlas.com/robot-harvest-lettuce-vegetable-machine-learning-agriculture/60465>.

- Holder, C. *et al.* (2016), “Robotics and law: Key legal and regulatory implications of the robotics age (Part I of II)”, *Computer Law y Security Review*, Vol. 32/3, pp. 383-402, <http://dx.doi.org/10.1016/j.clsr.2016.03.001>.
- Hutson, M. (2017), “Searching for survivors of the Mexico earthquake—with snake robots”, *Science*, <https://www.sciencemag.org/news/2017/10/searching-survivors-mexico-earthquake-snake-robots>.
- IFR (2019), *World Robotics 2019 Report*, Federación Internacional de Robótica, Frankfurt, Alemania, <https://ifr.org/worldrobotics>.
- Lane, T. (2018), “A short history of robotic surgery”, *The Annals of The Royal College of Surgeons of England*, Vol. 100/6_sup, pp. 5-7, <http://dx.doi.org/10.1308/rcsann.suppl.5>.
- Laschi, C., B. Mazzolai y M. Cianchetti (2016), “Soft robotics: Technologies and systems pushing the boundaries of robot abilities”, *Science Robotics*, Vol. 1/1, p. eaah3690, <http://dx.doi.org/10.1126/scirobotics.aah3690>.
- Loftus, T. *et al.* (2020), “Artificial Intelligence and Surgical Decision-making”, *JAMA Surgery*, Vol. 155/2, p. 148, <http://dx.doi.org/10.1001/jamasurg.2019.4917>.
- Nolan, A. (próximamente), “Making life richer, easier and healthier: Robots, their future and the roles for public policy”, *OECD Science, Technology and Industry Working Papers*, OECD, Paris.
- OECD (2019), *Pensions at a Glance 2019: OECD and G20 Indicators*, OECD Publishing, Paris, <https://dx.doi.org/10.1787/b6d3dcfc-en>.
- OECD (2018), *Care Needed: Improving the Lives of People with Dementia*, OECD Health Policy Studies, OECD Publishing, Paris, <https://dx.doi.org/10.1787/9789264085107-en>.
- Parrock, J. (2020), “Coronavirus: Belgium hospital employs robot to protect against COVID-19”, *Euronews*, <https://www.euronews.com/2020/06/02/coronavirus-belgium-hospital-employs-robot-to-protect-against-covid-19>.
- Ridden, P. (2019), “Plastic hunting robot crab takes its first dive”, *New Atlas*, <https://newatlas.com/silver-2-plastic-hunting-robot-crab/60097/>.
- Robinson, H., E. Broadbent and B. MacDonald (2015), “Group sessions with Paro in a nursing home: Structure, observations and interviews”, *Australasian Journal on Ageing*, Vol. 35/2, pp. 106-112, <http://dx.doi.org/10.1111/ajag.12199>.
- Scassellati, B. *et al.* (2018), “Improving social skills in children with ASD using a long-term, in-home social robot”, *Science Robotics*, Vol. 3/21, p. eaat7544, <http://dx.doi.org/10.1126/scirobotics.aat7544>.
- Skinner, J. y D. Staiger (2015), “Technology Diffusion and Productivity Growth in Health Care”, *Review of Economics and Statistics*, Vol. 97/5, pp. 951-964, http://dx.doi.org/10.1162/rest_a_00535.

- Terryn, S. *et al.* (2017), “Self-healing soft pneumatic robots”, *Science Robotics*, Vol. 2/9, p. eaan4268, <http://dx.doi.org/10.1126/scirobotics.aan4268>.
- Yang, G. *et al.* (2018), “The grand challenges of Science Robotics”, *Science Robotics*, Vol. 3/14, p. eaar7650, <http://dx.doi.org/10.1126/scirobotics.aar7650>.
- Yang, G. *et al.* (2020), “Combating COVID-19—The role of robotics in managing public health and infectious diseases”, *Science Robotics*, Vol. 5/40, p. eabb5589, <http://dx.doi.org/10.1126/scirobotics.abb5589>.

NOTAS

- 1 El Oxford English Dictionary define un robot de dos maneras. La primera definición es “una máquina capaz de llevar a cabo una serie compleja de acciones automáticamente, especialmente una programable por una computadora”. Bajo esta definición, los teléfonos inteligentes son robots: perciben algo (a través de micrófonos, cámaras y entrada de texto), y actúan sobre sus percepciones (poner citas en calendarios, enviar dinero, etc.). La segunda definición, aunque la distinción entre ambos no es estrictamente técnica, es “una máquina que se asemeja a un ser humano y capaz de replicar ciertos movimientos y funciones humanas automáticamente”. Este capítulo se centra en máquinas que están más estrechamente de acuerdo con el segundo sentido.
- 2 Como dijo recientemente Colin Angle, cofundador de iRobot, la empresa de robótica de consumo más exitosa del mundo, “no hemos llegado ni al inicio del potencial de la robótica”.
- 3 Cuando aparecieron por primera vez los clips de YouTube del robot “Atlas” de Boston Dynamic realizando vueltas hacia atrás haciéndolo parecer un humano de verdad, dichos clips se hicieron virales. En 2015, el MIT demostró que el robot cuadrúpedo “Cheetah” saltaba sin ataduras sobre obstáculos a una velocidad de 23 kilómetros por hora. Aquí de nuevo, las imágenes eran sin precedentes y sorprendentemente realistas.
- 4 El término “Ley de Moore” se refiere a una tendencia de reducción exponencial de transistores en circuitos integrados, descrito por Gordon Moore en 1965.
- 5 <http://www.ukras.org/>
- 6 <https://oecd.ai/>.
- 7 Véase, por ejemplo, el proyecto COVR financiado con fondos europeos (www.safearoundrobots.com).

7. Acelerar la innovación para hacer frente a los desafíos globales: el papel de la ingeniería biológica

La innovación en las ciencias de la vida será fundamental para abordar los principales desafíos de nuestro tiempo, desde las pandemias, pasando por el cambio climático, hasta la transición a sistemas de producción sostenibles. La biología sintética, también conocida como “ingeniería biológica”, tiene como objetivo aprovechar los procesos biológicos para actuar como una tecnología de plataforma en una amplia gama de sectores económicos clave. ¿Qué se requiere para crear las condiciones propicias para el campo, y cómo podría el campo aportar soluciones a los complejos problemas que enfrentamos? Este capítulo ubica los desafíos de la pandemia y la sostenibilidad, escritos a gran escala dentro del panorama de ventajas y avances clave en ingeniería biológica. Comenzando con la “biofundición”, estos enfoques de la práctica de la ingeniería prometen abrir nuevas oportunidades para la fabricación. Estos abarcan una amplia gama de sectores y productos, ya sean nuevos materiales, productos químicos más ecológicos o, lo que es más pertinente para este momento en particular, diagnósticos y vacunas.

HALLAZGOS CLAVE

- **La crisis de COVID-19 subraya la necesidad de promover una misión de resiliencia de la salud**, tanto en horizontes de tiempo más cortos como más largos, lo que requiere una inversión sólida en ciencia y tecnología de la salud. Las nuevas tecnologías

prometedoras, como la ingeniería biológica, merecen consideración como un posible medio para lograr la resiliencia de la salud como una misión a más largo plazo. El desarrollo del campo podría impulsarse a través de políticas orientadas a la misión a fin de asegurar la alineación del desarrollo tecnológico y el objetivo de la resiliencia de la salud.

- **Los gobiernos podrían establecer y apoyar una infraestructura precompetitiva y plataformas colaborativas**, tales como las biofundidoras en red y consorcios de investigación, asegurando una financiación estable y a largo plazo. Dichas infraestructuras de investigación y traslacionales podrían reducir el riesgo de la inversión privada y acelerar la comercialización.
- **Las plataformas colaborativas, construidas alrededor de biofundiciones y otras tecnologías emergentes, pueden ayudar a profundizar el compromiso de la sociedad en general con las tecnologías emergentes.** En ese contexto, el compromiso social de las plataformas colaborativas con actores ajenos a sus actividades de innovación es cada vez más importante. Mantener los niveles de participación y compromiso del público durante la vida útil de la plataforma puede generar la confianza mutua y el contrato social que se necesita para respaldar a la empresa.
- **Los gobiernos deben fomentar el desarrollo de entornos multidisciplinarios y habilidades transdisciplinarias para promover la convergencia.** La ingeniería biológica se extiende más allá de los límites de las disciplinas tradicionales, basándose en la ingeniería, la biología, la ciencia de datos y las ciencias físicas. Los entornos multidisciplinarios son clave para su éxito y dependen de personas que puedan comunicarse entre disciplinas.

7.1 INTRODUCCIÓN

Ha comenzado la carrera para limitar los efectos del cambio climático por todos los medios disponibles. Con alrededor de 70,000 productos derivados (Cayuela Valencia, 2013), la química es la empresa comercial más grande del planeta, pero es responsable de grandes emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Además, la industria química y petroquímica es la que más contribuye a la demanda de energía industrial (fósil) en todo el mundo (Griffin, Hammond and

Norman, 2018). El atractivo de la ingeniería biológica radica en el hecho de que las reacciones biológicas requieren recursos de carbono renovables (por ejemplo, la caña de azúcar) ya que las materias primas y las reacciones ocurren a bajas temperaturas y presiones ambientales, lo que requiere pocos insumos de energía, en contraste directo con la economía fósil predominante.

La ingeniería biológica (o “biología sintética”) como disciplina de la investigación en biología básica se inició a principios del siglo XXI (Cameron, Bashor and Collins, 2014), y sus aplicaciones a diversas ramas de la fabricación fueron claras desde el principio. Los términos “ingeniería biológica” y “biología sintética” ahora se consideran sinónimos, aunque los profesionales ven algunos matices. Si hay una diferencia, es que la ingeniería biológica es un intento de convertir la biotecnología en una disciplina que recuerda más a la ingeniería que a la biología, es decir, más enfocada en la producción industrial.

La llegada de la pandemia de COVID-19 ha puesto de relieve los problemas asociados con la preparación de la sociedad para hacer frente a los virus emergentes y las pandemias, lo que subraya la importancia de los nuevos enfoques biotecnológicos. De hecho, el COVID-19 puede representar una oportunidad para que la ingeniería biológica ejerza un impacto económico y social tangible en la salud.

En este capítulo se examina en primer lugar la reciente aparición de la nueva plataforma tecnológica en ingeniería biológica denominada “biofundición” [“biofoundry”], un nuevo vehículo prometedor para acelerar el desarrollo de constructos útiles. El capítulo luego pasa a la posible aplicación de la ingeniería biológica y la biofundición a las vacunas y los diagnósticos, que son de importancia crítica en el contexto de la pandemia de COVID-19. Si bien la ingeniería biológica ha luchado por tener un impacto en los combustibles líquidos y los productos químicos básicos (donde se obtendrán las mayores ganancias en las reducciones de emisiones de GEI), existe la esperanza de que pueda desempeñar un papel importante en otros campos. En tercer lugar, la discusión revisa las tendencias emergentes en el desarrollo de productos de base biológica, desde la seda de araña hasta la codificación de información utilizando ADN. Por último, establece un conjunto de consideraciones de políticas que resultarían útiles para desarrollar hojas de ruta y otras intervenciones de políticas relacionadas con la ingeniería biológica.

7.2 LA PROMESA DE LAS BIOFUNDIDORAS

El campo de la ingeniería biológica ha avanzado rápidamente en los últimos años (Opgenorth *et al.*, 2019), hasta el punto en que ha surgido un ciclo de Diseño-Construcción-Prueba-Aprendizaje (DBTL, por sus siglas en inglés). Esto

ha sido posible gracias a la robótica y el aprendizaje automático que pueden integrar y mejorar la intervención humana (Figura 7.1). Este ciclo está encapsulado en la biofundición, donde muchas moléculas candidatas pueden ejecutarse iterativamente a través del ciclo DBTL para obtener rápidamente una candidata optimizada.

Los desafíos técnicos son muchos, pero uno de los mayores desafíos para la ingeniería biológica es la ampliación. Las razones se encuentran en los detalles técnicos de la biología: las materias primas deben diluirse; el bioproceso es lento; y los productos también están diluidos, lo que requiere un esfuerzo considerable para concentrarlos y purificarlos (Wu and Maravelias, 2019). En química, por el contrario, ocurre lo contrario: las materias primas se concentran; las reacciones son rápidas; y los productos están concentrados, lo que requiere menos esfuerzo y costo de purificación. Por estas razones, la biología seguirá luchando para competir con la química, especialmente porque la industria química también está a la altura del desafío de la sostenibilidad (Horváth, 2018).

Las biofundidoras son instalaciones altamente automatizadas que permiten el uso coordinado de robots de laboratorio. Se basan en infraestructuras de información que permiten a los robots de programación y otros equipos dentro de la biofundición seguir flujos de trabajo complejos y detallados (Chao *et al.*, 2017). Los biodiseñadores pueden producir construcciones genéticas que, cuando se colocan en una célula (o chasis, como *Escherichia coli* o *E. coli*), actúan como un conjunto de instrucciones para que la célula produzca otras moléculas que no produciría naturalmente.

La esperanza es que las biofundiciones reduzcan en gran medida el tiempo que transcurre entre la idea y el producto y mejoren la fiabilidad y reproducibilidad que hasta ahora ha faltado en la biotecnología. Uno de los impulsores de la ingeniería biológica es el objetivo de aumentar la reproducibilidad para permitir la precisión cuantitativa requerida para la fabricación moderna. Los estándares, la automatización y el aprendizaje automático son clave para el éxito de este enfoque, que es aplicable tanto a la investigación como a la producción industrial (Recuadro 7.1).

Recuadro 7.1. ¿Cómo funcionan las biofundidoras?

Las biofundidoras se basan en la capacidad de modularizar construcciones de genes y luego estudiar el comportamiento del constructo mediante una técnica llamada “caracterización”. Normalmente, un constructo se caracteriza durante varios días, siguiendo sistemáticamente un protocolo de flujo de trabajo. El enfoque del flujo de trabajo está diseñado para aumentar en gran medida la confiabilidad y la reproducibilidad, siendo

el aprendizaje automático la clave para acelerar el ciclo. Cuando una construcción genética se ha caracterizado por completo, el proceso debe ser geográficamente transferible, construyendo así el vínculo con la fabricación distribuida. Muchos bioprocesos industriales nunca han optimizado el biocatalizador de ninguna manera para hacer frente a las condiciones de fermentación o maximizar la productividad. Por tanto, la biofundición puede representar un “eslabón perdido” en el bioprocesamiento industrial. La combinación de herramientas de biodiseño y biofundiciones está produciendo la biología digital que podría revolucionar la fabricación de muchos productos de base biológica deseables. Una característica del enfoque de la biofundición consistente con la fabricación moderna es que el sitio de diseño (la biofundidora) se puede separar totalmente del sitio de fabricación (típicamente la biorrefinería).

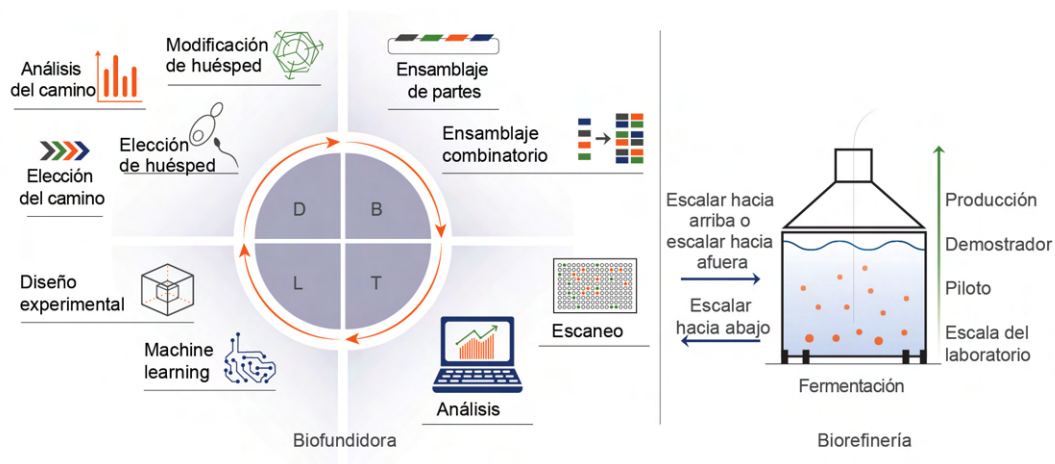


Figura 7.1: El ciclo DBTL de las biofundidoras.

Nota: El ciclo DBTL iterativo forma el núcleo de la biofundición. Las biofundidoras diseñan partes de ADN a través de métodos computacionales y ensamblan esas partes, creando prototipos y probando el desempeño de los diseños en células vivas. A estos le sigue la aplicación de herramientas de aprendizaje automático para informar el proceso de diseño. Las iteraciones del ciclo DBTL dan como resultado diseños genéticos que tienen como objetivo cumplir con las especificaciones del diseño.

La biofundidora como asociación público-privada

Existen biofundidoras, aunque en pequeñas cantidades (Figura 7.2). Al igual que con otras áreas de producción de base biológica, el sector privado puede no estar dispuesto a correr el riesgo de construir una infraestructura costosa

en ausencia de una política de apoyo o un mercado en el que los productos puedan competir en precio. Para avanzar en la difusión de esta tecnología, se han construido muchas bio-fundidoras con apoyo público.

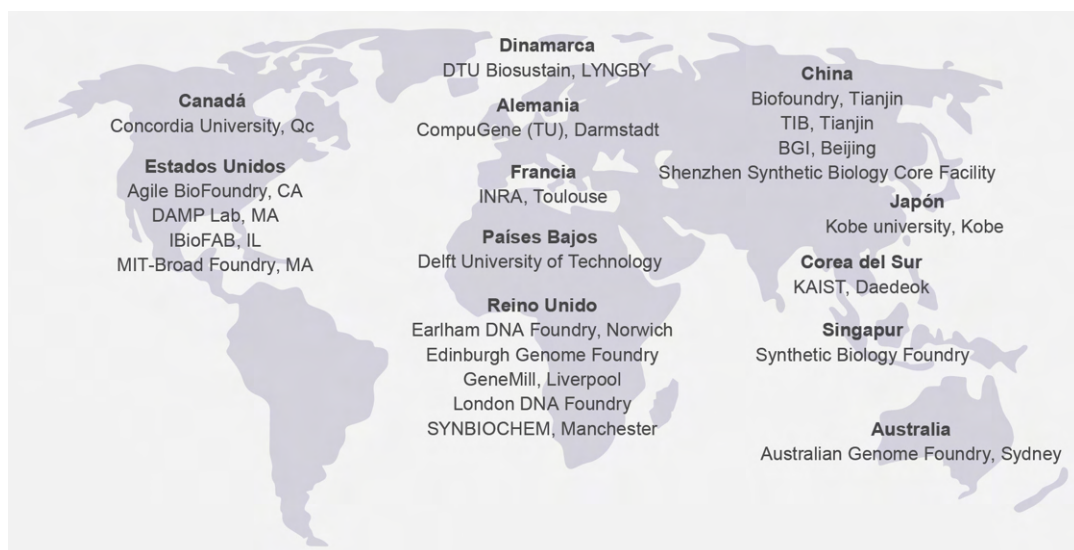


Figura 7.2: Un número limitado pero creciente de biofundidoras públicas.

Idealmente, las empresas del sector privado pueden interactuar con las instalaciones públicas para mejorar sus capacidades de I+D, creando verdaderas asociaciones público-privadas. Cuando los sectores de la industria se unen para identificar preguntas de investigación fundamental de alto riesgo, intensivas en capital, alineadas con las prioridades gubernamentales, pueden surgir asociaciones de alto impacto y se pueden superar las principales barreras que impiden los avances en bioeconomía. Existen relativamente pocos modelos de trabajo para tales asociaciones, pero Agile BioFoundry (ABF) en los Estados Unidos es un ejemplo interesante (Recuadro 7.2). La ABF actúa como núcleo para el desarrollo de ecosistemas industriales y de innovación para la bioeconomía. Algunas de las empresas de biología sintética más conocidas de Estados Unidos han trabajado en proyectos con la ABF (Philp and Winickoff, 2019). Una biofundidora como la ABF puede realizar esta función porque se alinea perfectamente con un principio central de la fabricación distribuida, es decir, que gran parte de la cadena de suministro física se reemplaza por información digital. Se espera que dicha infraestructura permita una fabricación más pequeña (e incluso a microescala) mucho más cerca del usuario final (Srai *et al.*, 2016).

Recuadro 7.2. La Agile BioFoundry

La ABF es una instalación del Departamento de Energía de EE. UU. (DOE, por sus siglas en inglés). Esta inversión en infraestructura pública por un total de 20 millones de dólares estadounidenses por año está diseñada para aumentar la competitividad industrial de Estados Unidos al mismo tiempo que crea oportunidades para el crecimiento y el empleo del sector privado. Cualquier entidad legal dentro de los Estados Unidos o en el extranjero es elegible para usar la plataforma, sujeto a la revisión o la aprobación del DOE y los términos especificados en los dos mecanismos de contratación principales que rigen el trabajo realizado: Acuerdos de investigación y desarrollo colaborativos [Collaborative Research and Development Agreements -CRADA] y el Programa de asociación estratégica [Strategic Partnership Program -SPP].¹ La ABF opera bajo prácticas contables de recuperación total de costos, lo que significa que los colaboradores pagan la mano de obra y los consumibles de laboratorio.

La interacción está fuertemente influenciada por los acuerdos de propiedad intelectual (PI), que se rigen por el mecanismo de contratación (CRADA *vs.* SPP). Para los proyectos del SPP, que suelen tener un alcance más pequeño que los CRADA, un socio de propiedad estadounidense (como una empresa) que utilice fondos no federales para pagar el proyecto puede elegir el título de todas las invenciones del proyecto. Para los proyectos CRADA, la titularidad de la propiedad intelectual sigue a la invención. Si los fondos del DOE respaldan alguno de los trabajos (es decir, “para las invenciones de laboratorio del DOE”), el colaborador puede elegir entre una opción sin costo de seis meses con una licencia exclusiva con regalías en un campo de uso, o una opción sin costo de 18 meses con una licencia no exclusiva con regalías en todos los campos de uso. El CRADA no es negociable. Si no se utilizan fondos del DOE para el proyecto, el CRADA es negociable y al colaborador se le ofrece la opción estándar de seis meses con una licencia exclusiva en un campo de uso.

Es posible, como parte de los proyectos CRADA, que las empresas integren a sus empleados dentro de la ABF mientras realizan el trabajo colaborativo. Las organizaciones no gubernamentales y las fundaciones pueden ayudar a coordinar actividades (por ejemplo, a través de la Global Biofoundry Alliance (Hillson *et al.*, 2019)) y establecer los estándares practicados en la ABF (por ejemplo, el Lenguaje Abierto de Biología Sintética [Synthetic Biology Open Language]).²

7.3 APLICACIONES POTENCIALES

Vacunas

A pesar de varios brotes importantes de enfermedades virales durante las primeras décadas del siglo XXI, la industria de las vacunas está enfrentando desafíos. Un estudio importante (National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, 2020) indicó que la cantidad gastada por los Estados Unidos en vacunas “parece ser insignificante en comparación con la gastada en otras intervenciones médicas y sociales que pueden tener menos beneficios sociales”. Los costos fijos de las plantas de producción de vacunas tradicionales son muy altos. Incluso si teóricamente no existe escasez de una vacuna en particular, existe la posibilidad de que exista escasez en los lugares donde más se necesita, es decir, cerca del lugar del brote de la enfermedad. El transporte de vacunas a menudo depende de una cadena de frío muy sólida, pero se han registrado muchos casos de fallas de temperatura en la cadena de frío.

La ingeniería biológica podría presentar un conjunto útil de herramientas en este contexto. Varias vacunas de COVID-19, ya sea en uso actual o en ensayos clínicos en etapa tardía, son vacunas de ARN mensajero (ARNm), que son susceptibles de un enfoque de ingeniería biológica. El ARNm está diseñado específicamente para producir los antígenos exactos necesarios para contrarrestar el virus objetivo. Muchos prototipos pueden diseñarse y construirse en biofundidoras. Este enfoque presenta una serie de ventajas. Primero, la producción o fabricación se puede lograr directamente en el laboratorio, sin células y sin huevos. En segundo lugar, en lugar de transportar una vacuna a través de una cadena de frío que a menudo falla, es información digital la que se transfiere a una pequeña planta de producción cercana al lugar donde realmente se necesita la vacuna. En tercer lugar, y lo más importante, la velocidad es fundamental. (Ulmer, Mansoura and Geall, 2015) describieron una prueba de concepto para la producción de una vacuna antigripal de ARNm autoamplificadora, desde la síntesis de genes hasta la formulación y liberación, en 13 días, que anticiparon podría reducirse a 5 días.

Varias biofundidoras no comerciales existentes ofrecen una infraestructura integrada, que incluye equipos automatizados de alto rendimiento para permitir la creación de prototipos de estándares de pruebas biológicas y el desarrollo de flujos de trabajo de manipulación de líquidos para pruebas de diagnóstico de SARS-CoV-2 (Crone *et al.*, 2020). La biofundición también se puede aplicar al diseño de ciertos tipos de vacunas (Ulmer, Mansoura and Geall, 2015).

Más allá del potencial de la ingeniería biológica en el diseño de vacunas, también es importante considerar su uso en el diseño y optimización de los

procesos de biofabricación de vacunas (y otros vectores virales) y líneas celulares para mejorar la producción. De manera similar, la ingeniería biológica tiene innumerables aplicaciones en el diseño y optimización de terapias celulares y sus procesos de fabricación paralelos; esto se vuelve importante cuando se considera la entrega de productos celulares en el punto de atención.

En algunos sectores, particularmente el químico, es difícil reemplazar el modelo de economías de escala, ya que se han logrado grandes eficiencias mediante la fabricación centralizada a gran escala. En la producción farmacéutica, sin embargo, existen razones de peso para que la industria se reduzca (National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, 2020). Un propiciador esencial es que muchos productos farmacéuticos, especialmente los biofarmacéuticos, no responden a las economías de escala. Esto es cierto en el caso de las vacunas: en comparación con los productos químicos básicos, son productos de alto valor y bajo volumen de producción. El simple aumento del volumen de producción no se traduciría en costos o precios más bajos.

El enfoque de la ingeniería biológica también se presta a la visión de la denominada fabricación distribuida³ en pequeñas instalaciones en muchos lugares que podrían ofrecer un modelo de producción más atractivo. La combinación de instalaciones de diseño remotas como biofundidoras y plantas de producción a pequeña escala ubicadas lo más cerca posible del punto de atención tiene sentido en un mundo que necesita actuar con mucha más urgencia cuando se ve amenazado por nuevos brotes de enfermedades y pandemias. De hecho, la industria farmacéutica está buscando formas de reducir su tamaño: las biofarmacéuticas no responden a las economías de escala de la misma manera que lo hacen los productos químicos básicos.

La fabricación distribuida podría ayudar a “democratizar” las respuestas a las pandemias (National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, 2020) y oponerse al espectro del “nacionalismo de las vacunas” (Weintraub, Bitton and Rosenberg, 2020). Los fabricantes de vacunas de los países en desarrollo ya suministran más de la mitad de las vacunas que se utilizan en los programas de inmunización de los países en desarrollo, por lo que existen las capacidades. La implementación de la fabricación distribuida es una cuestión de voluntad política y una mayor difusión de las tecnologías relevantes.

Dispositivos médicos y de diagnóstico

Más allá de las vacunas, el enfoque de fabricación distribuida o de biofundición también es aplicable a dispositivos médicos y de diagnóstico. El potencial del enfoque fue demostrado por (Crone *et al.*, 2020), quien demostró que una

plataforma técnica automatizada de diagnóstico clínico de SARS-CoV-2 diseñada y desarrollada en una biofundidora se podía implementar y escalar rápidamente.

7.4 OTRAS TENDENCIAS EN PRODUCTOS DE BASE BIOLÓGICA

La ingeniería biológica debe en parte su atractivo a su capacidad para actuar como tecnología de plataforma en una amplia gama de los sectores económicos más importantes (Figura 7.3). La necesidad de reducir las emisiones de carbono y el consumo de combustibles fósiles también representa una oportunidad para que la ingeniería biológica surja como un sector de servicios y fabricación: para 2100, es posible que más del 95 % de los productos químicos y polímeros tengan que derivarse de recursos renovables (Devaney, 2016). Las aplicaciones de la ingeniería biológica incluso existen en el espacio: la Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio de los Estados Unidos, por ejemplo, apoya la ingeniería biológica para reducir los riesgos asociados con la exploración espacial (U.S. Government Accountability Office, 2018). En la Tierra, la ingeniería biológica podría usarse para diseñar microbios para producir nutrientes específicos para el consumo humano, mientras que las bacterias podrían manipularse para producir herramientas y materiales de construcción livianos. Con esta gama de aplicaciones en mente, la ingeniería biológica necesita dar el salto de una disciplina centrada en la ciencia a un campo de la ingeniería que incorpore paradigmas modernos de fabricación.

El cambio de biocombustibles a bioproductos de mayor valor

De acuerdo con una alineación con los objetivos de sostenibilidad, los primeros esfuerzos a escala comercial en ingeniería biológica se centraron en la producción de biocombustibles líquidos. Algunas ofertas públicas iniciales de alto perfil dirigidas a esta área se lanzaron en 2010-12, especialmente en los Estados Unidos. A pesar de muchos éxitos de investigación, estas empresas no estaban preparadas para la magnitud de la tarea de llevar un biocombustible líquido a una escala suficiente para influir significativamente en el mercado de combustibles fósiles (Westfall and Gardner, 2011). Además, hubo muchas críticas sobre la sostenibilidad de la materia prima utilizada y sus impactos en las emisiones de carbono.

Desde entonces, han surgido empresas de ingeniería biológica de “segunda generación”, que tienen como objetivo productos de mayor valor y menor volumen de producción (Check Hayden, 2014). La comercialización de la vainillina de biología sintética es un éxito reciente notable. Utilizada en muchos productos, la vainillina sintética se produce típicamente a partir de productos petroquímicos

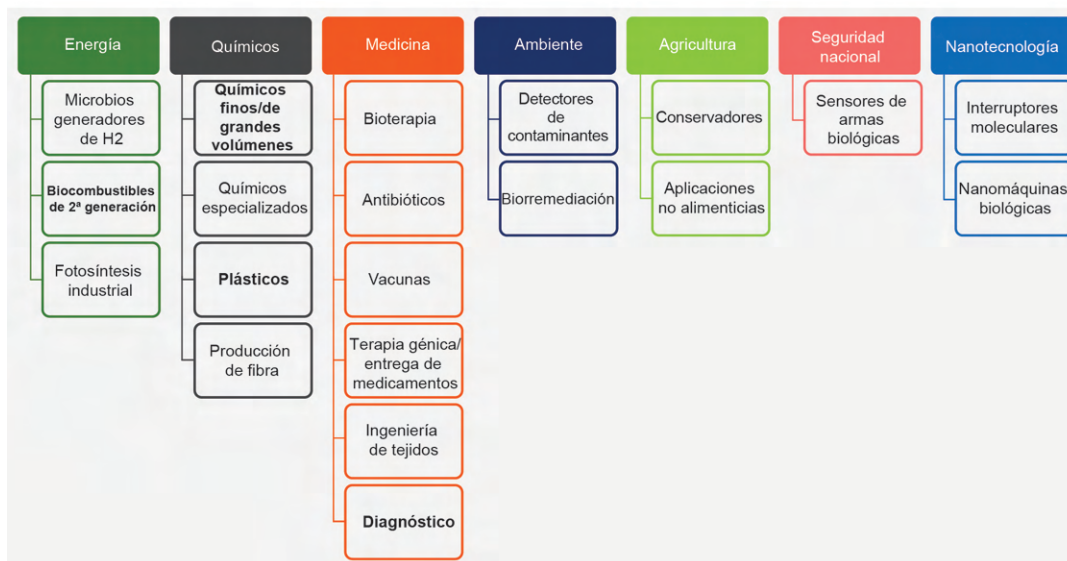


Figura 7.3: Ingeniería biológica: una plataforma potencial en muchos sectores económicos importantes.

Nota: las aplicaciones en negritas son aquellas para las que aún no se han visto los primeros impactos.

o se deriva químicamente de la lignina (pulpa de madera). La empresa suiza Evolvea creó una levadura modificada genéticamente que convierte los azúcares en vainillina. Es el primer aditivo alimentario importante de biología sintética que llega a los supermercados, y hay otros en desarrollo. Los aromas y las fragancias pueden tener precios que oscilan entre los 10 y los 10,000 dólares estadounidenses por kilogramo, en comparación con alrededor de 1 dólar por kilogramo de los biocombustibles.

Nuevos materiales: sedas de araña

La aplicación de la ingeniería biológica al desarrollo de nuevos materiales es una vía prometedora para la innovación. Las sedas de araña, los materiales biológicos más resistentes conocidos, son un ejemplo interesante. Son más resistentes que el acero y más resistentes que el Kevlar [®], pero también flexibles, con una amplia gama de aplicaciones. Las sedas de araña son ligeras y prácticamente invisibles para el sistema inmunológico humano, lo que genera un “potencial revolucionario” para la medicina y la industria (Babb *et al.*, 2017). Los biólogos ingenieros están interesados en las sedas de araña porque se pueden personalizar para diferentes materiales y aplicaciones. Entre las aplicaciones potenciales más nuevas de la seda de araña se encuentran los micrófonos en audífonos y teléfonos

celulares. La empresa alemana AMSilk ha firmado un acuerdo con Airbus para desarrollar materiales estructurales para aviones utilizando seda sintética de araña, y Adidas ha desarrollado un zapato biodegradable utilizando este material. La seda también tiene aplicaciones de alto valor en cosméticos, y Givaudan ha adquirido el negocio de cosméticos de AMSilk.

Ácido adípico como equivalente petroquímico

Mientras que la seda de araña representa un material industrial completamente nuevo, muchos de los productos derivados de la biología sintética son productos petroquímicos, es decir, equivalentes sostenibles de base biológica de un petroquímico existente. El cambio a alternativas de base biológica ha resultado difícil por una variedad de razones, incluido el hecho de que muchos de estos productos petroquímicos se producen de manera muy eficiente (aunque de manera insostenible, con grandes emisiones de GEI). Un ejemplo clásico es el ácido adípico, una de las moléculas pequeñas más importantes de la industria química moderna y un intermediario en la producción de nailon. La producción industrial de ácido adípico se basa en materias primas fósiles y produce grandes cantidades de óxido nitroso, un GEI que es 300 veces más potente que el dióxido de carbono (CO₂). (Suitor, Varzandeh and Wallace, 2020) describieron la primera síntesis de ácido adípico a partir del guayacol, una materia prima derivada de la lignina, en la bacteria *E. coli*, caballo de batalla de la industria biotecnológica. La lignina está disponible en grandes cantidades y es recalcitrante para muchas aplicaciones. Es efectivamente un producto de desecho, y su conversión en ácido adípico mediante biología sintética lo mantiene en circulación, contribuyendo tanto a la bioeconomía como a la economía circular.

Química verde

La química verde y la química automatizada son tecnologías obvias para la convergencia con la ingeniería biológica. La química automatizada también se está desarrollando rápidamente, utilizando los mismos principios que la ingeniería biológica, es decir, robótica, inteligencia artificial y aprendizaje automático (Coley *et al.*, 2019).

Un ejemplo potencial de convergencia entre química y biología es el grafeno, que conduce la electricidad mejor que el cobre y eventualmente llegará a la electrónica de consumo. La conductancia y la flexibilidad de la electricidad significan que el grafeno tiene una amplia gama de aplicaciones potenciales, desde dispositivos de almacenamiento de energía hasta iluminación y pantallas, paneles solares, neumáticos, cuadros de bicicletas y artículos de moda (Mertens,

2018). Por ejemplo, las baterías de grafeno deformables con capacidades flexibles, plegables y/o extensibles son ideales para dispositivos electrónicos portátiles y transportables (Ye *et al.*, 2018), y el grafeno puede ser el material de elección para las baterías imprimibles en 3D. Sin embargo, el costo del grafeno ha sido hasta ahora mucho más alto de lo que pueden soportar las aplicaciones del mercado masivo.

Investigadores de la Organización de Investigación Científica e Industrial de la Commonwealth [Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation-CSIRO] en Australia han creado un nuevo método de síntesis de grafeno, que consiste en calentar aceite de soya barato y disponible en el aire hasta que se descompone en unidades de construcción de carbono que son esenciales para la síntesis de grafeno (Seo *et al.*, 2017). Los investigadores de la CSIRO demostraron la versatilidad del método mediante el uso de otros materiales renovables que contienen carbono, como la mantequilla. Es concebible que la biología automatizada pueda producir las materias primas de base biológica óptimas para esta conversión, mientras que la química automatizada crearía moléculas de grafeno para diferentes aplicaciones.

Almacenamiento de datos a largo plazo

Para 2040, si todos los datos se almacenaran para acceso instantáneo, el archivo de datos global consumiría de 10 a 100 veces el suministro esperado de silicio de grado microchip (Zhirnov *et al.*, 2016). Sin un cambio radical, la escasez de datos puede ser inevitable. Se ha demostrado que el potencial de almacenamiento del ADN supera ampliamente el potencial de almacenamiento de todos los demás medios. De hecho, se estima que todos los datos del mundo podrían almacenarse en un kilogramo de ADN (Extance, 2016). A primera vista, parece descabellado almacenar datos digitales en el ADN, pero esta tecnología ya está abandonando los laboratorios de investigación: empresas como Twist Bioscience se están comprometiendo seriamente con el almacenamiento de ADN con fines comerciales y de investigación.⁴ Aunque actualmente es caro, es probable que los costos de almacenamiento disminuyan a medida que aumenta la base de clientes.

7.5 PROBLEMAS EMERGENTES E IMPLICACIONES POLÍTICAS

Varios gobiernos, en particular la República Popular China, el Reino Unido y los Estados Unidos, han realizado grandes inversiones en ingeniería biológica. Para mantener estos compromisos, la comunidad de la ingeniería biológica debe proporcionar más ejemplos de éxito en la transformación de ideas en productos y servicios comerciales (OECD, 2014). La creación de las condiciones propicias

para el desarrollo de la ingeniería biológica requeriría una serie de intervenciones de políticas que aborden cuestiones específicas a lo largo de las cadenas de valor de base biológica, así como condiciones marco más genéricas. Entre las intervenciones de políticas más críticas en esta área se encuentran las discutidas en la Figura 7.4, en particular: desarrollar una infraestructura precompetitiva y un ecosistema de innovación para la ingeniería biológica, abordar el riesgo empresarial sistémico en las cadenas de valor de base biológica, garantizar la sostenibilidad de las materias primas y las cadenas de suministro, mejorar la coordinación de políticas, promover la aceptación pública de estas tecnologías y prevenir posibles riesgos de seguridad digital.



Figura 7.4: Un marco de políticas en materia de bioeconomía.

Fuente: Ole Jørgen Marvik y Jim Philp (2020), El desafío sistémico de la bioeconomía: un marco político para la transición hacia una economía del ciclo del carbono sostenible, <https://doi.org/10.15252/embr.202051478>.

Infraestructura pública precompetitiva

Quizás el problema más urgente para los gobiernos en la actualidad es desarrollar la infraestructura básica precompetitiva y los ecosistemas de innovación para la ingeniería biológica. Un caso de prueba interesante es el del Reino Unido, que ha

invertido desde 2014 unos 350 millones de libras esterlinas en infraestructura de biología sintética y de ingeniería biológica, que comprende centros de investigación básica, biofundadoras y un centro de traducción industrial. Desde entonces, se han puesto en marcha alrededor de 180 empresas de ingeniería biológica y la inversión pública se ha multiplicado por aproximadamente seis veces la inversión privada.⁵

Riesgos empresariales en la cadena de valor

Las cadenas de valor de base biológica a menudo se encuentran en competencia directa con las cadenas de valor de origen fósil. Esto representa un gran obstáculo, especialmente si los productos de base biológica deben cumplir con los estándares más altos exigidos por la sostenibilidad. Sin atención a la sostenibilidad y la huella de carbono, las cadenas de valor de base biológica no serán compatibles con los objetivos del cambio climático.

Las cadenas de valor de base biológica son nuevas y no han sido probadas. Aunque las tecnologías y las ambiciones de la ingeniería biológica son atractivas, los inversores mirarán a toda la cadena de valor. Si las debilidades son evidentes, desde las materias primas hasta los productos e incluso más allá (por ejemplo, el final de la vida útil de los bioplásticos), los inversores pueden buscar en otra parte. Esto representa un “riesgo empresarial sistémico” (Marvik and Philp, 2020). Este riesgo es especialmente importante en los países pequeños: incluso los países pequeños avanzados pueden sufrir una falta de biotecnología local, que debe importarse. Proporcionar la infraestructura pública descrita anteriormente es una forma de abordar esto, de modo que los inversores y el sector privado estén seguros de que un gobierno se toma en serio la promoción de la ingeniería biológica en un futuro de fabricación sostenible.

Dicho esto, las inversiones del sector privado mundial en biología sintética han aumentado de manera constante año tras año desde 2009, con una aceleración significativa en 2018 (Figura 7.5). Las inversiones provinieron de una variedad de fuentes: firmas de biotecnología establecidas como Bayer y Novartis, grupos de inversión como SoftBank y aceleradores de nuevas empresas.

Los Estados Unidos y el Reino Unido son los inversores más destacados en empresas emergentes de biología sintética, con más de 12,000 millones de dólares estadounidenses invertidos hasta ahora (Clarke and Kitney, 2020). Hasta la fecha, las aplicaciones de la biotecnología relacionadas con la salud han dominado la comercialización de productos. Las empresas emergentes de biología sintética que desarrollan herramientas y servicios representan entre el 10 % (en el Reino Unido) y el 25 % (en los Estados Unidos) de la actividad de inversión privada.

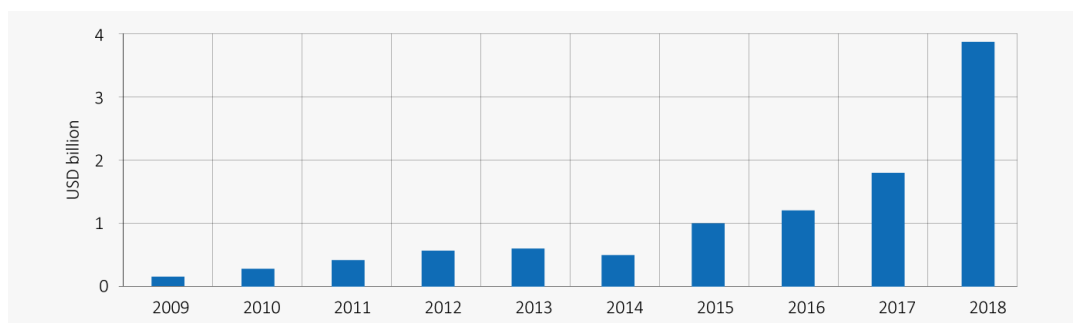


Figura 7.5: Inversiones en la industria de la biología sintética, 2009-18.

Nota: Las cifras de todo 2019 no estaban disponibles. Las inversiones para los dos primeros trimestres de 2019 mostraron una tendencia similar, que asciende a poco menos de 2 mil millones de dólares estadounidenses en total.

Fuente: Rediseñado a partir de datos de Synbiobeta, publicado en Cumbers (2019).

<https://www.forbes.com/sites/johncumbers/2019/09/04/synthetic-biology-has-raised-124-billion-here-are-five-sectors-it-will-soon-disrupt/#5f2492803a14> (consultado el 14 de septiembre de 2020).

Alrededor del 20 % de las empresas emergentes de biología sintética abordan los objetivos de la biotecnología industrial, pero actualmente solo atraen alrededor del 11 % en inversión privada, a menudo debido al problema de la ampliación discutido anteriormente. Si bien existen algunas barreras técnicas clave para la ampliación, varias intervenciones de políticas podrían ayudar a superar algunas de las dificultades. (Clarke and Kitney, 2020) citan la necesidad de que las diversas partes interesadas adopten un enfoque más interconectado que vincule a los especialistas, la infraestructura y la investigación en curso para eliminar el riesgo de los desafíos económicos de la ampliación. Si los gobiernos ven esto como parte del futuro de la manufactura, entonces se necesita una estrategia de financiamiento efectiva a largo plazo, pero que aborde los problemas pendientes de ampliación. Un campo prometedor a este respecto es la biología sintética libre de células, ya que la presencia de la propia célula microbiana es responsable de algunas dificultades de ampliación (Kelwick, Webb and Freemont, 2020).⁶

Trabajos anteriores de la OCDE han destacado que se necesitan medidas equilibradas tanto en el lado de la oferta como en el de la demanda para difundir una tecnología (OECD, 2011). Las políticas en materia de bioeconomía se enfrentan a este acto de equilibrio en diversos sectores, incluidos la fabricación industrial, la agricultura, la silvicultura, los recursos marinos y la gestión de residuos. Muchos foros de bioeconomía, incluidos varios talleres de la OCDE (Philp and Winickoff, 2019), destacan la necesidad de una amplia gama de políticas del lado de la oferta y la demanda. Los gobiernos han preferido tradicionalmente las medidas del lado de la oferta, sin embargo, las medidas del lado de la demanda, como la

compra pública de productos biológicos, enviarían fuertes señales a las partes interesadas de la bioeconomía.⁷ Esto no es fácil por varias razones. Se sabe que los compradores públicos son sensibles a los costos, y muchos productos de base biológica (como los bioplásticos) todavía luchan por competir con sus equivalentes fósiles en precio. El Programa BioPreferred⁸ del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, por sus siglas en inglés) es el único ejemplo destacado de una política de contratación pública exitosa para productos de base biológica que especifica criterios de sostenibilidad. Hasta la fecha, el USDA ha identificado 139 categorías de productos de base biológica para los cuales las agencias y sus contratistas tienen requisitos de compra. Cada categoría de compra obligatoria especifica el contenido mínimo de origen biológico para los productos dentro de la categoría.

Coordinación de políticas

Todas las áreas de políticas destacadas anteriormente deben abordarse para evitar debilidades y fallas en la cadena de valor. Este es un tema de todo el gobierno que necesita ser coordinado. Un buen enfoque podría ser establecer un organismo asesor independiente, similar al Consejo Alemán de Bioeconomía.⁹ Tal organismo podría ayudar a alinear diversas secretarías y facilitar la interacción del gobierno y la industria. Si un país posee una hoja de ruta de biología sintética o ingeniería biológica, se podría solicitar al organismo asesor que se asegure de que se cumplan sus hitos y plazos.

Las hojas de ruta en sí mismas también se pueden utilizar como herramientas de coordinación de políticas, aunque las hojas de ruta de biología sintética son actualmente raras y tienen diferentes intenciones. Las inversiones en centros de excelencia y plataformas tecnológicas, así como en acelerar la comercialización de tecnología, son los pasos más comunes que se consideran (Tabla 7.1).

Tabla 7.1: Recomendaciones más comunes de las hojas de ruta de biología sintética y de ingeniería biológica.

Recomendaciones	Australia	Finlandia	Francia	Reino Unido (2012) ¹⁰	Engineering Biology Research Consortium (EBRC, 2019) ¹¹	Unión Europea	(Le Feuvre and Scrutton, 2018)
Centros de excelencia / plataformas tecnológicas	✓		✓	✓	✓	✓	✓
Educación / capacitación	✓	✓	✓	✓		✓	✓
Regulación y gobernanza en materia de protección y seguridad	✓		✓	✓		✓	

Aceleración al mercado	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Compromiso público y de las partes interesadas	✓		✓	✓	✓		
Aspectos internacionales	✓	✓	✓	✓		✓	✓

Aceptación pública

Otro tema importante, pero que a menudo se pasa por alto, es la aceptación pública (OECD, 2017); consulte el Capítulo 8 de este volumen). A medida que las aplicaciones de la ingeniería biológica se arraiguen más en los mercados futuros, las organizaciones representativas serán cada vez más visibles para el público. Para evitar la repetición de errores pasados en la comunicación en torno a organismos modificados genéticamente, los científicos, tecnólogos, profesionales y responsables de formular las políticas deben trabajar en estrecha colaboración con los operadores de biocombustibles y el público para dar forma y orientar los desarrollos futuros (Dixon, Curach and Pretorius, 2020).

Seguridad digital: una amenaza emergente para los responsables de formular las políticas

Existen muchas formas de lanzar un ciberataque a una empresa de bioproducción. La convergencia e integración de robótica, microfluídica, diseño de sistemas sin células, ingeniería metabólica sintética y otras tecnologías revelarán nuevas vulnerabilidades y ofrecerán nuevas oportunidades para acciones nefastas (Richardson *et al.*, 2019).

La capacidad de separar completamente el diseño de la fabricación podría aumentar tales amenazas. En última instancia, el diseño será posible desde cualquier lugar (incluido el hogar), lo que agravará las amenazas potenciales a las instalaciones de fabricación. Muchos tipos diferentes de organizaciones participan en la seguridad de la bioproducción, desde proveedores de materias primas, pasando por profesionales de tecnología de la información en bufetes de abogados y oficinas de propiedad intelectual, hasta clientes. La seguridad digital es tan fuerte como el eslabón más débil del sistema general de protección y requiere la cooperación de muchas instituciones públicas y privadas. Además, dado que los gobiernos hostiles también pueden lanzar ataques, los países deben actuar para desarrollar las políticas y la infraestructura para prevenir los ataques cibernéticos (OECD, 2020).

7.6 PERSPECTIVA DEL FUTURO

Dado el contexto actual de múltiples crisis de sostenibilidad y ahora la pandemia de COVID-19, los sistemas de ciencia, tecnología e innovación (CTI) están reorientando sus esfuerzos hacia grandes desafíos y reinventando en el proceso los fines y medios del desarrollo tecnológico (ver Capítulo 8). La crisis de la salud solo ha acelerado la tendencia hacia una mayor orientación a la misión en el sistema de CTI, destacando la importancia de dirigir la tecnología para abordar los problemas más urgentes. Claramente, será necesario buscar simultáneamente muchos tipos de soluciones socio-técnicas para abordar las incertidumbres y los complejos desafíos que enfrenta la humanidad.

Este capítulo ha explorado cómo la ingeniería biológica podría contribuir con el tiempo a enfoques novedosos hacia el desarrollo y la sostenibilidad de vacunas, dada la nueva relevancia de los enfoques de ARNm y la convergencia recién descubierta entre la biotecnología y las tecnologías digitales incorporadas en la biofundición. Existen importantes barreras políticas y tecnológicas que deberán abordarse. Los beneficios son potencialmente grandes: los desarrollos tecnológicos pueden abrir nuevas oportunidades para la fabricación en una variedad de sectores y para una amplia gama de productos, ya sean medicamentos, nuevos materiales o productos químicos más ecológicos.

En el contexto de la pandemia actual de COVID-19, este capítulo ha argumentado que la ingeniería biológica proporciona un modelo que se adapta bien a superar las deficiencias de las vacunas, los diagnósticos y la producción de anticuerpos modernos. Mirando hacia el futuro, lo contrario también es cierto. Para un dominio como la ingeniería biológica, en el que la promesa frecuentemente supera la realidad en términos del impacto económico y social real, la crisis de COVID-19 es una oportunidad para realizar el potencial general del campo. Tales éxitos, si se pueden lograr, reforzarían la confianza del público en estas tecnologías.

Con la aparición de enfoques de vacunas de ARNm viables contra el COVID-19 y otros desarrollos en biotecnología, está claro cómo se podría aprovechar la ingeniería biológica para abordar desafíos globales importantes, no solo para las vacunas, sino también para el tratamiento del cáncer, la medicina personalizada, los combustibles sostenibles y productos químicos industriales, remediación de ambientes contaminados y suministros alimentarios. Pero la investigación está lejos de capitalizar todo su potencial.

La Figura 7.4 describe muchas pistas para las opciones de políticas futuras. Para desarrollar el campo, los gobiernos podrían:

- establecer una infraestructura precompetitiva y plataformas colaborativas, como biofundidoras en red y consorcios de investigación, garantizando

una financiación estable y a largo plazo para la investigación en ingeniería biológica y las infraestructuras traslacionales, y acelerar su comercialización apoyando el crecimiento de un ecosistema de empresas emergentes;

- abordar el riesgo empresarial sistémico en las cadenas de valor de base biológica, por ejemplo, apoyando la traducción y prueba de actividades de escalamiento técnico, incluido el acceso a asesoramiento y experiencia técnica, así como a equipos para empresas emergentes y pequeñas empresas;
- apoyar la participación de científicos, tecnólogos, profesionales y formuladores de políticas con operadores de biofundadoras, miembros del público y grupos de partes interesadas, para promover la confianza en (y la confiabilidad de) la tecnología;
- Apoyar una sólida colaboración ciencia-industria, por ejemplo, mediante la introducción de apoyo específico para este tipo de tecnologías de riesgo, como la financiación de prueba de concepto, para determinar si se justifica una colaboración a mayor escala; y
- construir entornos multidisciplinarios y habilidades transdisciplinarias para promover la convergencia (dado que la ingeniería biológica se extiende más allá de los límites tradicionales de las disciplinas, basándose en la ingeniería, la biología, la ciencia de datos y las ciencias físicas, y que los entornos multidisciplinarios son clave para su éxito), y confiar en personas que pueden comunicarse a través de disciplinas.

7.7 REFERENCIAS

- Babb, P. *et al.* (2017), “The *Nephila clavipes* genome highlights the diversity of spider silk genes and their complex expression”, *Nature Genetics*, Vol. 49/6, pp. 895-903, <http://dx.doi.org/10.1038/ng.3852>.
- Cameron, D., C. Bashor y J. Collins (2014), “A brief history of synthetic biology”, *Nature Reviews Microbiology*, Vol. 12/5, pp. 381-390, <http://dx.doi.org/10.1038/nrmicro3239>.
- Cayueta Valencia, R. (2013), *The Future of the Chemical Industry by 2050*, Wiley-VCH Verlag GmbH y Co. KGaA, Weinheim, Germany, <http://dx.doi.org/10.1002/9783527656998>.
- Chao, R. *et al.* (2017), “Engineering biological systems using automated biofoundries”, *Metabolic Engineering*, Vol. 42, pp. 98-108, <http://dx.doi.org/10.1016/j.ymben.2017.06.003>.

- Check Hayden, E. (2014), “Synthetic-biology firms shift focus”, *Nature*, Vol. 505/7485, pp. 598-598, <http://dx.doi.org/10.1038/505598a>.
- Clarke, L. y R. Kitney (2020), “Developing synthetic biology for industrial biotechnology applications”, *Biochemical Society Transactions*, Vol. 48/1, pp. 113-122, <http://dx.doi.org/10.1042/bst20190349>.
- Coley, C. *et al.* (2019), “A robotic platform for flow synthesis of organic compounds informed by AI planning”, *Science*, Vol. 365/6453, p. eaax1566, <http://dx.doi.org/10.1126/science.aax1566>.
- Crone, M. *et al.* (2020), “A role for Biofoundries in rapid development and validation of automated SARS-CoV-2 clinical diagnostics”, *Nature Communications*, Vol. 11/1, <http://dx.doi.org/10.1038/s41467-020-18130-3>.
- Devaney, L. (2016), “Imagine the future”, *Taste of Science*, Wageningen, the Netherlands, <http://www.tasteofscience.com/articles/609/imagine-the-future.html> (accessed on 9 July 2020).
- Dixon, T., N. Curach e I. Pretorius (2020), “The convergence of artificial intelligence and synthetic biology”, *EMBO Reports*, 21: e50036, <https://www.embopress.org/doi/pdf/10.15252/embr.202050036>.
- EBRC (2019), “Engineering biology. A research roadmap for the next-generation bioeconomy”, EBRC, Emeryville, California, <https://ebrc.org>.
- Extance, A. (2016), “How DNA could store all the world’s data”, *Nature*, Vol. 537/7618, pp. 22-24, <http://dx.doi.org/10.1038/537022a>.
- Griffin, P., G. Hammond y J. Norman (2018), “Industrial energy use and carbon emissions reduction in the chemicals sector: A UK perspective”, *Applied Energy*, Vol. 227, pp. 587-602, <http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2017.08.010>.
- Hillson, N. *et al.* (2019), “Building a global alliance of biofoundries”, *Nature Communications*, Vol. 10/1, <http://dx.doi.org/10.1038/s41467-019-10079-2>.
- Horváth, I. (2018), “Introduction: Sustainable Chemistry”, *Chemical Reviews*, Vol. 118/2, pp. 369-371, <http://dx.doi.org/10.1021/acs.chemrev.7b00721>.
- Kelwick, R., A. Webb y P. Freemont (2020), “Biological Materials: The Next Frontier for Cell-Free Synthetic Biology”, *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, Vol. 8, <http://dx.doi.org/10.3389/fbioe.2020.00399>.
- Le Feuvre, R. y N. Scrutton (2018), “A living foundry for Synthetic Biological Materials: A synthetic biology roadmap to new advanced materials”, *Synthetic and Systems Biotechnology*, Vol. 3/2, pp. 105-112, <http://dx.doi.org/10.1016/j.synbio.2018.04.002>.
- Marvik, O. y J. Philp (2020), “The systemic challenge of the bioeconomy”, *EMBO reports*, Vol. 21/10, <http://dx.doi.org/10.15252/embr.202051478>.

- Mertens, R. (2018), *The Graphene Handbook (2018 edition)*, Lulu.com, <https://www.bokus.com/bok/9781387434398/the-graphene-handbook-2018-edition/>.
- National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine (2020), “Public Listening Session: Discussion Draft of the Preliminary Framework for Equitable Allocation of COVID-19 Vaccine”, *The National Academies Press*, Washington, DC, <https://www.nationalacademies.org/event/09-02-2020/public-listening-session-discussion-draft-of-the-preliminary-framework-for-equitable-allocation-of-covid-19-vaccine>.
- National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine (2020), *Safeguarding the Bioeconomy*, National Academies Press, Washington, D.C., <http://dx.doi.org/10.17226/25525>.
- OECD (2020), “Digitalisation in the bioeconomy: Convergence for the bio-based industries”, in *The Digitalisation of Science, Technology and Innovation: Key Developments and Policies*, OECD Publishing, Paris, <https://dx.doi.org/10.1787/bd16d851-en>.
- OECD (2018), *SMEs in Public Procurement: Practices and Strategies for Shared Benefits*, OECD Public Governance Reviews, OECD Publishing, Paris, <https://dx.doi.org/10.1787/9789264307476-en>.
- OECD (2017), *The Next Production Revolution: Implications for Governments and Business*, OECD Publishing, Paris, <https://dx.doi.org/10.1787/9789264271036-en>.
- OECD (2014), *Emerging Policy Issues in Synthetic Biology*, OECD Publishing, Paris, <https://dx.doi.org/10.1787/9789264208421-en>.
- OECD (2011), *Demand-side Innovation Policies*, OECD Publishing, Paris, <https://dx.doi.org/10.1787/9789264098886-en>.
- Opgenorth, P. *et al.* (2019), “Lessons from Two Design–Build–Test–Learn Cycles of Dodecanol Production in *Escherichia coli* Aided by Machine Learning”, *ACS Synthetic Biology*, Vol. 8/6, pp. 1337-1351, <http://dx.doi.org/10.1021/acssynbio.9b00020>.
- Philp, J. y D. Winickoff (2019), “Innovation ecosystems in the bioeconomy”, *OECD Science, Technology and Industry Policy Papers*, No. 76, OECD Publishing, Paris, <https://dx.doi.org/10.1787/e2e3d8a1-en>.
- Richardson, L. *et al.* (2019), “Cyberbiosecurity: A Call for Cooperation in a New Threat Landscape”, *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, Vol. 7, <http://dx.doi.org/10.3389/fbioe.2019.00099>.
- Seo, D. *et al.* (2017), “Single-step ambient-air synthesis of graphene from renewable precursors as electrochemical genosensor”, *Nature Communications*, Vol. 8/1, <http://dx.doi.org/10.1038/ncomms14217>.

- Srai, J. *et al.* (2016), “Distributed manufacturing: scope, challenges and opportunities”, *International Journal of Production Research*, Vol. 54/23, pp. 6917-6935, <http://dx.doi.org/10.1080/00207543.2016.1192302>.
- Suitor, J., S. Varzandeh y S. Wallace (2020), “One-Pot Synthesis of Adipic Acid from Guaiacol in *Escherichia coli*”, *ACS Synthetic Biology*, Vol. 9/9, pp. 2472-2476, <http://dx.doi.org/10.1021/acssynbio.0c00254>.
- U.S. Government Accountability Office (2018), “Considerations for maintaining U.S. competitiveness in quantum computing, synthetic biology, and other potentially transformational research areas”, Report to the Subcommittee on Research and Technology, Committee on Science, Space, and Technology, House of Representatives, United States Government Accountability Office, GAO-18-656, <https://www.gao.gov/assets/700/694748.pdf>.
- UK Synthetic Biology Coordination Group (2012), “A synthetic biology roadmap for the UK”, Technology Strategy Board July, T11/070, Technology Strategy Board on behalf of UK Synthetic Biology Roadmap Coordination Group, Swindon.
- Ulmer, J., M. Mansoura y A. Geall (2015), “Vaccines ‘on demand’: science fiction or a future reality”, *Expert Opinion on Drug Discovery*, Vol. 10/2, pp. 101-106, <http://dx.doi.org/10.1517/17460441.2015.996128>.
- Weintraub, R., A. Bitton y M. Rosenberg (2020), “The Danger of Vaccine Nationalism”, *Harvard Business Review*, 22 May, <https://hbr.org/2020/05/the-danger-of-vaccine-nationalism>.
- Westfall, P. y T. Gardner (2011), “Industrial fermentation of renewable diesel fuels”, *Current Opinion in Biotechnology*, Vol. 22/3, pp. 344-350, <http://dx.doi.org/10.1016/j.copbio.2011.04.023>.
- Wu, W. y C. Maravelias (2019), “Identifying the Characteristics of Promising Renewable Replacement Chemicals”, *iScience*, Vol. 15, pp. 136-146, <http://dx.doi.org/10.1016/j.isci.2019.04.012>.
- Ye, M. *et al.* (2018), “Graphene Platforms for Smart Energy Generation and Storage”, *Joule*, Vol. 2/2, pp. 245-268, <http://dx.doi.org/10.1016/j.joule.2017.11.011>.
- Zhirnov, V. *et al.* (2016), “Nucleic acid memory”, *Nature Materials*, Vol. 15/4, pp. 366-370, <http://dx.doi.org/10.1038/nmat4594>.

NOTAS

- 1 <https://agilebiofoundry.org/work-with-us/> (consultado el 14 de septiembre de 2020).
- 2 <https://sbolstandard.org/> (consultado el 14 de septiembre de 2020).
- 3 <https://www.weforum.org/agenda/2015/03/top-10-emerging-technologies-of-2015-2/> (consultado el 15 de septiembre de 2020).
- 4 <https://twistbioscience.com/products/storage> (consultado el 10 de julio de 2020).

- 5 Richard Kitney, comunicación personal.
- 6 En el momento de redactar este informe, una conferencia anual celebrada en Canadá está dedicada exclusivamente a la ampliación. Obtenga más información en: <https://www.scalingupconference.ca/> (consultado el 15 de septiembre de 2020).
- 7 En los países miembros de la OCDE, la contratación pública representa en promedio el 12% del producto interno bruto y el 29% del gasto público total, con un efecto significativo en los flujos comerciales (OECD, 2018).
- 8 <https://www.biopreferred.gov/BioPreferred/> (consultado el 15 de septiembre de 2020).
- 9 <https://bioekonomierat.de/en/> (consultado el 10 de julio de 2020).
- 10 (UK Synthetic Biology Coordination Group, 2012)
- 11 Un ejemplo de una iniciativa no gubernamental en líneas similares es la hoja de ruta del EBRC (EBRC, 2019). Esta hoja de ruta técnica muy detallada, a lo largo de las líneas de las hojas de ruta de la industria, consiste en un marco matricial que considera desafíos, cuellos de botella y otras limitaciones observadas o previstas en la investigación, el desarrollo y las aplicaciones en herramientas y tecnologías de ingeniería biológica. Esto se logra combinando un enfoque ascendente, que se centra en las innovaciones tecnológicas y de herramientas, y un enfoque descendente, que se centra en cómo la ingeniería biológica puede abordar los desafíos nacionales y mundiales.

8. Manejo de la ciencia, tecnología e innovación para la crisis y la recuperación

En contraste con la crisis financiera mundial de 2008-09, la ciencia, la tecnología y la innovación son fundamentales para proporcionar soluciones a la crisis del COVID-19, y se ve claramente que lo está haciendo. Estas soluciones se basan en las formas en que los gobiernos se organizan, el tipo de relaciones que tienen con otros grupos, incluidas las empresas y las organizaciones de la sociedad civil, y los recursos que tienen a su disposición, incluida la experiencia y otras capacidades. El capítulo se centra en cómo los diversos acuerdos de gobernanza desplegados por los países influyen tanto en su respuesta a la crisis actual como en su alcance para hacer frente a los desafíos de la fase de recuperación. Abarca el uso por parte de los gobiernos del asesoramiento científico para apuntalar las políticas en materia de COVID-19, su uso de herramientas digitales para mejorar el diseño de políticas y abordar la “infodemia” de información falsa, y sus enfoques para la coordinación entre gobiernos. El capítulo también abarca los experimentos de los gobiernos con políticas de innovación orientadas a las misiones y prácticas responsables de innovación.

HALLAZGOS CLAVE

- **Los gobiernos deben reforzar la confianza pública en las políticas mediante el asesoramiento científico.** La confianza pública es fundamental para garantizar el apoyo y el cumplimiento de las medidas de políticas, como el uso de cubrebocas y el distan-

ciamiento social, y requiere apertura y transparencia en los datos e información que sustentan estas medidas. Los gobiernos deben comunicar cuidadosamente las incertidumbres y proporcionar una presentación equilibrada de los posibles escenarios. También deben recurrir a mecanismos consultivos multidisciplinarios para garantizar que tengan en cuenta diferentes tipos de conocimientos especializados a la hora de elaborar las políticas.

- **Los gobiernos deben vincular el apoyo a las tecnologías emergentes a misiones más amplias que encapsulen los principios de innovación responsable.** Esto contribuirá a garantizar una alineación del desarrollo tecnológico emergente con los objetivos de las políticas de innovación orientadas a las misiones. El enfoque de innovación responsable busca anticipar los problemas en el curso de la innovación y dirigir la tecnología a los mejores resultados, y hace hincapié en la inclusión de las partes interesadas en el proceso de innovación. Esto lo hace muy adecuado para las políticas de innovación orientadas a las misiones, que tienden a apuntar a grandes desafíos sociales, como la “transición verde”.
- **Los gobiernos tendrán que renovar sus marcos políticos y capacidades para llevar a cabo una agenda más ambiciosa de políticas de ciencia e innovación.** A través de sus paquetes de recuperación y estímulo, los gobiernos tienen potencialmente más influencia para iniciar una transición hacia un futuro más sostenible y equitativo. Los gobiernos también tendrán que invertir en medidas de preparación, incluidas plataformas tecnológicas, infraestructuras y redes colaborativas que mejoren las capacidades de los países para responder eficazmente a una amplia gama de riesgos. Estas funciones y objetivos requieren que los gobiernos adquieran las habilidades y capacidades adecuadas para cumplirlas, incluidas las capacidades dinámicas que apoyan el aprendizaje y la adaptabilidad, que son necesarias para la agilidad de las políticas en tiempos de gran incertidumbre.

8.1 INTRODUCCIÓN

Los acuerdos de gobernanza de los países dan forma a sus respuestas de investigación e innovación a la actual crisis del COVID-19 e influirán en la contribución de la ciencia, tecnología e innovación (CTI) a la recuperación. Estos acuerdos

son de amplio alcance e incluyen las formas en que los gobiernos establecen orientaciones y eligen prioridades, sus relaciones con otros actores del sistema de innovación y las tecnologías que utilizan para gobernar (incluidas las tecnologías digitales y sociales).

La primera parte del capítulo se refiere principalmente a cómo los gobiernos han respondido a la crisis del COVID-19:

- Uno de los aspectos más visibles y más debatidos de esta respuesta es el uso del asesoramiento científico en el diseño de políticas. El trabajo previo de la OCDE ha formulado directrices sobre la prestación y el uso de asesoramiento científico en crisis internacionales como es la del COVID-19. En el capítulo se examinan estas directrices y se examina cómo las han seguido los gobiernos en su formulación de políticas.
- Los gobiernos están experimentando una transformación digital, que cambiará profundamente las formas en que gobiernan. La pandemia, sus impactos y sus respuestas a ella dejan huellas digitales, que los gobiernos están explotando cada vez más para responder a la crisis. La crisis del COVID-19 ha dado lugar a usos sin precedentes de nuevas herramientas y datos digitales para fundar las políticas, lo que podría acelerar la digitalización de la propia política científica y de innovación. Este capítulo destaca algunas de las iniciativas puestas en marcha por los gobiernos para informar a los ciudadanos de los últimos acontecimientos en materia de COVID-19 y abordar la “infodemia” de información falsa.
- La mayoría de las partes del gobierno están respondiendo a la crisis de una manera u otra, lo que lleva a riesgos de duplicación y a una escala insuficiente si los esfuerzos se fragmentan. La gobernanza contemporánea está muy distribuida en la mayoría de los países de la OCDE, involucrando a secretarías y organismos de aplicación, así como diversos grados de autonomía subnacional. Esto presenta múltiples desafíos de coordinación para los gobiernos al responder al COVID-19. El capítulo se centra en un solo eje, la coordinación horizontal entre gobiernos de las respuestas de la CTI a la pandemia. La mayoría de los gobiernos han establecido mecanismos, por ejemplo, para coordinar las convocatorias de propuestas de investigación. En el capítulo se describen los beneficios y los desafíos, y se destacan algunos ejemplos de cómo los países están tratando de mejorar la coordinación de las políticas.

La segunda parte del capítulo se centra en los acuerdos de gobernanza de la CTI para la fase de recuperación. Vuelve a algunos de los grandes desafíos

que ya enfrentan las políticas en materia de CTI antes de que la crisis de la pandemia golpee, incluyendo si y cómo establecer orientaciones en las políticas en materia de CTI, cómo explicar lo suficiente las preocupaciones a largo plazo en la definición de políticas sólidas, y cómo ser inclusivo en los procesos y resultados de políticas para hacer frente a los grandes desafíos sociales. El capítulo abarca los siguientes temas:

- Los experimentos en curso de los gobiernos con “políticas de innovación orientadas a las misiones” (mission-oriented innovation policies - MOIP), que han tendido a hacer frente a los “grandes desafíos sociales”, podrían ser más destacados en la combinación de políticas en materia de CTI, por ejemplo, como parte de los paquetes de recuperación dirigidos a las “transiciones verdes”. El capítulo proporciona una tipología simple de MOIP y mapea algunas MOIP dirigidas a la salud y la atención sanitaria.
- Si bien la ciencia y la tecnología serán esenciales para hacer frente a desafíos como la sostenibilidad y el envejecimiento, también pueden plantear preocupaciones sociales, como se ha visto en oleadas anteriores de cambios tecnológicos. De hecho, muchas de las barreras para habilitar las tecnologías emergentes no están en la tecnología en sí, sino en la gobernanza tecnológica. La OCDE ha desarrollado un enfoque de “innovación responsable” que tiene como objetivo mejorar las capacidades sociales para dar forma a la tecnología a través de su curso de desarrollo, de modo que pueda avanzar al mercado en condiciones de confianza. El capítulo describe cómo la OCDE ha aplicado este enfoque a la nueva Recomendación de la OCDE sobre Innovación Responsable en Neurotecnología.
- Una sección final mira hacia adelante en cómo la gobernanza y la formulación de políticas en materia de CTI pueden tener que cambiar si quieren desempeñar un papel en la reorientación de las economías y las sociedades hacia un futuro más equitativo, sostenible y resiliente. Considera cómo los gobiernos podrían adaptar cuatro áreas clave (objetivos políticos, marcos, prácticas y capacidades) para cumplir con la ambiciosa agenda de las políticas en materia de CTI que está surgiendo.

8.2 ASESORAMIENTO CIENTÍFICO EN TIEMPOS DE CRISIS

La ciencia está informando la respuesta de políticas a la pandemia del COVID-19 y proporcionando la mayor esperanza de una solución a largo plazo. Incluso cuando se ha cuestionado el papel de los expertos, los responsables de formular las políticas se encuentran recurriendo a expertos para recibir asesoramiento.

En algunos países, el liderazgo político incluso ha destinado gran parte de la responsabilidad de comunicar y explicar sus opciones en materia de políticas a expertos científicos. Existen diferentes sistemas permanentes para proporcionar asesoramiento científico a los responsables de formular las políticas, a menudo complementados con mecanismos *ad hoc* adicionales en tiempos de crisis. Si bien la mayoría de los países de la OCDE confían en los conocimientos especializados nacionales, muchas economías menos desarrolladas dependen más de las fuentes internacionales de asesoramiento. A medida que la pandemia ha evolucionado, los requisitos de asesoramiento científico se han distribuido cada vez más entre los ministerios y las escalas geográficas: locales, nacionales e internacionales.

La evidencia científica que informa la respuesta de políticas al COVID-19 es incompleta y condicional: a medida que se recopilan más datos, la comprensión científica del COVID-19 cambia. Esta situación dinámica es un desafío para la comunidad científica, en un momento en que los responsables de formular las políticas y el público buscan garantías y certidumbre. El consenso es difícil de lograr, pero la comunicación de incertidumbres y puntos de vista alternativos puede socavar la confianza en el asesoramiento científico y las políticas conexas. En tales circunstancias, los que prestan asesoramiento deben estar respaldados por un sistema de asesoramiento científico nacional (e internacional) eficaz que cumpla varios principios básicos (Recuadro 8.1). La atención a estos principios mejorará la eficiencia y la calidad del asesoramiento científico proporcionado y contribuirá a garantizar la confianza necesaria entre los científicos, los responsables de formular las políticas y el público.

Recuadro 8.1. Principios para un sistema de asesoramiento científico eficaz y fiable

Un proceso de asesoramiento científico eficaz y confiable necesita:

1. Tener una misión clara, con roles y responsabilidades definidos para sus diversos actores. Esto incluye tener:
 - una definición clara y, en la medida de lo posible, una clara demarcación de las funciones de asesoramiento frente a las funciones y roles de toma de decisiones
 - roles y responsabilidades definidas, y la experiencia necesaria para la comunicación
 - una definición *ex ante* del papel jurídico y la responsabilidad potencial de todas las personas e instituciones involucradas

- el apoyo institucional, logístico y de personal necesario en relación con su cometido.
2. Involucrar a los actores pertinentes, es decir, científicos, responsables políticos y otras partes interesadas, según sea necesario. Esto incluye:
- usar un proceso transparente de participación, y seguir procedimientos estrictos para declarar, verificar y tratar los conflictos de intereses
 - incorporar toda la experiencia científica necesaria en todas las disciplinas para abordar el tema en cuestión
 - tener en cuenta explícitamente si y cómo involucrar a expertos no científicos y/o partes interesadas de la sociedad civil en la elaboración y/o generación del asesoramiento
 - tener los procedimientos eficaces necesarios para el intercambio oportuno de información y la coordinación con diferentes contrapartes nacionales e internacionales.
3. Producir consejos que sean sólidos, imparciales y legítimos. Dicho consejo deberá:
- basarse en la mejor evidencia científica disponible
 - evaluar y comunicar explícitamente las incertidumbres científicas
 - estar protegido de la injerencia política (y de otros grupos de interés creado)
 - generarse y utilizarse de manera transparente y responsable.

Fuente: OCDE, “Scientific Advice for Policy Making: The Role and Responsibility of Expert Bodies and Individual Scientists”, OECD Science, Technology and Industry Policy Papers, No 21, OECD Publishing, París. (2015)<http://dx.doi.org/10.1787/5js3311jcpwb-en>.

La OCDE ha identificado cinco áreas clave que son particularmente importantes para proporcionar y utilizar el asesoramiento científico en crisis internacionales como la del COVID-19 (OCDE, 2018):

1. *Mejorar la capacidad de proporcionar asesoramiento que se ajuste al contexto nacional:* existen diferencias en la capacidad y las estructuras de los países, no sólo para desarrollar y proporcionar pruebas científicas sobre el estado y la dirección probable de una crisis, sino también para proporcionar pruebas sobre la probable eficacia de las diferentes intervenciones políticas. Ambos aspectos son importantes, pero pueden requerir diferentes tipos de experiencia. A menos que se organicen sistemas de asesoramiento para reunir diferentes disciplinas y perspectivas en pie de igualdad, existe el peligro de que no todas las pruebas científicas pertinentes se consideren en el desarrollo de las políticas. Esto es cada vez más un problema en relación con el COVID-19 a medida que los efectos a largo plazo de las acciones políticas actuales, como el distanciamiento social, se hacen evidentes. Ciertamente, muchos países de la OCDE tienen mecanismos de asesoramiento multidisciplinarios, pero no está claro que todos los países estén teniendo plenamente en cuenta los conocimientos científicos potencialmente útiles.
2. *Cooperación internacional:* la Organización Mundial de la Salud (OMS) es el órgano intergubernamental que tiene el mandato de supervisar y coordinar la respuesta a las pandemias mundiales de enfermedades infecciosas (véase Capítulo 5). La OMS dispone de sus propios mecanismos de asesoramiento científico. Publica datos, información y asesoramiento para todos los países, que están disponibles públicamente y actualizados diariamente. El Centro Europeo para la Prevención y el Control de Enfermedades también desempeña un papel de coordinación y apoya a los países europeos con asesoramiento sobre cómo responder a la epidemia. Además, se han implementado diversos mecanismos de coordinación *ad hoc* en respuesta al COVID-19, incluidas reuniones periódicas de asesores científicos del Grupo de los Siete y de los países del Grupo de los Veinte. La mayoría de los países de la OCDE consideran que la información procedente de organismos internacionales es un complemento importante de sus propios mecanismos nacionales de asesoramiento, pero ciertamente no se sienten limitados o vinculados por este asesoramiento (OCDE, 2018). La situación es algo diferente para las economías menos desarrolladas, que generalmente dependen mucho más del asesoramiento de la OMS, a menudo en asociación con las aportaciones bilaterales de asociados estratégicos. Sin embargo, las prácticas y normas culturales son fundamentales para desarrollar estrategias de mitigación eficaces. Las intervenciones políticas que sean aplicables en un país no serán necesariamente tan directamente aplicables o efectivas en otros países. Las redes internacionales de investigación científica pueden desempeñar un papel importante en la construcción y el mantenimiento de la capacidad científica local que se puede convocar en tiempos de crisis.

3. *Promover la comprensión mutua y la confianza entre las personas y las redes:* promover la confianza entre los diferentes asesores y usuarios de datos científicos, información y asesoramiento es un desafío a largo plazo. Requiere apoyo apropiado, mandatos e incentivos a nivel nacional, y mecanismos para construir el entendimiento mutuo a nivel internacional. La apertura y transparencia con respecto a los datos e información que sustentan el asesoramiento científico dado en diferentes países es fundamental. Esto, a su vez, implica el apoyo a las redes e infraestructuras científicas internacionales que pueden complementar y aplicar marcos internacionales formales, incluido, en relación específicamente con el COVID-19, el Reglamento Sanitario Internacional de la OMS.
4. *Estar preparado y aprender de la experiencia pasada:* la preparación para las pandemias de salud comienza idealmente en tiempos de calma, es decir, antes de que ocurran las crisis. La mayoría de los países de la OCDE organizan simulacros y ejercicios, en los que participan sus organismos de salud pública y organismos de gestión de crisis, para ensayar posibles escenarios durante una crisis real. Por valiosos que sean, es posible que estos ejercicios no siempre tengan la prioridad que merecen y no siempre involucren a todos los actores necesarios. Son más difíciles de organizar y más caros a nivel internacional, y a menos que se lleven a cabo regularmente, el movimiento de las personas puede significar que su valor se reduzca. Por lo tanto, el establecimiento de estructuras claramente definidas con responsabilidades a largo plazo para la gestión de crisis y los procesos de asesoramiento científico conexos es importante para aprender del pasado para informar el presente y el futuro.
5. *Comunicación con el público:* no importa cuán bueno sea el asesoramiento científico, y lo bien que se integre en los procesos de gestión de crisis y toma de decisiones, la forma en que se comunica al público tendrá un gran impacto en su eficacia. Este es claramente el caso con respecto al COVID-19, donde el desempeño de los líderes políticos, médicos y científicos ha sido examinado de cerca y criticado o complementado de manera diversa. Es sorprendente que, en muchos países, los científicos se hayan convertido en portavoces nacionales, que se espera no sólo proporcionen evidencia científica, sino que también justifiquen las medidas políticas. La realidad es que en tiempos de crisis, la distinción entre asesor y responsable de la política a veces puede ser borrosa, y el debate público sobre los datos científicos y la información acreditada con la política determinante puede ser intenso.

¿Cómo están haciendo cumplir los países estos desafíos?

La información disponible sugiere que los gobiernos de los países miembros de la OCDE están evaluando y utilizando el asesoramiento científico de acuerdo con los principios descritos anteriormente. Sin embargo, en qué medida están cumpliendo todas las condiciones identificadas para optimizar el asesoramiento científico varía considerablemente. Cuestiones como la clarificación de las funciones consultivas frente a las funciones y responsabilidades de la toma de decisiones o de la comunicación varían según los países y a lo largo del tiempo, y no siempre son transparentes. La participación de muchas disciplinas y expertos no académicos en la generación de asesoramiento parece limitada en algunos países, aunque esto puede cambiar a medida que el imperativo de la salud pública se traslada a una integración más completa de las cuestiones socioeconómicas. La comunicación de las incertidumbres también parece variar de un país a otro. Esto es comprensible en una situación en la que la evidencia científica es condicional, cambiando con el tiempo a medida que se dispone de más datos e información. Sin embargo, cuando se les preguntó en la Encuesta Science Flash de la OCDE 2020¹ cómo clasificarían en una escala entre 0 y 10 la forma en que las autoridades políticas y los responsables de la toma de decisiones en sus países han estado utilizando asesoramiento científico, el 40 % de los científicos que respondieron dieron una puntuación entre 0 y 4 (donde 0 corresponde a la peor y 10 es el mejor uso posible) (Figura 8. 1, Panel A). Sin embargo, dos quintas partes de los encuestados esperaban que el uso de asesoramiento científico y conocimientos especializados en la formulación de políticas aumentara después de la actual crisis de la pandemia (Figura 8. 1, Panel B).

Si las medidas políticas que se están aplicando actualmente en diferentes países para limitar los efectos del COVID-19 se consideran óptimas en última instancia, deben basarse en la comunidad científica, entre los científicos y los responsables políticos y en el público en general, y reforzarlas. La confianza es fundamental para mejorar el apoyo y el cumplimiento de las medidas políticas, como el uso de cubrebocas y el distanciamiento social. A más largo plazo, será importante obtener solidaridad y un amplio apoyo público a las intervenciones para garantizar la recuperación socioeconómica.

En la era de las redes sociales, la apertura y la transparencia son fundamentales. Se ha criticado a los gobiernos por no proporcionar un acceso rápido a los datos científicos primarios y modelos que sustentan su toma de decisiones. La comunicación cuidadosa de las incertidumbres y la presentación equilibrada de posibles escenarios, incluidos los peores escenarios, parecen ser ampliamente apreciadas y comprendidas por la mayoría del público. La promesa y la expectativa asociadas con posibles avances científicos o médicos, tales como informes de tratamiento eficaz con cloroquina, también se pueden manejar con

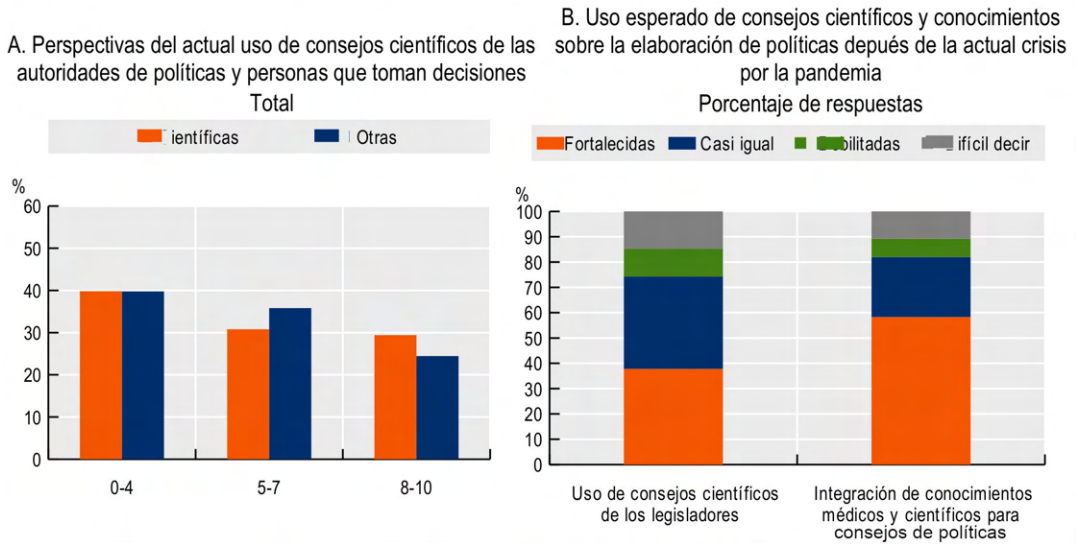


Figura 8.1: La evaluación de los científicos sobre el uso de la ciencia en la formulación de políticas.

El ciclo DBTL de las biofundidoras.

Nota: Para el Panel A, la puntuación en una escala entre 0 y 10, donde 0 corresponde al peor y 10 es el mejor uso posible, se preguntó a los encuestados: “¿Cómo calificaría la forma en que las autoridades políticas y los responsables de la toma de decisiones en su país han estado utilizando el asesoramiento científico?” En el caso del Panel B, se preguntó a los encuestados: “¿Cómo espera que el mundo de la ciencia salga de la crisis actual, en términos de i) el uso del asesoramiento científico por parte de los responsables de formular las políticas y ii) la integración de conocimientos médicos y otros conocimientos científicos para el asesoramiento en materia de políticas?” Además de los científicos, “otros” encuestados se refiere a asesores de política científica (20 %), profesionales involucrados en la ciencia (15 %), comunicadores de ciencias (10 %) y personas que realizan trabajos administrativos relacionados con la ciencia (10 %).

Fuente: OECD Science Flash Survey 2020, <https://oecdsciencesurveys.github.io/2020flashscienceneocovid/>, (consultado el 12 de octubre de 2020).

StatLink 2 <https://doi.org/10.1787/888934223555>

una cuidadosa comunicación y explicación de las incertidumbres científicas por parte de expertos de confianza.

8.3 TECNOLOGÍAS DIGITALES Y DATOS PARA LA TOMA DE DECISIONES GUBERNAMENTALES

La digitalización está afectando profundamente al sector público y a la base de pruebas sobre la que formula, implementa, monitorea y evalúa las políticas públicas. El campo de las políticas en materia de CTI no es una excepción.

En los últimos años, muchos países han comenzado a desarrollar iniciativas en torno a las políticas en materia de ciencia digital y de innovación para crear una imagen de la incidencia y el impacto de sus actividades en materia de ciencia e innovación, y formular mejores políticas.

La crisis del COVID-19 ha llevado a un uso sin precedentes de nuevos datos y herramientas digitales para informar sobre las políticas, posiblemente acelerando un proceso de innovación en la formulación de políticas. Por ejemplo, los datos granulares en tiempo real, como las pruebas diarias sobre los casos de COVID-19, las hospitalizaciones, las muertes y la información científica sobre la pandemia del COVID-19, han ayudado a fundamentar las acciones políticas. Se han utilizado nuevas fuentes de datos, por ejemplo, datos de portales de empleo, para proporcionar información rápida sobre los sectores y profesiones más afectados por la crisis del COVID-19, mientras que se utilizan nuevas herramientas de ciencia de datos, informática y aprendizaje automático para recopilar y analizar automáticamente esos tipos de datos.

Estas herramientas y datos permiten enfoques de política completamente nuevos (OCDE, 2020; Paunov y Planes-Satorra, próximamente). Las aplicaciones de rastreo de contactos implementadas en muchos países de la OCDE, que siguen el movimiento de personas infectadas y alertan a quienes han estado en estrecho contacto con ellas, son quizás el ejemplo más llamativo. La rica granularidad de la información recopilada (por ejemplo, datos en tiempo real sobre la ubicación exacta de los individuos), en comparación con los datos estadísticos típicos, permite enfoques de política mucho más específicos basados en la evidencia, aunque también plantea desafíos relacionados con la calidad de los datos y la privacidad. (OCDE, 2020) Otro ejemplo destacado es la proliferación de portales de COVID-19 nacionales que monitorean la pandemia y sus impactos, normalmente vinculando datos granulares de todo el gobierno y proporcionando servicios de información sobre una variedad de cuestiones. En muchos casos, estos portales incluyen interfaces de programación de aplicaciones de datos abiertos que permiten a otros portales descargar los datos para otras aplicaciones y análisis. Muchos de estos portales también han sido fundamentales para abordar el torrente de mala información y desinformación en torno al COVID-19 (OCDE, 2020; OCDE, 2020) (Recuadro 8.2).

Recuadro 8. 2. Lucha contra la mala información y la desinformación sobre COVID-19

La difusión mundial del COVID-19 ha ido acompañada de una ola de desinformación que socava las respuestas políticas y amplifica la desconfianza y la preocupación entre los ciudadanos. Las plataformas en línea son un

canal clave para esta desinformación, pero también pueden desempeñar un papel importante en la limitación de su circulación. (OCDE, 2020) Al mismo tiempo, los gobiernos de todo el mundo están utilizando diversas herramientas de comunicación pública para contrarrestar la desinformación y las políticas de apoyo. (OCDE, 2020)

Centralización de la información oficial en un solo sitio web: la mayoría de los países han creado un sitio web oficial para proporcionar información actualizada sobre COVID-19. Estos sitios web son a menudo una ventanilla única en la que los ciudadanos pueden encontrar asesoramiento oficial relacionado con la salud (por ejemplo, medidas que pueden tomar en su vida diaria para prevenir la propagación del virus y cómo reaccionar si tienen síntomas) e información sobre todas las medidas adoptadas por las autoridades públicas nacionales. Los gobiernos también emiten declaraciones sobre COVID-19 a través de canales de redes sociales (por ejemplo, Twitter, Facebook, Instagram). También operan sitios web oficiales sobre el coronavirus (por ejemplo, en Australia,² Dinamarca,³ Finlandia,⁴ Francia,⁵ Corea, Nueva Zelanda,⁶ el Reino Unido,⁷ Brasil,⁸ Grecia⁹ e Italia¹⁰). Otros sitios web de información son operados por servicios de salud nacionales o regionales (por ejemplo, en Finlandia,¹¹ Noruega¹²) u organizaciones para la difusión de la ciencia (por ejemplo, el Videnskab Danés.dk y el Coronavirus de Investigación e Innovación del Reino Unido: la ciencia explicada).¹³

Servicios de verificación de hechos para contrarrestar la difusión de información falsa: algunos países han creado sitios web específicos para alertar al público sobre la difusión de información inexacta y falsa. En Alemania, la página web del Ministerio Federal de Educación e Investigación sobre noticias falsas relacionadas con COVID-19¹⁴ se actualiza regularmente, y los hallazgos se difunden a través de los canales de medios sociales. En los Estados Unidos, la Agencia Federal para el Manejo de Emergencias ha desarrollado un sitio web de Control de Rumores de Coronavirus¹⁵ para ayudar al público a distinguir entre rumores y hechos relacionados con la pandemia del COVID-19. El Ministerio de Salud, Trabajo y Bienestar de Japón¹⁶ y la Agencia Flamenca de Atención y Salud¹⁷ también han creado páginas web de verificación de hechos.

Chatbots oficiales, aplicaciones y otras herramientas desarrolladas en colaboración con empresas tecnológicas: la OMS lanzó la Alerta Sanitaria de la OMS,¹⁸ un servicio gratuito en WhatsApp que responde a preguntas del público sobre COVID-19, así como el servicio

de “Verificado” que ofrece respuestas rápidas y fiables basadas en la información oficial de salud más reciente.¹⁹ Varios países han desarrollado (en colaboración con empresas tecnológicas) chatbots automatizados en WhatsApp, por ejemplo, “MyGov Corona Helpdesk” en la India. Algunos gobiernos también han lanzado su propia aplicación de COVID-19 (por ejemplo, “Coronavirus-SUS” de Brasil y “HSE COVID 19” de Irlanda) que permite a los ciudadanos monitorear sus síntomas y mantenerse al día sobre la información y asesoramiento oficial más reciente.

Fuente: Paunov y Planes-Satorra (próximamente).

La creciente disponibilidad pública de datos de financiación a nivel de proyectos, a menudo establecidos en el contexto de medidas de transparencia pública, está permitiendo esfuerzos conexos que examinan específicamente los datos sobre la financiación de la Investigación y Desarrollo (I+D). Actualmente es muy difícil responder a las solicitudes de información detallada o a categorías de financiación en materia de I+D que no se alinean con las clasificaciones establecidas. Esto se manifiesta hoy en día con respecto a la financiación de la investigación del COVID-19. También se aplica a las solicitudes de información sobre políticas sobre investigación dirigidas a determinados campos tecnológicos (por ejemplo, inteligencia artificial) y grandes desafíos (por ejemplo, los Objetivos de Desarrollo Sostenible), en los que existe una demanda generalizada de recursos, herramientas y métodos de datos que ayuden a identificar las características de la financiación en materia de I+D. Las organizaciones de financiación, y un número creciente de proveedores comerciales de servicios de apoyo a la investigación, no sólo han estado compilando y ofreciendo acceso a los datos, sino también proporcionando funcionalidades analíticas y de búsqueda semántica mediante el aprendizaje automático. Sin embargo, esto sigue siendo un panorama fragmentado (OCDE, 2018; OCDE, 2020) y los datos podrían compartirse y explotarse mejor, tanto a nivel nacional como internacional.

8.4 COORDINACIÓN HORIZONTAL PARA AYUDAR A COMBATIR EL COVID-19

Las virtudes de la coordinación de políticas son bien conocidas y ampliamente aceptadas. Los mecanismos de coordinación de todo el gobierno, dentro y entre los niveles de gobierno, son esenciales para resolver las discrepancias entre las prioridades sectoriales y las políticas. Al concentrar los recursos en objetivos comunes, también promueven acciones coherentes y de apoyo mutuo en todos los sectores e instituciones. Sin embargo, la coordinación y la coherencia de las

políticas sigue siendo uno de los desafíos más antiguos y frecuentes para los gobiernos, que se hizo aún más difícil por problemas sistémicos multidimensionales como el cambio climático, el envejecimiento de las sociedades o una pandemia. Estos desafíos sociales involucran a instituciones mucho más allá de los responsables de las políticas en materia de CTI.

Dos factores son particularmente perjudiciales para garantizar una respuesta política eficaz a la pandemia del COVID-19, lo que hace que la necesidad de coordinación de políticas sea aún más aguda:

- *Incertidumbre*: a pesar de una gran cantidad de información y consejos científicos, todavía existe poco consenso sobre cómo la propagación del virus podría evolucionar y cómo puede ser tratado. Por lo tanto, los responsables de formular las políticas deben tomar decisiones en medio de pruebas cambiantes y a veces contradictorias.
- *Urgencia*: cuando se enfrentan a una necesidad urgente de reaccionar (como en la situación del COVID-19), los responsables de la toma de decisiones en todos los sectores tienden a actuar sin suficiente consulta o intercambio de información. Muchos actores de la investigación y la innovación han reorientado algunas de sus actividades financiadas anteriormente hacia el COVID-19, pero a menudo con poca orientación de los responsables de formular las políticas, o con diferentes señales e incentivos de diferentes organizaciones.

Una mayor coordinación de las políticas dentro de los gobiernos puede mejorar las respuestas al COVID-19 limitando la duplicación de esfuerzos, garantizando una escala suficiente de esfuerzos, permitiendo una exploración más amplia y sostenible de las posibles soluciones y proporcionando una mayor visibilidad a las iniciativas que ofrecen la financiación para el COVID-19 (OCDE, 2020). La coordinación de las políticas en materia de CTI puede lograrse de varias maneras, desde la coordinación estratégica de arriba hacia abajo dirigida por una oficina del gabinete (como en Japón) hasta la coordinación a nivel de agencia (como en Noruega). No existe un único mejor enfoque, y la coordinación de las actividades en materia de CTI para hacer frente al COVID-19 debe adaptarse a las estructuras de gobernanza específicas de cada país.

Coordinación de las políticas en materia de CTI con otros campos de políticas

Si bien muchos países han permitido con razón a las autoridades sanitarias liderar la respuesta inicial al COVID-19, los gobiernos han seguido la orientación de la

OMS para los planes nacionales de preparación para la pandemia mediante el establecimiento de diversos mecanismos intersectoriales para coordinar acciones con otras secretarías. Estas tienen diferentes carteras de actividades destinadas a contener, retrasar y mitigar el virus, dependiendo de la estrategia del país y de la situación actual de salud pública.

Coordinación de iniciativas de investigación sobre el COVID-19

Muchos países también han establecido estructuras e iniciativas específicas de gobernanza para coordinar las actividades dentro del propio sistema de CTI. Uno de los objetivos es reducir los silos entre las autoridades que supervisan las políticas de investigación e innovación, incluso en el ámbito de la salud, que sigue algo separado del resto del sistema de CTI en muchos países. Estos esfuerzos varían en alcance y enfoque. Van desde redes de colaboración y grupos de trabajo hasta programas integrados y convocatorias conjuntas de propuestas de investigación o innovación, que se utilizan comúnmente cuando dos o más organismos de investigación o consejos agrupan recursos para solicitar y seleccionar propuestas. Estas iniciativas conjuntas suelen abarcar horizontes de investigación y transferencia de conocimiento más cortos, con resultados esperados de 3 a 12 meses. Algunos se utilizan para apoyar las etapas posteriores del proceso de innovación, por ejemplo, el desarrollo y la rápida fabricación de nuevas tecnologías y servicios para la detección y el tratamiento. Un ejemplo notable es la asociación público-privada Acelerando las Intervenciones y las Vacunas contra el COVID-19 (Accelerating COVID-19 Therapeutic Interventions and Vaccines - ACTIV), liderada por los Estados Unidos, que promueve una estrategia de investigación coordinada a nivel federal para priorizar y acelerar el desarrollo de los tratamientos y vacunas más prometedores. Esta iniciativa está encabezada por los Institutos Nacionales de Salud, junto con otras agencias estadounidenses relevantes, organizaciones filantrópicas y empresas biofarmacéuticas. También está vinculada a la Agencia Europea de Medicamentos para una mayor coherencia con los esfuerzos internacionales (véase el Capítulo 5).

Coordinar los esfuerzos para comunicar sobre las oportunidades de financiación

Para complementar estas iniciativas, los gobiernos han invertido para comunicar sobre las oportunidades de financiación de la investigación y la innovación de diferentes organismos. Las iniciativas incluyen inventarios y mapas de proyectos pertinentes en materia de CTI, así como varias plataformas y portales en línea que enumeran toda la información relevante sobre las oportunidades de financiación

de CTI relacionadas con el COVID. Una mejor recopilación y difusión de esa información facilita la coordinación formal e informal en todo el gobierno. Por ejemplo, la Comisión Europea ha puesto en marcha la plataforma corona de Espacio European Research Area (ERA), una ventanilla única de información sobre la investigación del coronavirus y la financiación de la innovación (por ejemplo, llamadas y proyectos financiados). En Francia, el consorcio REACTing supervisa y fomenta el intercambio de datos, promueve las buenas prácticas y la normalización de la recopilación de datos, y reúne y coordina a los agentes de investigación franceses que trabajan sobre COVID-19.

8.5 GOBIERNOS QUE LIDERAN LA ACCIÓN COLECTIVA: POLÍTICAS DE INNOVACIÓN ORIENTADAS A LAS MISIONES

Paralelamente a las respuestas políticas tempranas coordinadas, se necesitan enfoques más amplios para abordar el COVID-19 a largo plazo y prevenir futuras pandemias. Los experimentos en curso de los gobiernos con las MOIP podrían ofrecer lecciones útiles a este respecto. Las MOIP agrupan una serie de intervenciones públicas complementarias para lograr objetivos ambiciosos para los que las políticas en materia de CTI tradicionalmente fragmentadas han producido (en el mejor de los casos) resultados mixtos. Estos “paquetes” coordinados de políticas de investigación e innovación y medidas regulatorias pueden abarcar diferentes etapas del ciclo de innovación, desde la investigación hasta la demostración y el despliegue del mercado. Pueden mezclar instrumentos de oferta y demanda, y afectar a diversos campos de las políticas. Varios países están experimentando actualmente con diferentes tipos de MOIP para hacer frente a una amplia gama de desafíos sociales. Esta sección se centra en las MOIP dirigidas a los desafíos de salud.

Una serie de políticas sistémicas a la medida para diferentes misiones

Si bien algunos modelos han comenzado a surgir a medida que los países aprenden unos de otros y emulan las buenas prácticas, cada MOIP se adapta a sus objetivos, la mayoría de las veces combina imperativos para abordar desafíos sociales seleccionados y fortalecer la competitividad nacional en nuevas áreas de crecimiento. Varias de estas iniciativas sistémicas se llevan a cabo actualmente en salud y atención sanitaria, en pos de diversos objetivos o declaraciones de misión (Figura 8. 2).

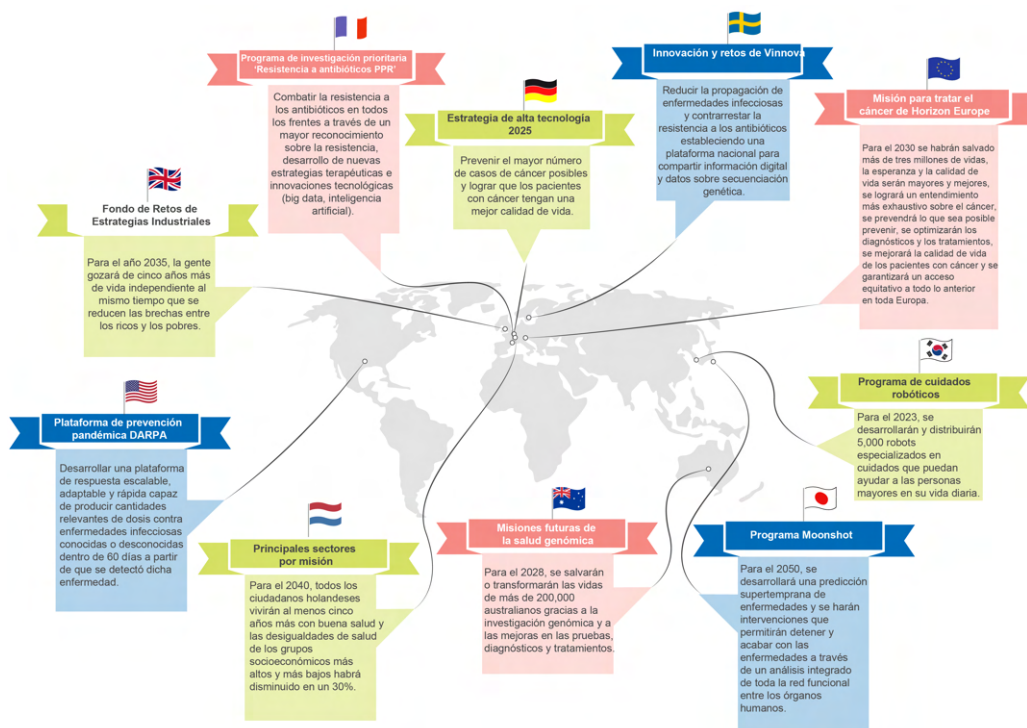


Figura 8.2: Mapa internacional de misiones seleccionadas en salud y atención sanitaria.
 Nota: DARPA se refiere a Defense Advanced Research Projects Agency y PPR se refiere al Programme Prioritaire de recherche (programa de prioridad de investigación).

El imperativo de la orientación de la misión

La necesidad de nuevos enfoques para orientar y coordinar mejor las políticas en materia de CTI relacionadas con la salud surge en el contexto de varios desafíos específicos:

- Varias transformaciones interrelacionadas están afectando al sector, en particular las amenazas emergentes o de evolución, como la pandemia del COVID-19 o cuestiones relacionadas con el envejecimiento de la población, la transformación digital de la salud y la atención sanitaria, y las nuevas tendencias hacia la medicina personalizada. Estas transformaciones se basan en parte en los desarrollos de la CTI, pero también exigen respuestas de la CTI dirigidas.
- Si bien la investigación y la innovación en salud son intersectoriales, a menudo se rigen por su propio “sistema” en muchos países, con estructuras institucionales específicas y canales de financiación. El sistema en sí suele estar fragmentado, con múltiples actores operando en diferentes etapas

del ciclo de innovación y en diferentes niveles de gobernanza (nacional, regional o local) a través de una gran variedad de medidas e iniciativas de apoyo. Esta fragmentación es un desafío para coordinar los esfuerzos en torno a los objetivos y misiones estratégicos nacionales en materia de salud.

Los principales modelos de políticas de innovación orientadas a las misiones (MOIP)

Analizando el panorama mundial de las iniciativas de las MOIP, se observan dos modelos principales: “marcos estratégicos nacionales orientados a las misiones” y “programas basados en desafíos”. Estos se resumen brevemente en la Tabla 8. 1.

Tabla 8.1: Características básicas de los principales modelos MOIP.

Tipo	Liderazgo	Misiones	Ejemplos
Marcos estratégicos nacionales orientados a las misiones	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Centro de gobierno (comité de alto nivel, gabinete, primer ministro) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Múltiples misiones o áreas de misión ▪ Perseguir desafíos ambiciosos, incluido el cambio transformador ▪ Horizonte a largo plazo 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Horizonte Europa (Unión Europea) ▪ Política de los principales sectores impulsada por la misión (Países Bajos) ▪ Estrategia de Alta Tecnología 2025 (Alemania) ▪ Programa de I+D Moonshot (Japón)
Programas basados en desafíos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Organismo de implementación de políticas (secretaría, agencia) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Enfocado ▪ Buscar resultados incrementales o revolucionarios ▪ Mejor apto para misiones de “acelerador” ▪ Horizonte a mediano y largo plazo 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Piloto-E (Noruega) ▪ Fondo para el Desafío de la Estrategia Industrial (Reino Unido)

- *Los marcos estratégicos nacionales orientados a las misiones son iniciativas amplias puestas en marcha al más alto nivel de formulación de políticas.* Proporcionan metas concretas y ambiciosas dentro de un marco estratégico general que ayuda a coordinar las acciones entre una amplia gama de actores públicos y privados. En Japón, por ejemplo, el Programa de I+D Moonshot se estableció en 2020 a nivel nacional para resolver seis “objetivos de Moonshot”, incluido el desarrollo de la predicción e intervención de enfermedades ultra tempranas para 2050. Una característica de este programa es su estructura de gobernanza multicapa. A nivel general del programa, está gobernado por el Moonshot Strategy Council, que reúne a diferentes secretarías y organismos para financiar y ejecutar las actividades.

Se asigna un director de programa a cada objetivo y es responsable de todos los proyectos hacia ese objetivo, lo que permite la gestión de la cartera; los jefes de proyecto son los encargados de diseñar el mejor equipo para llevar a cabo su proyecto. A nivel de la Unión Europea (UE), la misión “Conquistar el Cáncer”, una de las cinco misiones incluidas en el futuro Horizon Europe Framework Programme for Research and Innovation (2021-2027), tiene como objetivo salvar más de 3 millones de vidas y vivir más y mejor para el 2030. Un grupo específico de expertos, el Consejo de Misión contra el Cáncer, está llevando a cabo amplias consultas con los Estados miembros, los miembros del Parlamento Europeo y varias Direcciones Generales de la Comisión Europea. Una novedad de esta iniciativa es la consulta y el compromiso de los ciudadanos de la UE, incluidos los pacientes de cáncer y los sobrevivientes. Este proceso dio lugar a una cartera de acciones de la Comisión Europea y de los Estados miembros que se ejecutarán en cinco ámbitos principales de intervención. El siguiente paso será el diseño de un marco de gobernanza e implementación pertinente para una gestión eficaz de la cartera que permita la coordinación intersectorial e interinstitucional. Un desafío importante para estos marcos generales es involucrar a una amplia gama de actores sin ampliar o multiplicar las misiones, y reclutar actores políticos de alto nivel sin sacrificar el horizonte temporal a largo plazo y la audacia de las misiones.

- *Los programas basados en desafíos se centran en resolver problemas específicos y son implementados por organismos o programas específicos.* A menudo persiguen ambiciosos desafíos tecnológicos o incluso científicos, en línea con su alcance y enfoque más estrechos. Uno de sus principales objetivos es incorporar el apoyo a proyectos seleccionados en toda la cadena de innovación, desde la investigación hasta la introducción en el mercado, para aumentar las posibilidades de éxito en la innovación y acelerar el desarrollo a través de vínculos más estrechos entre investigadores, empresas y usuarios (incluidos los pacientes). Varios de estos programas son implementados por agencias de financiación y se basan en la conocida experiencia de DARPA en Estados Unidos. Una aplicación temprana de este modelo en el área de salud tuvo lugar a principios de la década de 1990, cuando se asignaron 300 millones de dólares al Departamento de Defensa para luchar contra el cáncer de mama. En lugar de aplicar un enfoque de investigación de abajo hacia arriba, impulsado por la curiosidad, el Departamento de Defensa utilizó un enfoque dirigido, con una participación significativa de pacientes-activistas en el proceso de planificación y la selección final de los proyectos científicos a financiar. El programa financió la investigación a la que se atribuye el desarrollo de fármacos y terapias considerados entre

los avances más importantes en el tratamiento del cáncer de mama en las últimas décadas (Sarewitz, 2016). En un ejemplo más reciente, el Fondo para el Desafío de la Estrategia Industrial del Reino Unido se centra en cuatro desafíos relacionados con la salud. Estos incluyen la invención de nuevas formas de detectar y prevenir el desarrollo de enfermedades, y el “desafío del envejecimiento saludable”, que pide a la industria y a los investigadores que desarrollen productos y servicios para ayudar a las personas a permanecer independientes, productivas, activas y socialmente conectadas durante más tiempo. Cada desafío moviliza una gama de instrumentos a medida para alcanzar sus objetivos. En Noruega, sobre la base de la experiencia de Piloto-E, un plan integrado interinstitucional con el objetivo de acelerar el desarrollo de soluciones energéticas sostenibles, el gobierno tiene previsto establecer un plan Piloto-H para coordinar las intervenciones focalizadas y conjuntas en el ámbito de la salud. Al día de hoy, muchas iniciativas basadas en desafíos dirigidas por agencias son pilotos experimentales. Para tener un impacto transformador significativo, tendrán que ser evaluados adecuadamente. También debe haber voluntad política de ampliarlos y elevarlos a nivel nacional. Países como Austria, Noruega y Suecia se encuentran actualmente en esta etapa crucial.

Varias de estas ambiciosas políticas sistémicas se crean a partir de un sentido de urgencia relacionado con el desafío a resolver, alistando el apoyo político de alto nivel que es esencial para crear iniciativas de tal escala y alcance. Sin embargo, diseñar y dotar a estas políticas de los recursos y estructuras de gobierno adecuados lleva tiempo. El brote de la pandemia del COVID-19 no ha sido el mejor momento para establecer las MOIP, más allá de las respuestas coordinadas identificadas en la sección anterior. Sin embargo, a medida que los paquetes de recuperación del gobierno abarcan horizontes de tiempo más largos, algunas MOIP han recurrido a los desafíos del COVID-19 y post-COVID-19. En respuesta a la pandemia del COVID-19, el programa Moonshot de Japón añadió un séptimo objetivo en julio de 2020, a saber, estableciendo un sistema médico y de atención sostenible para superar las principales enfermedades para 2040, y vivir hasta los 100 años sin problemas de salud. El programa también ha iniciado una consulta en septiembre de 2020 para crear un nuevo objetivo de Moonshot para hacer frente a los desafíos a los que se enfrenta la sociedad y la economía en el Japón posterior a la crisis.

8.6 GOBERNANZA TECNOLÓGICA

La ciencia y la tecnología serán esenciales para aumentar la resiliencia y abordar los desafíos de nuestro tiempo, como las pandemias, la sostenibilidad y el

envejecimiento. Sin embargo, también plantean preocupaciones sociales, como se ha visto durante anteriores oleadas de cambios tecnológicos en la industria y en los debates actuales en torno a la energía nuclear, la edición de genes, la neurotecnología y la inteligencia artificial. Los medios tradicionales de gobierno de la ciencia y la tecnología, ya sea mediante la ética de la investigación institucionalizada, la regulación gubernamental o los mecanismos de mercado, están cada vez más mal equipados para capturar el ritmo y la profundidad con los que las innovaciones están remodelando las sociedades. La evolución de las tecnologías emergentes ha desencadenado un debate mundial sobre las consecuencias de la comercialización resultante y la posible necesidad de nuevos mecanismos de supervisión (Jasanoff y Hurlbut, 2018). En condiciones de incertidumbre, los instrumentos reglamentarios tradicionales (por ejemplo, la evaluación del riesgo, la fijación de normas basadas en productos, los controles de exportación y la responsabilidad) tienden a centrarse en gestionar las consecuencias inmediatas o fácilmente cuantificables de la tecnología emergente, o sólo se ponen en juego después de que se hayan tomado decisiones clave sobre el diseño de la tecnología. Sin embargo, muchas de las cuestiones planteadas por las tecnologías emergentes son más fundamentales y a largo plazo.

La gobernanza de la ciencia y las tecnologías emergentes plantea un rompecabezas bien conocido: el llamado dilema de Collingridge sostiene que, al principio del proceso de innovación, cuando las intervenciones y las correcciones de cursos todavía pueden resultar fáciles y baratas, las consecuencias completas de la tecnología, y por lo tanto la necesidad de cambio, podrían no ser completamente evidentes. Por el contrario, cuando la necesidad de intervención se hace evidente, cambiar de rumbo puede llegar a ser costoso, difícil y lento (Collingridge, 1980). La incertidumbre y la cuarentena están en el centro de muchos debates sobre la gobernanza. Lo que se necesita es un enfoque novedoso de la gobernanza tecnológica que anticipe las preocupaciones desde el principio, las aborde a través de procesos abiertos e inclusivos y dirija las trayectorias de innovación en una dirección socialmente deseable. Las alternativas a los paradigmas existentes de gobernanza deben surgir junto con una forma de innovación más responsable y sensible a las necesidades de la sociedad.

Varios enfoques nuevos en la política de ciencia y tecnología tratan de superar el dilema de Collingridge abordando las preocupaciones con la gobernanza de la tecnología en la fase ascendente. La idea clave es hacer que el proceso de innovación sea más anticipatorio, inclusivo y pretendiente, inyectando consideraciones de bien público en la dinámica de la innovación y asegurando que los objetivos, valores y preocupaciones sociales se integren a medida que se desarrollan. La gobernanza de los procesos cambia el lugar de la gestión de los riesgos de los productos tecnológicos a la gestión del propio proceso de innovación: quién, cuán-

do, qué y cómo. Su objetivo es anticipar las preocupaciones desde el principio, abordarlas a través de procesos abiertos e inclusivos, y dirigir la trayectoria de innovación en la dirección deseada.

Aprovechar los beneficios de las tecnologías emergentes mientras previene o mitiga sus posibles efectos negativos es un desafío crítico para la ciencia y la sociedad actual. Muchas de las barreras a las tecnologías emergentes no están en la tecnología misma, sino en la gobernanza tecnológica. La gobernanza tecnológica puede definirse como el proceso de ejercer la autoridad política, económica y administrativa en el desarrollo, difusión y funcionamiento de la tecnología en las sociedades. Puede consistir en normas (por ejemplo, reglamentos, normas y costumbres), pero también puede ser operacionalizada a través de arquitecturas físicas y virtuales que gestionan riesgos y beneficios. La gobernanza tecnológica se refiere no sólo a las actividades formales del gobierno, sino también a las actividades de las empresas, las organizaciones de la sociedad civil y las comunidades de práctica. En su sentido más amplio, representa la suma de las muchas maneras en que los individuos y las organizaciones dan forma a la tecnología y, por el contrario, cómo la tecnología da forma al orden social.

Investigación e innovación responsables

Una visión persistente pero equivocada es que la resistencia a la tecnología se debe principalmente a la ignorancia pública sobre los beneficios de determinadas tecnologías o innovación en general. Las investigaciones en ciencias sociales muestran que esa resistencia podría estar más impregnada de conflictos de valor básico, preocupaciones distributivas y fracasos de confianza en las instituciones rectoras, como las autoridades reguladoras y los órganos consultivos técnicos (Gaskell, 1999)(Bauer, 2009); Como regla general, los gobiernos y los innovadores deben tener en cuenta en la medida de lo posible los objetivos y preocupaciones sociales desde el comienzo del proceso de desarrollo.

Las neurociencias y la neurotecnología son un ejemplo: tienen un potencial dramático para promover la salud y el bienestar humanos. Al mismo tiempo, plantean complejas cuestiones éticas, legales y políticas, como la privacidad de los datos (cerebro), la ciberseguridad, la mejora humana, la regulación y comercialización de dispositivos directos al consumidor, la vulnerabilidad de los patrones cognitivos para la manipulación comercial o política, las nuevas desigualdades de acceso, las implicaciones para los derechos humanos. (Ienca y Andorno, 2017; Wexler y Reiner, 2019). Estas cuestiones no se refieren exclusivamente al campo de la ciencia: las opciones de política en torno a la innovación y la regulación también orientarán estas tecnologías. Por lo tanto, la ciencia y la

sociedad deben abordar estas cuestiones conjuntamente para aprovechar todo el potencial de la neurotecnología.

Basándose en las prácticas de los países en torno a la investigación y la innovación responsables (Stilgoe, Owen y Macnaghten, 2013) y en los marcos de “implicaciones éticas, jurídicas y sociales”, la OCDE ha estado desarrollando un enfoque para la innovación responsable, que culmina en las Recomendaciones sobre Innovación Responsable en Neurotecnología (OCDE, 2019) (Recuadro 8.3). La Recomendación incorpora un enfoque de “innovación responsable”, inspirándose en el campo de los estudios científicos y tecnológicos (Stilgoe, Owen y Macnaghten, 2013) y en el trabajo reciente financiado por la Unión Europea (Comisión Europea, 2020). Este enfoque busca anticipar los problemas durante el curso de la innovación y dirigir la tecnología a los mejores resultados, involucrando a muchas partes interesadas en el proceso de innovación (OCDE, 2018). La OCDE también ha publicado la Recomendación sobre Inteligencia Artificial (OCDE, 2019), que promueve la inteligencia artificial innovadora y confiable, y que respeta los derechos humanos y los valores democráticos.

Recuadro 8. 3. Recomendación del Consejo de la OCDE sobre Innovación Responsable en Neurotecnología (2019)

1. Promover la innovación responsable
2. Priorizar la evaluación de la seguridad
3. Promover la inclusividad
4. Fomentar la colaboración científica
5. Permitir la deliberación social
6. Permitir la capacidad de los órganos de supervisión y asesoramiento
7. Proteger los datos personales de inteligencia y otra información
8. Promover culturas de protección y confianza en el sector público y privado
9. Anticipar y supervisar el posible uso y/o mal uso no intencionado

Fuente: OCDE (2019), Recomendación de la OCDE del Consejo de Innovación Responsable en Neurotecnología, <https://legalinstruments.oecd.org/>.

La buena gobernanza puede realmente permitir, en lugar de restringir, la tecnología. Esta visión, centrada en la gobernanza desde la perspectiva de la innovación, es una piedra angular de la Recomendación. Al crear un sistema de innovación responsable, destacan al menos cinco elementos generales:

i) direccionalidad, ii) inclusividad, iii) anticipación, iv) deliberación y v) el papel del sector privado. Cada uno está ganando fuerza en las políticas en materia de innovación.

- *Direccionalidad.* La Recomendación responde a los llamamientos para alinear mejor la investigación, la comercialización y las necesidades sociales. En otras palabras, promueve la transformación tecnológica “orientada a la misión” e “intencional” para conectar mejor la innovación con la salud mental.
- *Inclusividad.* Las discusiones sobre la innovación inclusiva suelen centrarse en las divisiones tecnológicas y la desigualdad de acceso. La Recomendación destaca otras formas de inclusividad, es decir, cómo la inclusión de las partes interesadas, los ciudadanos y los actores sistemáticamente excluidos dentro del proceso de innovación puede ayudar a impulsar la innovación. (OCDE, 2018)
- *Anticipación.* Desde una perspectiva de innovación, métodos de etapa final pueden ser inflexibles, inadecuados e incluso sofocantes. En el ámbito de la gobernanza tecnológica, los gobiernos y los responsables de formular las políticas están experimentando actualmente con los bancos de pruebas, los espacios aislados, los nuevos métodos de evaluación de la tecnología y las estrategias de previsión.
- *Deliberación.* Más exigente que la participación pública, la deliberación implica un intercambio iterativo de opiniones con la esperanza de lograr un discurso razonado e incluso encontrar puntos en común. El enfoque requiere mejorar las capacidades sociales para comprender, comunicar y dar forma a la tecnología a través del desarrollo, de modo que la tecnología pueda avanzar en condiciones de confianza, permitiendo su desarrollo al mercado. Un buen ejemplo de participación pública y deliberación es el proceso seguido por la Autoridad de Fertilización Humana y Embriología (Human Fertilisation and Embryology Authority - HFEA) en el Reino Unido durante el examen de una tecnología controvertida (Recuadro 8.4).
- *Papel del sector privado.* Mientras que muchos códigos de ética de la tecnología ponen deberes a los científicos y a los médicos, la Recomendación también promueve un enfoque institucional que dirige la orientación a los

organismos de financiación, los organismos de supervisión y las empresas. Las empresas, en particular, tienen un papel fundamental que desempeñar en la gobernanza. Están en la primera línea del desarrollo de productos, la regulación, la difusión y la comercialización, y deben comprometerse con un marco de innovación responsable.

Recuadro 8. 4. Un ejemplo de deliberación y adopción de la tecnología: la Autoridad de Fertilización Humana y Embriología

La HFEA se estableció en 1990 para conceder licencias y supervisar clínicas de fecundación e inseminación in vitro en todo el Reino Unido, así como instituciones que realizan investigaciones embrionarias y almacenan gametos y embriones (Jasanoff, 2005). En 2007, la HFEA inició una consulta pública para explorar las opiniones del público sobre si se debiera permitir o no a los científicos de investigación crear embriones que contengan ADN animal (HFEA, 2007; Starza-Allen.). El programa, titulado Híbridos y Quimeras, contó con el apoyo de Sciencewise, un programa actualmente dirigido por UK Research and Innovation, cuyo objetivo es ayudar a los responsables políticos a llevar a cabo actividades de participación pública.

La consulta se desarrolló de abril a julio de 2007 e incluyó una serie de enfoques para la consulta. Una encuesta de opinión pública reunió las opiniones generales de una muestra representativa del público. Las deliberaciones públicas ampliaron estas conclusiones generales y abrieron nuevas preguntas, centrándose en los efectos de la deliberación y en la nueva información sobre las opiniones de los participantes. Luego tuvo lugar una consulta escrita y una reunión pública. La HFEA analizó los resultados de la consulta pública y decidió que se debía permitir que la investigación híbrida citoplasmática avanzara, con cautela y escrutinio cuidadoso.(HFEA, 2007).

Más recientemente, la HFEA llevó a cabo una consulta pública y presentó una propuesta al Parlamento del Reino Unido sobre si permitir la sustitución mitocondrial en embriones destinados a la implantación. El parlamento aceptó la recomendación, con alta aprobación pública.

Evaluación tecnológica participativa

La evaluación de la tecnología es otro mecanismo que permite la innovación responsable. Iniciada en la década de 1960, la evaluación de la tecnología se ha adoptado cada vez más en muchos países y ha evolucionado con el tiempo, sobre

la base de las lecciones aprendidas. La política de innovación en muchos países de la OCDE se guía ahora por formas de evaluación de la tecnología social llevadas a cabo por una combinación de actores, incluidos los comités nacionales de ética y otros organismos gubernamentales encargados de considerar efectos sociales más amplios, y la evaluación del riesgo para la salud y la seguridad. Algunas de estas evaluaciones son más ampliamente participativas e incluyen procedimientos que involucran a las partes interesadas y a las aportaciones públicas. (Durant, 1999)

Estos procesos de evaluación tecnológica de la sociedad implican un análisis formal del riesgo. Más allá de los riesgos inmediatos para la salud y la seguridad, también pueden ser conscientes de las implicaciones sociales a largo plazo de la adopción tecnológica. Las cuestiones a considerar se refieren a la distribución de los posibles beneficios y costos, las consecuencias de la propiedad intelectual en el terreno, la existencia de vías particulares de mayor beneficio social, las fuentes de incertidumbre en la evaluación de la tecnología y los beneficios potenciales de la innovación.

En términos generales, ha habido un cambio de formas de evaluación más basadas en expertos a modelos más participativos (véase más adelante). Nacida de controversias en torno a tecnologías como la energía nuclear, la evaluación de la tecnología en Estados Unidos inicialmente se centró bastante estrechamente en proporcionar conocimientos objetivos y probabilísticos sobre las trayectorias futuras de las tecnologías emergentes. Con el tiempo, se reconoció cada vez más que la elaboración de suposiciones (por ejemplo, definiciones de problemas, alcance y metodologías) dio forma a las conclusiones de la evaluación de la tecnología (Wynne, 1975; Ely, Stirling y Van Zwanenberg, 2011). En particular, un énfasis en las consecuencias técnicas podría eclipsar cuestiones importantes relacionadas con los impactos sociales, éticos y políticos de las tecnologías. Por estas razones, los países comenzaron a cambiar hacia formas más inclusivas, abiertas y deliberativas de evaluación de la tecnología.

Algunos mecanismos de evaluación de la tecnología implican procedimientos públicos formales que alimentan directamente las decisiones de política de innovación y gobernanza, en particular mediante consultas con los órganos consultivos de expertos. Un enfoque consiste en basarse en academias científicas o autoridades reguladoras para evaluar los aspectos más técnicos de las tecnologías emergentes; otra es establecer órganos consultivos públicos. Algunos ejemplos de estos enfoques son la Fundación de la Junta Tecnológica Danesa, el Consejo Nuffield sobre Bioética en el Reino Unido y los comités presidenciales de bioética en los Estados Unidos. Estos grupos podrían ser encargados de reunir evidencia sobre tecnologías particulares a través de investigaciones y testimonios públicos, y escribir informes que puedan informar sobre el razonamiento público.

Otros métodos incluyen el uso de encuestas públicas y entrevistas a las partes interesadas para evaluar las tecnologías emergentes y medir la opinión actual, así como la celebración de audiencias para recopilar información de públicos varios e informar a los organismos reguladores.

Los esfuerzos recientes para introducir la evaluación de la tecnología participativa se han llamado de manera diversa “evaluación tecnológica constructiva” (Schot and Rip, 1997), “evaluación de la tecnología participativa” (Guston y Sarewitz, 2002) y “evaluación de la tecnología en tiempo real”, entre otros. Estos enfoques hacen hincapié en el valor de involucrar a los ciudadanos y a las partes interesadas junto con los expertos, sobre la base de la idea de que la evaluación de la tecnología está intrínsecamente cargada de valor y, por lo tanto, los ciudadanos deben tener voz en el proceso. También existe un reconocimiento cada vez mayor de que los no expertos y otras partes interesadas poseen conocimientos pertinentes que de otro modo se perderían.²⁰

Los modos más participativos de evaluación de la tecnología reconocen que es más probable que el público acepte evaluaciones de las que han participado, y que los conocimientos producidos durante estas evaluaciones probablemente serán más sólidos si se contrata a diversas partes interesadas. Estos enfoques podrían incluir la cartografía socio-técnica, que combina el análisis de las partes interesadas con la elaboración de innovaciones técnicas recientes; experimentación temprana para identificar y manejar impactos imprevistos; un mayor diálogo entre el público y los innovadores; encuestas de opinión pública y grupos focales; y desarrollo de escenarios (Guston y Sarewitz, 2002)

8.7 PERSPECTIVAS FUTURAS

En este capítulo se ha examinado una amplia gama de cuestiones que se enfrentan a la gobernanza de la CTI. Se ha tocado las lecciones aprendidas de los estudios recientes de la OCDE y ha puesto de relieve los desafíos políticos pendientes. De cara al futuro, los períodos de crisis pueden ofrecer oportunidades para revisar los objetivos, modelos y prácticas de políticas existentes, así como redirigir a las economías y las sociedades hacia un futuro más equitativo, sostenible y resiliente. En esta sección final se examinan algunas de las opciones disponibles para los países al perseguir esos objetivos políticos, utilizando marcos de políticas y teorías actualmente infrautilizados para guiar la acción política. En él se examinan las prácticas políticas a la luz de la crisis de la pandemia y se destaca la importancia y los desafíos de desarrollar las capacidades del gobierno para aplicar con éxito el ambicioso programa de políticas en materia de CTI que está surgiendo.

Revisar los objetivos de las políticas

En contraste con la crisis financiera mundial de 2008-09, la CTI es claramente fundamental para proporcionar soluciones a la crisis del COVID-19. Está desempeñando un papel destacado en la conformación de políticas para contener el virus a través de consejos científicos, y la carrera por desarrollar vacunas y terapias eficaces se basa en la última investigación e innovación médica de vanguardia. Estas contribuciones tan visibles podrían desempeñar un papel decisivo en el posicionamiento de la CTI en el futuro.

La crisis de la pandemia ha impulsado la cuestión de la “resiliencia” (es decir, la capacidad de recuperarse y adaptarse a las perturbaciones y, si es necesario, de cambiar hacia caminos transformadores) en el centro de las agendas políticas. Si bien es posible que las políticas en materia de CTI deba adaptarse a este nuevo énfasis, la CTI ya hace importantes contribuciones a la resiliencia socioeconómica, generando nuevos conocimientos y mejorando sus aplicaciones a través de la innovación. En el contexto del COVID-19, las nuevas plataformas tecnológicas están facilitando el desarrollo y la producción de vacunas y terapias a un ritmo que habría sido inimaginable hace sólo una década (véase el Capítulo 5). Por lo tanto, el énfasis en la resiliencia puede brindarle una mayor atención al apoyo a plataformas flexibles como estas y a promover asociaciones colaborativas que proporcionen a los sistemas de CTI una mayor agilidad para responder a los desafíos futuros.

También parece probable que las políticas en materia de CTI sigan inclinándose hacia una orientación más proactiva de “transformación de los sistemas”, en particular para abordar los desafíos de la emergencia climática. Si bien este cambio ha estado en marcha desde hace algún tiempo en varios países de la OCDE, bien podría acelerarse en respuesta al COVID-19 y los ambiciosos objetivos (por ejemplo, transiciones verdes) contenidos en los paquetes de recuperación y estímulo de muchos países (OCDE, 2020). Del mismo modo, los programas de políticas en materia de CTI pueden hacer más hincapié en la necesidad de garantizar una inclusiva recuperación (OCDE, 2017). Dado que la crisis del COVID-19 ha tenido efectos muy desiguales, con un mayor impacto en muchos grupos vulnerables de la sociedad y en algunas regiones más que en otras, trabajar hacia una mayor inclusión podría llegar a ser un objetivo tan importante para las políticas en materia de CTI como apoyar la competitividad y el crecimiento nacionales (Paunov y Planes-Satorra, próximamente).

Revisión de las teorías y marcos de políticas

La reorientación de los objetivos de las políticas hacia la sostenibilidad, la inclusión y la resiliencia en el período de recuperación requerirá marcos y prácticas

políticas totalmente diferentes. En sus esfuerzos por “recuperarse mejor”, los responsables de las políticas y los analistas de CTI podrían implementar de manera útil una serie de marcos y conceptos novedosos y emergentes. Algunos de ellos están bien establecidos en otros campos de las políticas, pero en gran medida son pasados por alto por las políticas en materia de CTI. Otros han estado al margen de las políticas de CTI durante una década o más, pero aún no se han incorporado. La perspectiva de múltiples niveles de transiciones socio-técnicas (MLP por sus siglas en inglés), que surgió en la investigación de sostenibilidad en la década de los 2000, es un ejemplo destacado. La MLP apoya muchas discusiones contemporáneas en torno a la necesidad de una nueva “política transformadora en materia de CTI” (Schot y Steinmueller, 2018) y está siendo cada vez más promovida por las organizaciones internacionales de (OCDE, 2015; Agencia Europea de Medio Ambiente, 2019; Pontikakis *et al.*, 2020) como un marco de políticas inclusivo para promover las transiciones de sostenibilidad. Sin embargo, a pesar de muchos ejemplos notables de la última década (por ejemplo, los programas de Innovación e Innovación Estratégica impulsados por el Desafío operados por Vinnova en Suecia, la iniciativa emblemática de la Academia de Finlandia, el programa Piloto-E en Noruega y el programa Grand Solutions en Dinamarca), el marco aún no se ha aplicado ampliamente.

Estas transformaciones exigen intervenciones a nivel de sistema para promulgar “innovaciones de sistemas” que, a su vez, han puesto de relieve la complejidad de los sistemas y la necesidad de dejar de lado las nociones de “comando y control” de la intervención de las políticas. (Hynes, Lees and Müller, 2020). Además, la crisis del COVID-19 ha puesto de manifiesto tanto las fortalezas como las vulnerabilidades resultantes de las fuertes interdependencias entre países y sectores, donde los cambios en un componente pueden dar forma directa o indirectamente a los impactos en otras partes de sistemas complejos. Por lo tanto, la pandemia ha hecho hincapié en la pertinencia de diseñar e implementar políticas como componentes de un sistema complejo (Paunov y Planes-Satorra, próximamente). Al igual que con la MLP, si bien los debates sobre políticas sobre sistemas complejos son más prominentes que nunca, sigue habiendo una brecha considerable en la introducción de este pensamiento en la práctica de las políticas de CTI.

Las transformaciones y transiciones crean ganadores y perdedores. Pueden amenazar a poderosos titulares, que pueden tratar de mantener cierta apariencia del status quo (Geels, 2014). El poder es omnipresente en la ciencia y la innovación, pero tiende a enmarcarse predominantemente en términos de competencia estrecha. Otros campos de políticas, como la ayuda al desarrollo (Whaites *et al.*, 2015), utilizan conceptos más amplios de poder, la implementación de herramientas como el análisis político-económico para comprender y mapear mejor

los impulsores del cambio, y el uso de estos conocimientos para diseñar políticas con mayores posibilidades de éxito.

La importancia de los valores que informan las opciones políticas, incluidos en el ámbito de las políticas de la CTI (Bozeman, 2020; Mazzucato y Ryan-Collins, 2019) y el papel de las narrativas y las visiones movilizadoras colectivas (Jasanoff y Kim, 2015) en la promulgación de transformaciones se reconocen cada vez más, pero rara vez se consideran o incorporan en las políticas de la CTI. La CTI debe ser una fuente de “esperanza colectiva” para las sociedades. (Mulgan, 2020), pero es probable que sea necesario renovar las visiones tecnoeconómicas existentes para servir a una transición socio-técnica positiva, sostenible y más justa. Si bien los ejercicios estratégicos de previsión pueden contribuir a la construcción de tales visiones, éstas por sí solas serán insuficientes. Es probable que se requieran acciones sostenidas, multifacéticas y de múltiples partes interesadas, en las que participen el gobierno, las organizaciones de la sociedad civil, los medios de comunicación y las empresas.

Revisar las prácticas de política

La crisis del COVID-19 ha obligado a los gobiernos a participar en la “experimentación forzada”, desde la organización de nuevas formas de trabajar desde casa, hasta el uso de nuevos datos, herramientas de políticas y asociaciones para formular, diseñar e implementar políticas. Es difícil evaluar los impactos a largo plazo que estos experimentos tendrán en la práctica de las políticas, pero algunos sin duda se ampliarán y difundirán más ampliamente. El nuevo énfasis en la creación de una mayor resiliencia socioeconómica ante el cambio dinámico y los impactos futuros significa que es probable que se diseñen e implementen diversas medidas de preparación, incluido el apoyo a las redes, plataformas e infraestructuras público-privadas que mejoren la capacidad de los países para responder a diversos riesgos.

Los ambiciosos paquetes de recuperación y estímulo pueden dar más influencia a las políticas para iniciar una transición hacia un futuro más sostenible y equitativo. Por ejemplo, las industrias de la aviación y la industria automotriz requieren subvenciones públicas como parte de la recuperación, que podrían estar vinculadas a varios objetivos de sostenibilidad. Ya se han dado pasos iniciales en esa dirección. El paquete de rescate para Air France exige que la compañía reduzca sus emisiones en todos los vuelos para 2030. (OCDE, 2020; Paunov y Planes-Satorra, próximamente) Por lo tanto, la crisis puede fortalecer el papel de los gobiernos en la configuración de la recuperación y la señalización de la dirección de transiciones socio-técnicas deseables.

Por otro lado, sigue siendo incierto si los ambiciosos paquetes de recuperación estimulan el cambio estructural y en qué medida. La intervención gubernamental debe ser asequible, lo que será una preocupación importante para muchos países, ya que la pandemia aumenta los costos para la economía. La deuda pública de todos los países es indudablemente muy alta, muy por encima de los niveles alcanzados durante la crisis financiera mundial. Esas condiciones fiscales desfavorables podrían restringir gravemente el alcance y la escala de las políticas de CTI, reduciendo su ambición (véase el Capítulo 1). Las limitaciones fiscales también dejarán que las políticas de CTI se enfrenten a algunas decisiones difíciles sobre las áreas de investigación e innovación y las actividades que deben priorizar. Dada la actual crisis de la pandemia, es probable que se destinen más recursos a la investigación y la innovación sanitarias. Pero si la cantidad total de fondos permanece inalterada o incluso disminuye, esto implica una disminución de los recursos públicos para otras áreas de investigación e innovación (véase el Capítulo 2).

Si las políticas en materia de CTI van a aplicar algunos de los marcos mencionados anteriormente, en particular los enfoques de la MLP y los sistemas, un uso aún mayor de nuevas herramientas y datos digitales sería altamente beneficioso. El análisis de big data y la inteligencia artificial pueden ayudar a mapear sistemas completos a niveles granulares y en tiempo real, lo que permite una mejor captura de las dependencias del sistema y una mejor comprensión de cómo las políticas dirigidas a un área pueden afectar a otras. Sin embargo, al igual que con los enfoques de la gobernanza tecnológica, esas actividades de cartografía y evaluación deben llevarse a cabo con la participación de los ciudadanos y las partes interesadas. Las partes interesadas y los no expertos poseen diferentes tipos de conocimientos y valores que son relevantes para las políticas de CTI. Incluso si fuera técnicamente factible capturar o modelar esos conocimientos y valores, el acto de involucrar a las partes interesadas y a los ciudadanos en las diferentes etapas del ciclo de políticas aporta beneficios de procesos que harán que las políticas de CTI sean más sólidas y eficaces.

Revisar las capacidades del gobierno

Los temas de gobernanza tratados en este capítulo, desde el uso de asesoramiento científico y análisis de big data, hasta la conducción de políticas orientadas a la misión y a regular la tecnología, suponen que existen capacidades sofisticadas dentro del sector público. Esta sección ha puesto de relieve la posibilidad de establecer nuevos objetivos, nuevos marcos y nuevas prácticas para las políticas de CTI, que requerirán ampliar dichas capacidades. Más allá de las habilidades de los servidores públicos (por importantes que sean), también serán necesarias

las capacidades organizativas y las rutinas. Estas no son fáciles de desarrollar rápidamente, ni las capacidades y rutinas organizativas exitosas pueden ser simplemente replicadas, dada su incrustación en las historias y culturas organizativas.

El desarrollo de las capacidades para cumplir con un programa de políticas más ambicioso se convertirá en una preocupación cada vez más importante para las políticas de CTI. El mayor énfasis en las políticas en el fomento de la resiliencia, que exige agilidad en las políticas, pone de relieve la necesidad de que los gobiernos posean “capacidades dinámicas”, que (Teece, Pisano y Shuen, 1997) se definen como la “capacidad de integrar, construir y reconfigurar las competencias internas y externas para abordar entornos que cambian rápidamente”. Las capacidades dinámicas son distintas de las rutinas y capacidades ordinarias que poseen las organizaciones para aprovechar las fortalezas y oportunidades existentes. Se refieren a la capacidad de una organización para adaptarse y aprender, rasgos esenciales para una gobernanza eficaz.

Las capacidades dinámicas deben distribuirse en todo el sector público, en lugar de centrarse en unas pocas agencias o laboratorios de innovación. Los actores no gubernamentales, como las empresas, las universidades y las organizaciones de la sociedad civil, también poseen conocimientos y competencias que los gobiernos tendrán que aprovechar para cumplir con programas políticos ambiciosos. Esto requiere desarrollar capacidades coordinadas y de absorción, para comprender y actuar sobre el conocimiento generado por otros. Esto puede ser un desafío, particularmente en tecnologías de vanguardia como la inteligencia artificial, donde el sector público compite contra empresas mejor pagadas para contratar expertos técnicos. Las capacidades gubernamentales también se han “ahuecado” en muchos países de la OCDE en las últimas décadas, y algunos países pueden necesitar reconstruirlas.

Por lo tanto, la creación de capacidades en los gobiernos para hacer frente a los desafíos que se avecinan será un desafío importante en sí mismo. Si bien ha estado fuera del alcance de este capítulo explorar este desafío con cualquier detalle, es común a todos los temas de gobernanza que se tratan aquí, y merece una mayor atención en las agendas de políticas de la CTI.

8.8 REFERENCIAS

- Bauer, M. (2009), “The Evolution of Public Understanding of Science—Discourse and Comparative Evidence”, *Science, Technology and Society*, Vol. 14/2, pp. 221-240, <http://dx.doi.org/10.1177/097172180901400202>.

- Bozeman, B. (2020), "Public Value Science", *Issues in Science and Technology*, Vol. 36/4, summer 2020, <https://issues.org/public-value-science-innovation-equity-bozeman/>.
- Collingridge, D. (1980), *The Social Control of Technology*, Frances Pinter, London, <https://repository.library.georgetown.edu/handle/10822/792071>.
- Durant, J. (1999), "Participatory technology assessment and the democratic model of the public understanding of science", *Science and Public Policy*, Vol. 26/5, pp. 313-319, <http://dx.doi.org/10.3152/147154399781782329>.
- Ely, A., A. Stirling y P. Van Zwanenberg (2011), "New Models of Technology Assessment for Development", *Pathways to Sustainability*, STEPS Centre, Sussex, United Kingdom, <https://steps-centre.org/publication/new-models-of-technology-assessment-for-development/>.
- European Commission (2020), "Responsible research and innovation", <https://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/en/h2020-section/responsible-research-innovation>.
- European Environment Agency (2019), *Sustainability transitions: policy and practice*, European Environment Agency, Copenhagen, <http://dx.doi.org/10.2800/641030>.
- Gaskell, G. (1999), "Worlds Apart? The Reception of Genetically Modified Foods in Europe and the U.S.", *Science*, Vol. 285/5426, pp. 384-387, <http://dx.doi.org/10.1126/science.285.5426.384>.
- Geels, F. (2014), "Regime Resistance against Low-Carbon Transitions: Introducing Politics and Power into the Multi-Level Perspective", *Theory, Culture y Society*, Vol. 31/5, pp. 21-40, <http://dx.doi.org/10.1177/0263276414531627>.
- Guston, D. y D. Sarewitz (2002), "Real-time technology assessment", *Technology in Society*, Vol. 24/1-2, pp. 93-109, [http://dx.doi.org/10.1016/S0160-791X\(01\)00047-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0160-791X(01)00047-1).
- HFEA (2007), *Hybrids and Chimeras: A Report on the Findings of the Consultation*, Authority, Human Fertilization and Embryology, London, <http://hfeaarchive.uksouth.cloudapp.azure.com/www.hfea.gov.uk/index.html>.
- Hynes, W., M. Lees y J. Müller (eds.) (2020), *Systemic Thinking for Policy Making: The Potential of Systems Analysis for Addressing Global Policy Challenges in the 21st Century*, New Approaches to Economic Challenges, OECD Publishing, Paris, <https://dx.doi.org/10.1787/879c4f7a-en>.
- Ienca, M. y R. Andorno (2017), "Towards new human rights in the age of neuroscience and neurotechnology", *Life Sciences, Society and Policy*, Vol. 13/1, <http://dx.doi.org/10.1186/s40504-017-0050-1>.
- Jasanoff, S. (2005), *Designs on Nature: Science and Democracy in Europe and the United States*, Princeton University Press, Princeton, N.J., <https://press.princeton.edu/books/paperback/9780691130422/designs-on-nature>.

- Jasanoff, S. y J. Hurlbut (2018), “A global observatory for gene editing”, *Nature*, Vol. 555/7697, pp. 435-437, <http://dx.doi.org/10.1038/d41586-018-03270-w>.
- Jasanoff, S. y S. Kim (2015), *Dreamscapes of Modernity*, University of Chicago Press, <http://dx.doi.org/10.7208/chicago/9780226276663.001.0001>.
- Mazzucato, M. y J. Ryan-Collins (2019), *Putting value creation back into 'public value': from market-fixing to market-shaping*, UCL Institute for Innovation and Public Purpose, <https://www.ucl.ac.uk/bartlett/public-purpose/wp2019-05>.
- Mulgan, G. (2020), “The imaginary crisis (and how we might quicken social and public imagination)”, UCL STEaPP Working Paper Series, https://www.ucl.ac.uk/steapp/sites/steapp/files/2020_04_geoff_mulgan_swp.pdf.
- OECD (2020), *Combating COVID-19 disinformation on online platforms*, <http://www.oecd.org/coronavirus/policy-responses/combating-covid-19-disinformation-on-online-platforms-d854ec48>.
- OECD (2020), “COVID-19 and the aviation industry: Impact and policy responses”, *OECD Policy Responses to Coronavirus (COVID-19)*, <http://www.oecd.org/coronavirus/policy-responses/covid-19-and-the-aviation-industry-impact-and-policy-responses-26d521c1>.
- OECD (2020), *Ensuring data privacy as we battle COVID-19*, OECD, Paris, <http://www.oecd.org/coronavirus/policy-responses/ensuring-data-privacy-as-we-battle-covid-19-36c2f31e>.
- OECD (2020), “Making the green recovery work for jobs, income and growth”, *OECD Policy Responses to Coronavirus (COVID-19)*, <http://www.oecd.org/coronavirus/policy-responses/making-the-green-recovery-work-for-jobs-income-and-growth-a505f3e7/> (accessed on 15 October 2020).
- OECD (2020), *OECD Digital Economy Outlook 2020*, OECD Publishing, Paris, <https://dx.doi.org/10.1787/bb167041-en>.
- OECD (2020), “Science, technology and innovation: How co-ordination at home can help the global fight against COVID-19”, *OECD Policy Responses to Coronavirus (COVID-19)*, <http://www.oecd.org/coronavirus/policy-responses/science-technology-and-innovation-how-co-ordination-at-home-can-help-the-global-fight-against-covid-19-aa547c11> (accessed on 8 September 2020).
- OECD (2020), *Transparency, communication and trust: The role of public communication in responding to the wave of disinformation about the new Coronavirus*, <http://www.oecd.org/coronavirus/policy-responses/transparency-communication-and-trust-the-role-of-public-communication-in-responding-to-the-wave-of-disinformation-about-the-new-coronavirus-bef7ad6e>.

- OECD (2019), *Recommendation of the Council on Artificial Intelligence*, OECD, Paris, <https://legalinstruments.oecd.org/en/instruments/OECD-LEGAL-0449>.
- OECD (2019), *Recommendation of the Council on Responsible Innovation in Neurotechnology*, OECD, Paris, <https://legalinstruments.oecd.org>.
- OECD (2018), *Scientific Advice During Crises: Facilitating Transnational Cooperation and Exchange of Information*, OECD Publishing, Paris, <https://dx.doi.org/10.1787/9789264304413-en>.
- OECD (2018), “Technology governance and the innovation process”, in *OECD Science, Technology and Innovation Outlook 2018: Adapting to Technological and Societal Disruption*, OECD Publishing, Paris, https://dx.doi.org/10.1787/sti_in_outlook-2018-15-en.
- OECD (2018), “The digitalisation of science and innovation policy”, in *OECD Science, Technology and Innovation Outlook 2018: Adapting to Technological and Societal Disruption*, OECD Publishing, Paris, https://dx.doi.org/10.1787/sti_in_outlook-2018-17-en.
- OECD (2017), *Making Innovation Benefit All: Policies for Inclusive Growth*, OECD, Paris, <https://www.oecd.org/innovation/inno/making-innovation-benefit-all.pdf>.
- OECD (2015), “Scientific Advice for Policy Making: The Role and Responsibility of Expert Bodies and Individual Scientists”, *OECD Science, Technology and Industry Policy Papers*, No. 21, OECD Publishing, Paris, <https://dx.doi.org/10.1787/5js3311jcpwb-en>.
- OECD (2015), *System Innovation: Synthesis Report*, OECD, Paris, <http://www.pte.pl/pliki/2/1/OECD%20System.pdf>.
- Paunov, C. y S. Planes-Satorra (forthcoming), “Science, technology and innovation in the time of COVID-19”, *OECD Science, Technology and Industry Policy Papers*, OECD Publishing, Paris.
- Pontikakis, D. et al. (2020), *Projecting Opportunities for INDUSTRIAL Transitions (POINT): Concepts, rationales and methodological guidelines for territorial reviews of industrial transition*, Publications Office of the European Union, Luxembourg, <http://dx.doi.org/10.2760/590389>.
- Sarewitz, D. (2016), “Saving Science”, *The New Atlantis*, Number 49, Spring/Summer 2016, pp. 4–40, <https://www.thenewatlantis.com/publications/saving-science>.
- Schot, J. y A. Rip (1997), “The past and future of constructive technology assessment”, *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 54/2-3, pp. 251-268, [http://dx.doi.org/10.1016/s0040-1625\(96\)00180-1](http://dx.doi.org/10.1016/s0040-1625(96)00180-1).

- Schot, J. y W. Steinmueller (2018), “Three frames for innovation policy: RyD, systems of innovation and transformative change”, *Research Policy*, Vol. 47/9, pp. 1554-1567, <http://dx.doi.org/10.1016/j.respol.2018.08.011>.
- Starza-Allen, A. (2007), “HFEA launches public consultation on ‘hybridémbryos’”, *BioNews*, Vol. 405, https://www.bionews.org.uk/page_90353 (accessed on 23 October 2020).
- Stilgoe, J., R. Owen y P. Macnaghten (2013), “Developing a framework for responsible innovation”, *Research Policy*, Vol. 42/9, pp. 1568-1580, <http://dx.doi.org/10.1016/j.respol.2013.05.008>.
- Teece, D., G. Pisano y A. Shuen (1997), “Dynamic capabilities and strategic management”, *Strategic Management Journal*, Vol. 18/7, pp. 509-533, https://econpapers.repec.org/article/blastratm/v_3a18_3ay_3a1997_3ai_3a7_3ap_3a509-533.htm.
- Wexler, A. y P. Reiner (2019), “Oversight of direct-to-consumer neurotechnologies”, *Science*, Vol. 363/6424, pp. 234-235, <http://dx.doi.org/10.1126/science.aav0223>.
- Whaites, A. et al. (2015), *A Governance Practitioner’s Notebook: Alternative Ideas and Approaches*, OECD, Paris, <http://www.oecd.org/dac/governance-peace/governance/governance-practitioners-notebook.htm> (accessed on 15 July 2020).
- Wynne, B. (1975), “The rhetoric of consensus politics: a critical review of technology assessment”, *Research Policy*, Vol. 4/2, pp. 108-158, [http://dx.doi.org/10.1016/0048-7333\(75\)90028-1](http://dx.doi.org/10.1016/0048-7333(75)90028-1).

NOTAS

- 1 Esta encuesta se ha implementado a través de un cuestionario de enlace abierto en línea, que invita a científicos o a cualquier otra persona con interés en la ciencia o la política científica en el impacto de la crisis del COVID-19 desde una perspectiva científica. La encuesta se ha promovido inicialmente a través de la red del Comité de Política Científica y Tecnológica de la OCDE y participantes de la Encuesta Internacional de Autores Científicos de la OCDE 2018 (ISSA por sus siglas en inglés). Se está llevando a cabo en colaboración con el Banco Interamericano de Desarrollo. Hasta el 12 de octubre de 2020, se habían recolectado más de 2,600 respuestas de casi 100 países. El 45 % de las respuestas corresponden a individuos que se identifican como científicos, y el resto comprende asesores de política científica (20 %), profesionales involucrados en la ciencia (15 %), comunicadores científicos (10 %) y personas que realizan trabajos administrativos relacionados con la ciencia (10 %). La encuesta no solicita ninguna información que pueda identificar a los encuestados. Como resultado, los resultados no pueden considerarse representativos de una población bien definida y deben tratarse con extrema precaución y considerarse como una opinión complementaria a otras pruebas.
- 2 <https://www.australia.gov.au/>.
- 3 <https://politi.dk/corona/>.
- 4 <https://valtioneuvosto.fi/en/information-on-coronavirus>.

- 5 <https://www.gouvernement.fr/info-coronavirus>.
- 6 <https://covid19.govt.nz/>.
- 7 <https://www.gov.uk/coronavirus>.
- 8 <https://coronavirus.saude.gov.br/>.
- 9 <https://eody.gov.gr/neos-koronaioi-covid-19/>.
- 10 <http://www.salute.gov.it/nuovocoronavirus>.
- 11 <http://www.salute.gov.it/nuovocoronavirus>.
- 12 <https://thl.fi/en/web/infectious-diseases/what-s-new/coronavirus-covid-19-latest-updates>.
- 13 <https://helsenorge.no/>.
- 14 <https://www.bmbf.de/de/faktencheck-zum-coronavirus-11162.html>.
- 15 <https://www.fema.gov/coronavirus-rumor-control>.
- 16 https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunSTIuite/bunya/0000164708_00001.html.
- 17 <https://www.gezondheidenwetenschap.be/dossiers/coronavirus>.
- 18 <https://www.who.int/news-room/feature-stories/detail/who-health-alert-brings-covid-19-facts-to-billions-via-whatsapp>.
- 19 <https://shareverified.com/en>.
- 20 Los riesgos toxicológicos son un buen ejemplo. Los usuarios de sustancias potencialmente tóxicas son en sus lugares de trabajo los que están bien posicionados para proporcionar conocimiento de cómo los trabajadores pueden quedar expuestos en lugares de trabajo particulares, dados los hábitos normales, etc. Por poner otro ejemplo obvio, una evaluación de los riesgos de los plaguicidas tendría que tener en cuenta las prácticas cotidianas de los trabajadores sobre el terreno, por ejemplo, si la ropa protectora en realidad se utiliza de forma rutinaria.



*Perspectivas de la OCDE sobre Ciencia,
Tecnología e Innovación 2021. Oportunidades en tiempos de crisis*

Publicado en la Dirección de Bibliotecas y Publicaciones
del Instituto Politécnico Nacional,
Tresguerras 27, Centro, Alcaldía Cuauhtémoc
CP 06040, Ciudad de México.
Diciembre de 2022.

Tania Estefanía Ruiz García
CUIDADO EDITORIAL

J. Mauricio Gómez Gómez
FORMACIÓN

Karla Ivette Robles Balderas
DISEÑO DE PORTADA



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



Instituto Politécnico Nacional
"La Técnica al Servicio de la Patria"

En las respuestas inmediatas a la crisis de COVID-19, la ciencia y la innovación están desempeñando un papel fundamental para proporcionar una mejor comprensión científica del virus, así como en el desarrollo de vacunas, tratamientos y diagnósticos.

No obstante, debido a la actual crisis económica, se espera una fuerte reducción de la inversión en investigación e innovación en las empresas, mientras que los gobiernos, cada vez con mayor endeudamiento, enfrentarán múltiples solicitudes de apoyo financiero. Estos desarrollos amenazan con causar daños a largo plazo a los sistemas de innovación en un momento en que la ciencia y la innovación son más necesarias para hacer frente a la emergencia climática, cumplir los Objetivos de Desarrollo Sostenible y acelerar la transformación de la digitalización.



www.ipn.mx

