

CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN



Índice Global de Innovación. Puesto entre 131 países.

Fuente: The Global Innovation Index (2020).

DESTACADOS

Ciencia, tecnología e innovación en la crisis por el COVID-19

- La capacidad de reacción de los países a la pandemia del COVID-19 está relacionada directamente con la institucionalidad de CTI. Para lograr una recuperación efectiva es necesario continuar con el proceso de fortalecimiento de la institucionalidad, especialmente en cuanto a articulación con otros sectores clave en ese proceso.

Inversión

- La inversión en actividades de ciencia, tecnología e innovación (ACTI) creció 111,9 % entre 2010 y 2019. Pasó de 0,48 % del PIB en 2010 a 0,74 % en 2019, pero aún está por debajo del promedio de la región.
- Hay falta de racionalización en programas y recursos con objetivos de CTI: existen duplicidades dentro y entre entidades, y tres sectores concentran el 66,4 % de los instrumentos y tienen el 23,4 % del presupuesto, mientras que dos sectores concentran el 47,3 % del presupuesto y cuentan con 7 % de los instrumentos.

Generación de conocimiento

- En 2017 por cada millón de habitantes en Colombia había 88 investigadores, lo que representa una brecha alta con Argentina (1.192), el líder de la región.
- Los investigadores en Colombia cuentan con menos recursos a su disposición: en 2018 el gasto promedio en I+D por investigador en América Latina fue de USD 66.161, mientras que en Colombia fue de USD 58.261.

Transferencia de conocimiento y tecnología

- La mayoría de los investigadores en el país (95,6 %) están vinculados a instituciones de educación superior, lo que limita la transferencia de conocimiento al sector productivo y al sector público.
- Colombia ocupó el último lugar en la región en solicitudes de patentes, y tuvieron un decrecimiento de 6 % entre 2017 y 2018.

Innovación

- En 2018 el 21 % de las empresas del sector manufacturero fueron clasificadas como innovadoras, tanto en sentido amplio como en sentido estricto. En el sector servicios, para el año 2017, fue el 19,1 % de las empresas.

Nota: Las fuentes de los datos seleccionados en esta sección se encuentran a lo largo del capítulo.

PRINCIPALES RECOMENDACIONES

1. Establecer una política de Estado en CTI que garantice mantener en términos reales la inversión pública en ACTI y facilite la articulación entre sectores.
2. Continuar y profundizar el uso de la metodología ArCo para analizar y evaluar los instrumentos de CTI a la luz de sus objetivos, usuarios y entidades oferentes, para contar con un portafolio robusto.
3. Remover las barreras de género en la ciencia desde la educación básica.
4. Fortalecer la relación universidad-empresa a través de alianzas público-privadas, con base en el caso del programa Colombia Científica.
5. Avanzar en el cierre de brechas de CTI en las regiones utilizando herramientas como el Índice Departamental de Innovación para Colombia (IDIC).



PERFIL DE COLOMBIA EN MATERIA DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN

Tema	Indicador	Valor Colombia	Ranking en América Latina	Mejor país en América Latina (valor)	Fuente
Inversión	Inversión en ACTI (% del PIB)	0,61 %	7 de 10	Costa Rica (2,67 %)	RICYT (2018)
	Inversión en I+D (% del PIB)	0,24 %	7 de 13	Brasil (1,26 %)	RICYT (2018)
Generación de conocimiento	Investigadores por millón de habitantes	88	7 de 9	Argentina (1.189)	UIS (2017)
	Artículos en revistas científicas y tecnológicas por cada 100.000 habitantes	1,45	5 de 16	Chile (3,8)	Banco Mundial (2018)
Transferencia de conocimiento y tecnología	Número de patentes otorgadas a residentes por millón de habitantes	5,8	11 de 13	México (12,5)	WIPO-Banco Mundial (2018)
	Pagos por uso de propiedad intelectual (% total de comercio exterior)	0,13 %	5 de 11	Brasil (0,3 %)	Banco Mundial (2018)
	Colaboración multiactor para desarrollar investigación (puntaje de 1 a 7, donde 7 representa mayor colaboración)	3,7	3 de 17	Costa Rica (3,8)	WEF (2019)
Innovación	Tasa de eficiencia de la innovación (resultados de innovación/ insumos de innovación)	0,41	11 de 15	Costa Rica (0,62)	Global Innovation Index (2020)
	Índice de Complejidad Económica	0,10	5 de 17	México (1,29)	Center for International Development (2018)

Nota: La información acá reportada corresponde al último valor disponible.



La innovación es un motor para potenciar la productividad y, en consecuencia, impulsa la competitividad y el crecimiento económico de los países. Aquellos que facilitan la generación de conocimiento y su efectiva transferencia a través de sistemas de innovación robustos logran adaptarse al cambio y mantienen altos estándares de vida para sus habitantes (OCDE, 2018). La ciencia, tecnología e innovación (CTI) ayuda a resolver los crecientes retos sociales y globales, como los que se presentaron con la pandemia del COVID-19, los desafíos frente al cambio climático, y la seguridad alimentaria y energética.

Colombia no ha alcanzado los avances propuestos para innovación en los últimos años. El nivel de inversión en actividades de ciencia, tecnología e innovación (ACTI) está por debajo de la meta del país y del promedio de la región. Adicionalmente, el número de instrumentos de política pública con objetivos de CTI se encuentran atomizados entre entidades y sectores, con baja articulación entre ellos, y su presupuesto no tiene una regla de asignación específica que dé continuidad a procesos de fortalecimiento y generación de capacidades. Aunque el capital humano dedicado a ACTI ha aumentado, todavía se encuentra por debajo del promedio de la región, y la empleabilidad de las personas con doctora-

do se concentra en las instituciones de educación superior. Estos factores limitan la transferencia de conocimiento al sector productivo y al sector público. Muestra de lo primero es que la proporción de empresas innovadoras ha disminuido y se mantiene baja. En la misma línea, la solicitud de patentes y los pagos de propiedad intelectual como porcentaje de comercio exterior se ubicaron por debajo del promedio de América Latina.

Este capítulo analiza la situación de Colombia en materia de CTI en cuatro secciones: (1) inversión, (2) generación de conocimiento, (3) transferencia de conocimiento y tecnología (TCT) y (4) innovación. A lo largo de este se hará referencia al impacto que ha tenido la crisis por el COVID-19 sobre las trayectorias de los indicadores considerados y sobre las recomendaciones hechas en cada sección. El capítulo cierra con un análisis más detallado de los retos que presenta el COVID-19 respecto a CTI. En la versión 2019 del capítulo se hicieron 20 recomendaciones. Al cierre de esta edición, una ha sido plenamente acogida. La presente versión insiste en 19 recomendaciones cuya adopción sigue pendiente y mantiene aquellas en proceso de implementación, a la espera de que se adopten en su totalidad, e incluye tres recomendaciones nuevas.



INVERSIÓN

La inversión en ACTI creció 111,9 % entre 2010 y 2019, pasando de COP 3,1 billones a COP 6,5 billones. No obstante, este aumento no fue suficiente para lograr la meta planteada en 2014 en el Plan Nacional de Desarrollo de llegar al 1 % del PIB¹. De hecho, desde 2015 la inversión en ACTI ha caído como porcentaje del PIB: pasó de 0,80 % en ese año a 0,74 % en 2019. Esta tendencia es preocupante ya que el Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022 estableció como meta llegar al 1,5 % del PIB en inversión en ACTI para 2022, lo que requiere aumentar la inversión pública y apalancar de manera efectiva la inversión privada (Gráfica 1).

De acuerdo con el Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología (OCyT), en el periodo 2010-2019 aumentó notablemente la inversión privada en ACTI: con un incremento de 164,1 %, pasó de financiar el 39,1 % del total en 2010 al 48,7 % en 2019. Por su parte, la inversión pública, incluidas regalías, creció 77,3 % en el periodo. La volatilidad de las regalías ha llevado a su vez a un presupuesto inestable y a políticas inconsistentes que responden a la disponibilidad de recursos en lugar de a las necesidades del país (Banco Mundial, 2015).

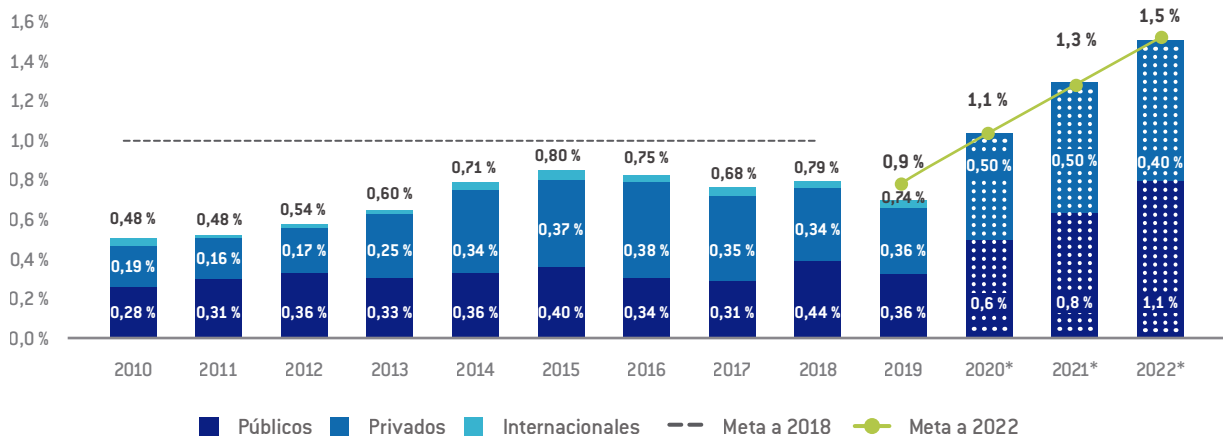
En cuanto a I+D, Colombia duplicó la inversión en términos reales entre 2010 y 2019, pero desde 2015 hay una tendencia a la baja y actualmente se encuentra en niveles similares a los de 2016. Esto es preocupante ya que en 2018 en el país la inversión en I+D como porcentaje del PIB se encontraba en 0,28 %, por debajo del promedio de la región (0,33 %), y lejos de Brasil (1,26 %) o de los líderes en el mundo, Israel y Corea del Sur, que invierten casi el 5 % de su PIB en I+D.

Al igual que en ACTI, en los últimos años aumentó significativamente la participación del sector privado en la inversión en I+D en el país: pasó de 40,2 % de la inversión en 2010 a 56 % en 2019, con un aumento en términos reales del 178 %. En los países de la OCDE, en promedio, el sector privado ejecuta el 66,7 % de la inversión en I+D, mientras que en América Latina el promedio es 19,1 %.

En la atención a la pandemia es importante que no queden desfinanciadas las ACTI por la necesidad de dar apoyo urgente a las empresas. Se requiere un equilibrio que permita dar liquidez a las empresas en el corto plazo y apuntalar el crecimiento futuro a través de programas de apoyo a la innovación a la sofisticación empresarial y al emprendimiento dinámico (BID, 2020).

Gráfica 1. Financiación de las ACTI como porcentaje del PIB y según tipo de recurso. Colombia, 2010-2019. Proyección de inversión en ACTI 2020-2022.

Desde 2015 la tendencia de inversión en ACTI como porcentaje del PIB ha sido decreciente. Entre 2018 y 2019 la inversión cayó 3,8 %, principalmente por una reducción en la inversión pública.



* Meta para 2020-2022 proyectada en el Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022.

Fuente: Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología (OCyT).

1. En 1994 la meta trazada por la Primera Misión de Sabios era llegar al 2 % del PIB para 2004, meta que tampoco se cumplió.

INVERSIÓN

Adicional al nivel de inversión, es necesario analizar cómo se utilizan esos recursos. Existen tres niveles de apoyo público en CTI: (1) estratégico, que se materializa en una política de Estado con visión de largo plazo; (2) diseño de política, para aterrizar la visión estratégica; y (3) ejecución de política, idealmente a través de agencias especializadas independientes en su dirección y funcionamiento del ciclo político. La Ley 1951 de 2019 creó el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación y actualmente está en elaboración el documento CONPES Política de Ciencia, Tecnología e Innovación, con el propósito de avanzar en la consolidación de una política de Estado en CTI. Para lograr dicho objetivo, es necesario avanzar en la articulación y coordinación del nivel de diseño y ejecución de políticas, ya que aún se confunden entre sí, lo que afecta el impacto de los instrumentos y programas establecidos.

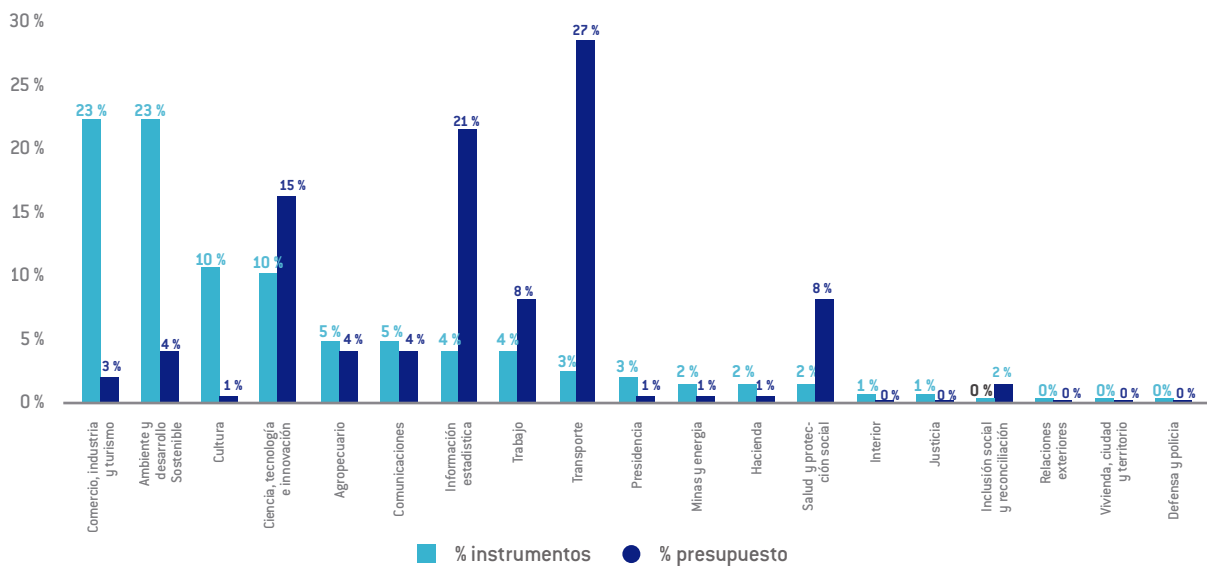
El Departamento Nacional de Planeación (DNP) y la Presidencia de la República han progresado en la implementación de la metodología de articulación [“Articulación para la competitividad” – ArCo²] para racionalizar la oferta insti-

tucional de los instrumentos de política pública en materia de competitividad, productividad, emprendimiento, ciencia, tecnología e innovación, de modo que sea más efectiva y eficiente. En 2020, en el análisis del gasto público en ACTI con la metodología ArCo se encontraron traslape de funciones y duplicidades entre las entidades del SNCI. Sumado a esto, son contados los instrumentos que cuentan con evaluaciones de resultados o de impacto que provean información sobre su pertinencia y efectividad.

El mapeo de instrumentos muestra que hay 416 instrumentos en 74 entidades, cuyo objetivo era la innovación, investigación o transferencia de conocimiento y tecnología, con un presupuesto asignado de COP 4,9 billones (incluyen los recursos del Sistema General de Regalías). Se observa atomización de recursos e instrumentos, lo que dificulta la estructuración de una mezcla de instrumentos (*policy-mix*) adecuada para el país. Tres sectores concentran el 66,4 % de los instrumentos y tienen el 23,4 % del presupuesto, mientras que dos sectores concentran el 47,3 % del presupuesto y cuentan con 7 % de los instrumentos. (Gráfica 2).

Gráfica 2. Distribución de instrumentos e inversión prevista para 2021 (% del total) con objetivos de CTI por sector.

Existe atomización y poca articulación entre instrumento de CTI entre múltiples sectores y entidades, lo que reduce su efectividad.



Nota: Corte a marzo 2020.

Fuente: DNP y Presidencia de la República [2020].

2. <https://www.dnp.gov.co/programas/desarrollo-empresarial/Competitividad/Paginas/Metodologia-de-Articulacion-ArCo.aspx>





INVERSIÓN

RECOMENDACIONES

Acción pública. Establecer una política de Estado en CTI que garantice mantener en términos reales la inversión pública en ACTI y facilite la articulación entre sectores.

Consolidar un sistema nacional de innovación requiere mayores inversiones en ACTI por parte del sector privado y el sector público, así como una adecuada articulación entre entidades para que la CTI sirva como instrumento transversal para soluciones novedosas y eficientes de los problemas prioritarios que enfrenta el país.

Los recursos de regalías son una fuente importante para el desarrollo de capacidades en las regiones, pero, por su naturaleza, no deben ser el componente principal de la inversión pública en ACTI (OCDE, 2014a). Para dar estabilidad a la financiación pública de las ACTI se recomienda ajustar el artículo 21 de la Ley 1286 de 2009 para que establezca que los recursos de Presupuesto General de la Nación (PGN) para la implementación de la política de Estado para CTI no puedan ser inferiores a los invertidos en la vigencia inmediatamente anterior, de manera consistente con el Marco Fiscal de Mediano Plazo y el Marco de Gasto de Mediano Plazo.

La capacidad de reacción de los países a la pandemia causada por el COVID-19 ha dependido de la fortaleza de sus instituciones rectoras en el ámbito científico-tecnológico. Continuar con el fortalecimiento de esta institucionalidad es clave para la recuperación y preparación a futuros choques (BID, 2020).

Acción pública. Incluir en la Ley de Presupuesto un lineamiento para que los recursos de ACTI no comprometidos ni ejecutados por los distintos sectores administrativos en la vigencia fiscal anterior sean trasladados al Fondo Francisco José de Caldas.

Este mecanismo permitiría que los recursos de los diferentes ministerios y sectores administrativos del Gobierno destinados a ACTI que no hayan sido comprometidos ni ejecutados en una vigencia fiscal puedan ser trasladados como asignaciones de la siguiente vigencia fiscal, para ser inver-

tidos por el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación a través del Fondo Francisco José de Caldas³ en estrategias definidas en conjunto con los sectores administrativos de donde provienen los recursos. Esto brindará los incentivos correctos a los diferentes ministerios para definir con mayor claridad sus inversiones en CTI y evitar atomizar los recursos públicos destinados a este tipo de programas.

Acción pública. Continuar y profundizar el uso de la metodología ArCo para analizar y evaluar los instrumentos de CTI.

Mejorar los resultados de innovación en el país y fortalecer el sistema nacional de innovación requiere organizar la oferta institucional de cara al usuario, así como revisar la coherencia entre el número de instrumentos y la asignación de presupuesto manejado por las entidades. La coherencia de las acciones implementadas con objetivos específicos, especialmente cuando hay multiplicidad y diversidad de instrumentos, es crucial para promover sinergias y prevenir posibles impactos negativos. La coherencia de una política puede ser definida en dos niveles: (i) institucional: asegurar el compromiso alrededor de los objetivos y mecanismos de comunicación a nivel gubernamental y los diversos actores; y (ii) interacciones sectoriales: asegurar que las medidas implementadas en diferentes sectores son complementarias (OCDE, 2019a).

ArCo busca mejorar el alcance e impacto de los instrumentos de intervención en materia de competitividad e innovación, así como la articulación entre las entidades y entre sus instrumentos a la luz de sus objetivos, usuarios y entidades oferentes, para contar con un portafolio de instrumentos robusto. La metodología contempla tres componentes: (i) marco conceptual, que desarrolla cinco etapas incrementales para mejorar la articulación entre instrumentos y entidades; (ii) mecanismos de articulación estándar, como el formulario de mapeo de instrumentos y la herramienta de valoración del funcionamiento de los instrumentos, y (iii) flujograma presupuestal, que contiene el detalle de actividades y tiempos para usar el “marco conceptual” y los “mecanismos de articulación” en el ciclo de programación presupuestal del PGN.

3. El Fondo Francisco José de Caldas es un patrimonio autónomo que le permite al Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación integrar los recursos públicos, privados, internacionales y de donación para financiar el desarrollo de la ciencia, tecnología e innovación



Esta metodología está alineada con el Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022, que establece la necesidad de mejorar la eficiencia del Estado y de la gestión pública para promover el desarrollo económico del país, así como con la Ley 1955 de 2019, según la cual “la programación presupuestal debe orientarse a resultados, promover el uso eficiente y transparente de los recursos públicos y establecer una relación directa entre el ingreso, el gasto y los bienes y servicios entregados a la ciudadanía”.

En diciembre de 2019 se expidió la Directiva Presidencial 12, dirigida a las entidades del orden nacional con instrucciones para seguir las directrices sobre la metodología ArCo que emitan la Consejería Presidencial para la Competitividad y la Gestión Público-Privada del Departamento Administrativo de la Presidencia de la República y el DNP. En enero de 2020 este último expidió además la Circular Externa 02-4 con el detalle de la aplicación de la metodología para las entidades.

Es necesario que se avance en la implementación de las recomendaciones para mejorar la articulación y la oferta de instrumentos que surgen del análisis del mapeo de instrumentos y del *test* de funcionalidad. Esto implica identificar mecanismos de conciliación entre entidades que pueden ver reducido su portafolio de instrumentos y, en ocasiones, su presupuesto.

Acción pública. Reglamentar el Marco de Inversión en CTI como mecanismo vinculante para la articulación entre entidades y optimización de la oferta de instrumentos.

Un elemento central de la metodología ArCo es utilizar el Marco de Inversión en CTI para lograr mayor articulación. Con este marco se debe propender a establecer unos niveles mínimos de inversión en ACTI por cada sector del Gobierno Nacional, de tal manera que se puedan identificar soluciones novedosas a los retos de cada sector a partir del uso de CTI.

El artículo 21 de la Ley 1286 de 2009 habilita el Marco de Inversión en CTI, pero no se ha implementado por vacíos en la reglamentación. Para su efectividad es necesario que esta disposición se mantenga en la futura normatividad con miras a que, dentro de cada ley del PGN, se defina la destinación de recursos que cada sector orientará hacia la inversión en CTI.

Acción pública. Realizar evaluaciones de resultados y de impacto de los instrumentos para CTI y hacer obligatoria la revisión de presupuesto asignado basada en los resultados.

Las evaluaciones sistemáticas y el monitoreo le permiten al Gobierno mejorar el diseño de la política constantemente y asegurar un impacto creciente en el tiempo (OCDE, 2019a). Además de asegurar recursos para dar continuidad a las actividades de CTI en el país y planear la oferta anual, es necesario aumentar el impacto de los recursos disponibles, por lo que se requiere evaluar los instrumentos del Gobierno de manera sistemática, incorporando los resultados y la satisfacción de sus distintos usuarios: instituciones de educación superior (IES), empresas, grupos de investigación, instituciones de enlace, entre otros. El análisis de gasto público en CTI ha dado varias recomendaciones para lograr evaluaciones sistemáticas y oportunas que mejoren la eficiencia de los instrumentos de CTI.

Principalmente, se requiere: (i) levantamiento de indicadores de manera sistemática que permitan obtener información oportuna para realizar mejoras conforme se ejecutan los programas y en nuevos ciclos de implementación y que sirvan de línea base; (ii) generación de indicadores de eficiencia y efectividad comparables entre instrumentos que contengan información de beneficiarios y no beneficiarios de los programas, y de percepción de calidad de servicio por parte de los beneficiarios; (iii) fortalecer y profundizar el uso del Portal de Innovación para generar y actualizar los indicadores de funcionalidad y eficiencia, mejorando así la gestión presupuestaria y administrativa de los instrumentos; (iv) utilizar las interventorías para levantamiento y actualización de información; y (v) exigir a los beneficiarios que provean información básica de uno a cinco años posteriores a su participación en los programas (Banco Mundial, 2015). Por último, es necesario que los resultados de estas evaluaciones sean incluidos en el marco de la implementación de la metodología ArCo mencionada en la recomendación anterior para definir si el instrumento continúa o no.

Acción pública. Aumentar el retorno a la inversión en ACTI a partir de una mezcla de instrumentos de política pública (*policy mix*) para innovación basada en las capacidades y el nivel de desarrollo en el que se encuentra el Sistema Nacional de Competitividad e Innovación.

El retorno a la inversión en ACTI en los países en desarrollo se ve limitado por las capacidades existentes y el entorno de la inversión. Si no se establece una mezcla de instrumen-



INVERSIÓN

tos adecuada a las capacidades existentes para innovación y que tome en cuenta los factores habilitantes, aumentar de manera indiscriminada la inversión en ACTI sería un uso ineficiente de recursos. De hecho, Cirera y Maloney (2017) encuentran que Colombia tiene un nivel de inversión en ACTI más alto de lo que se esperaría dado el nivel de sus factores habilitantes. Esto va en línea con los resultados del Índice Global de Innovación, que muestran que la tasa de eficiencia en innovación en Colombia es de 0,46. Es decir, por diferentes barreras, menos de la mitad de los insumos a la innovación logran convertirse en resultados.

La mezcla de instrumentos debe evolucionar en la medida en que las capacidades de innovación aumenten. En la primera etapa el sistema nacional de innovación es incipiente, y es necesario hacer énfasis en el ambiente para el de-

sarrollo empresarial y competencia, prácticas gerenciales, desarrollo de habilidades en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM, por sus siglas en inglés), e infraestructura de calidad. En una segunda etapa, las políticas pueden incluir extensionismo tecnológico, centros de desarrollo tecnológico, financiación para I+D empresarial, financiación a colaboración universidad-empresa, y apoyo a las exportaciones. En la tercera etapa, los instrumentos de política se enfocan a programas de I+D de largo plazo, proyectos de innovación colaborativa y apoyos a la comercialización de CTI (Cirera y Maloney, 2017). Esta visión escalonada del desarrollo de capacidades puede servir de guía para identificar necesidades y hacer un uso más efectivo de los recursos disponibles. Es deseable hacer este ejercicio a nivel regional para establecer estrategias diferenciadas.



GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO

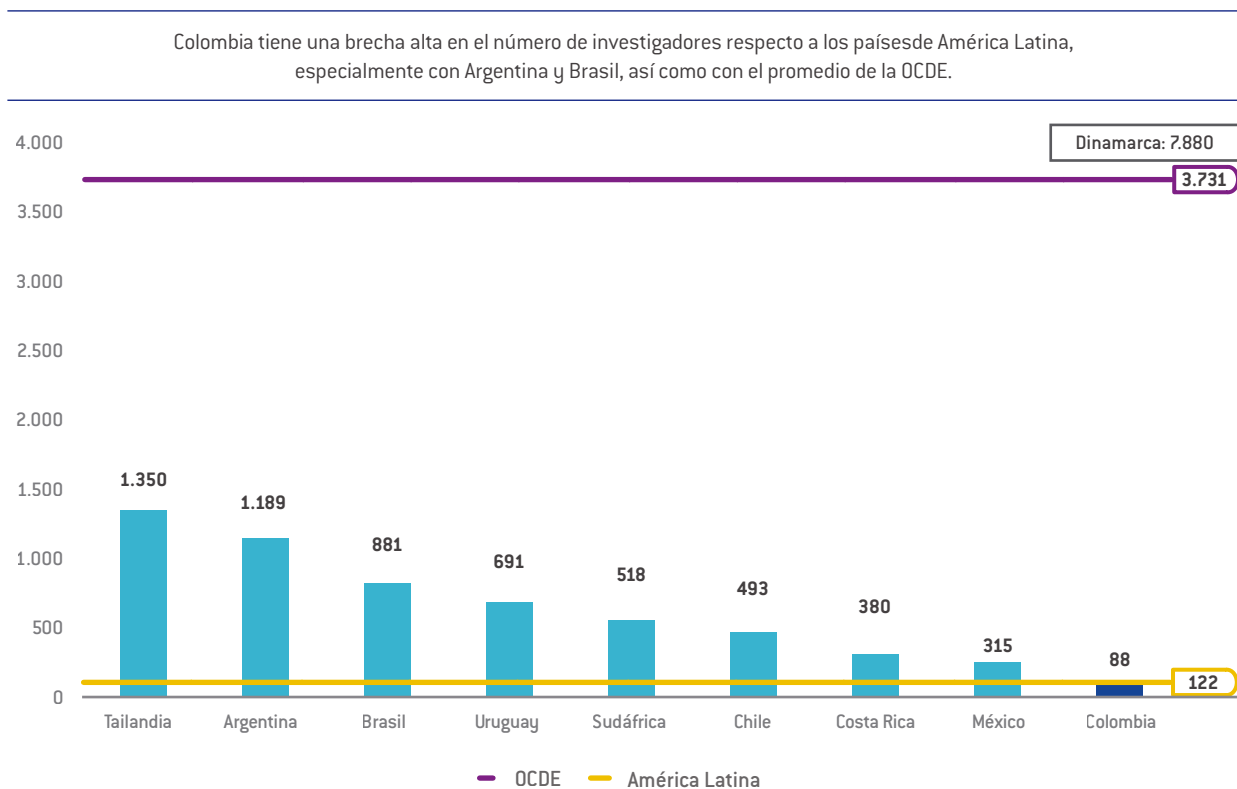
En 2017 por cada millón de habitantes en Colombia había 88 investigadores, por debajo del promedio regional de 385 investigadores, y muy por debajo de Argentina, que tiene 1.189 investigadores por millón de habitantes (Gráfica 3). Del total de investigadores, 33 % son mujeres. Esta brecha se mantiene, ya que en 2009 el 30 % eran mujeres.

Por otra parte, en el país ha aumentado de manera significativa el número de personas con maestría y doctorado. Entre 2010 y 2018 pasaron de 5.933 a 28.928 las personas graduadas anualmente de programas nacionales de maestría, y de 211 a 803 aquellas de doctorado⁴. De igual forma aumentó el número de programas nacionales ofrecidos: 374 % para maestrías y 201 % para doctorados (OCyT, 2020). No obstante, el porcentaje de estudiantes de educación superior en maestría en 2018 era de 6,5 %, menor al de Argentina, El Salvador o Chile, donde es alrededor del 8 %. En cuanto al porcentaje de estudiantes en doctorado, es de 0,3 %, menor al promedio

regional y a los de Brasil o México, de 1,3 % y 1 %, respectivamente (RICYT, 2020).

Con respecto a la capacidad de investigación por departamento, según el Índice Departamental de Innovación para Colombia (IDIC) que publica DNP, medido por el número de investigadores y de gasto en investigación y desarrollo de cada uno de los sectores, los departamentos con mejores puntajes fueron Santander, Antioquia, Atlántico, Bolívar y Bogotá y Cundinamarca, con una brecha considerable con Vichada, Cesar, Guaviare y Guainía. Al observar el número de investigadores por millón de habitantes, Caldas lideró el indicador, seguido por Bogotá y Cundinamarca y Atlántico, mientras que Putumayo, Arauca, Vichada y Chocó fueron los departamentos que presentaron nulo o muy bajo número de investigadores. Por otro lado, Antioquia fue el departamento con el puntaje más alto en el pilar de generación de conocimiento, en tanto que 50 % de los departamentos se ubicaron en el desempeño bajo (DNP, 2020).

Gráfica 3. Número de investigadores por cada 1.000.000 habitantes. Colombia y países de referencia, 2017.



Fuente: Unesco Institute for Statistics (2020).

4. Las personas graduadas de programas nacionales de doctorado son 27,3 % del total de personas graduadas de doctorado.



GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO

Respecto a las publicaciones, en 2019 Colombia se mantuvo en el quinto lugar en Latinoamérica, con un total de 114.495 publicaciones en revistas indexadas, por debajo de Brasil, que cuenta con más de un millón de publicaciones, México, con 247.369, Argentina, con 225.079, y Chile, con 163.503. Colombia ha realizado un esfuerzo por mejorar los estándares de calidad científica y editorial, así como por aumentar el impacto de las publicaciones científicas nacionales, que se evidencia en la mejora de una posición a nivel mundial en el índice H⁵ respecto al año 2018 y en el hecho de que en los últimos tres años avanzó tres lugares (SCImago, 2020).

Al analizar los indicadores de generación de conocimiento por área, se observa que las ciencias sociales y las humanidades concentran la mayoría de las becas y créditos para doctorado o maestría (48,4 %) y la mayoría de los programas nacionales de doctorado (42,3 %). Sin embargo, el porcentaje de investigadores activos, grupos de investigación y producción bibliográfica es menor al de las áreas de ingeniería y tecnología o ciencias naturales y exactas

(Tabla 1). Adicionalmente, en 2017 el área de ciencias sociales y humanidades tenía la menor proporción de grupos de investigación de alta calidad, es decir, aquellos clasificados por Colciencias como A1, además de una menor tasa de revistas indexadas en Publindex como A1. Esto pone de manifiesto la necesidad de generar capacidades de investigación en disciplinas de ciencia, ingeniería y matemáticas, y de revisar las prioridades para la asignación de recursos públicos para becas o créditos de estudios superiores, de modo que vayan de acuerdo con las necesidades y retos prioritarios de desarrollo del país, así como con los resultados obtenidos.

Por otra parte, los investigadores en Colombia tienen menos recursos a su disposición en cuanto a infraestructura y recursos financieros para realizar investigación. En 2018 el gasto promedio en I+D por investigador en América Latina fue de USD 66.161, mientras que en Colombia fue de USD 58.261 (RICYT, 2020). Estas limitaciones hacen que el país sea menos atractivo para investigadores extranjeros y para colombianos que actualmente se encuentran en el exterior.

Tabla 1. Generación de conocimiento según área de la ciencia y la tecnología (OCDE). Colombia, 2018

Área de la ciencia y la tecnología	Becas/crédito para doctorado*	Programas nacionales de doctorado	Grupos de investigación activos	Investigadores activos	Producción total bibliográfica de autores vinculados a instituciones colombianas en revistas indexadas en Scopus y WoS
Ciencias sociales y humanidades	27,4 %	42,3 %	24,7 %	18,8 %	23,8 %
Ingeniería y tecnología	24,8 %	21,9 %	25,6 %	30,0 %	22,5 %
Ciencias naturales y exactas	22,6 %	21,6 %	24,9 %	26,7 %	25,1 %
Ciencias médicas y de la salud	9,4 %	10,0 %	19,7 %	19,4 %	19,6 %
Ciencias agrícolas	5,9 %	4,2 %	5,1 %	5,1 %	5,1 %

Fuente: OCyT (2019). Cálculos: Consejo Privado de Competitividad.

5. El Índice H es el número de artículos de un país (h) que han recibido al menos h citaciones. Cuantifica la productividad científica de un país, así como su impacto.



RECOMENDACIONES

Acción pública. Desarrollar habilidades de investigación desde la educación básica con un enfoque por oferta.

La educación básica tiene un rol fundamental en la apropiación del conocimiento y la adopción de la ciencia como parte de los proyectos personales de desarrollo, lo que, a largo plazo, hace más sencilla la comunicación científica en la sociedad (Pabón, 2018). La cultura de innovación debe brindar las bases y habilidades necesarias para resolver problemas, desarrollar procesos y adoptar nuevas tecnologías.

El Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación cuenta con el programa Ondas desde 2001, con el propósito de apoyar y estimular la curiosidad científica de niños, niñas y adolescentes. En 2015 el programa contaba con 300 mil participantes. Sin embargo, la participación no es universal, y para asegurar el desarrollo de las habilidades de largo plazo es necesario que los proyectos y la experiencia en investigación hagan parte del currículo de los colegios. Núñez y Parra (2017) muestran evidencia de que los beneficiarios del programa no solo tuvieron mejores resultados que sus pares en las pruebas Saber 11, especialmente en ciencias naturales, ciencias sociales y matemáticas, sino que su tasa de acceso a la educación superior fue cinco puntos porcentuales mayor. De hecho, la investigación concluye que los resultados por institución educativa no muestran impacto debido a que se requeriría beneficiar a gran parte de los estudiantes para que los efectos sean importantes (Núñez y Parra, 2017).

Adicionalmente, de acuerdo con Pabón (2018), Colombia no tiene registrado ante la Unesco ningún instrumento de política de CTI destinado a fortalecer la educación en ciencia desde primaria a niveles de posgraduación. Esto requiere capacitar a los docentes y brindarles métodos y recursos más actualizados y efectivos. De igual forma, es preciso involucrar a las personas dedicadas a la investigación en la educación básica con el propósito de hacerlas visibles, de manera que sirvan de referente y de ejemplo a los estudiantes.

Acción pública. Remover las barreras de género en la ciencia desde la educación básica.

El contexto cambiante de la CTI incrementa la necesidad de la diversidad en las personas y entidades enfocadas en este trabajo. En ese sentido, la evidencia sugiere que la diver-

sidad mejora la calidad de la investigación y su relevancia para la sociedad (Smith-Doerr, Alegria y Sacco, 2017). Ahora bien, aunque en Colombia la tasa de mujeres investigadoras ha incrementado, de 30 % en 2009 a 33 % en 2018, existen todavía estereotipos de género que generan mecanismos de exclusión en un ambiente que debería ser competitivo en conocimiento. De hecho, los estereotipos de género desde temprana edad tienen influencia en la elección de educación superior y en las expectativas de carrera.

Respecto a la educación superior, las mujeres y los hombres no están distribuidos equitativamente en las distintas carreras: las mujeres tienen menor representación en ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas (OCDE, 2018a). De modo que existe espacio de política para incentivar a más mujeres desde la educación básica a estudiar en campos que son base para la investigación, tecnología e innovación.

Con este propósito, en adición a la recomendación anterior, es importante evaluar el acceso igualitario de los programas que promueven la investigación, ya que pueden ser instrumentos claves para reducir la brecha de género (BID, 2018). La diversidad e inclusión en CTI son prerrequisito para producir el tipo de conocimiento e innovación que se requiere para trabajar por los objetivos de desarrollo sostenible (OCDE, 2018).

Acción pública. Reformar los estímulos a la productividad académica para aumentar su calidad e impacto.

Es necesario actualizar el Decreto 1279 de 2002 del Ministerio de Educación, que establece el régimen salarial y prestacional de los docentes de las universidades estatales, para que los estímulos a la productividad académica estén fundados en métodos objetivos y aceptados internacionalmente para la medición de la calidad y el impacto de la producción científica. Específicamente, se recomienda revisar el Capítulo V sobre criterios para el reconocimiento de puntos salariales por productividad académica, de modo que los incentivos no limiten en el mediano plazo las posibilidades de realizar inversiones en ACTI de las IES.

Adicionalmente, se recomienda realizar un estudio sobre el impacto fiscal de las disposiciones actuales, de modo que cualquier reforma que se haga a los estímulos a la productividad académica no solo brinde los incentivos correctos a los investigadores, sino que, además, reduzca posibles distorsiones en el gasto.



GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO

Acción pública. Utilizar herramientas como el Índice Departamental de Innovación para Colombia (IDIC) con el propósito de trabajar por cerrar las brechas de CTI en las regiones.

De acuerdo con el informe de la Misión de Sabios, el país aún tiene un vacío institucional para realizar las etapas iniciales de la generación y posterior transferencia de conocimiento. Esta afirmación se reitera en el IDIC, en el cual ningún departamento alcanzó un desempeño alto en la producción de conocimiento (DNP, 2020). Una de las apuestas de las regiones en los planes y acuerdos departamentales en CTI es fortalecer y consolidar el sector productivo a través de la transferencia de conocimiento y la innovación empresarial. Esta política se facilita en alrededor de 61 % de los departamentos que, de acuerdo con el IDIC 2019, cuentan con capacidades y las condiciones del entorno que propician la innovación.

Para los departamentos que tienen desempeño bajo y medio en el índice, entre ellos Arauca, Guaviare, Putumayo y Caquetá, la política de innovación debe ir acompañada con mejoramiento del entorno político, regulatorio y de ambiente de negocios (DNP, 2020). En estas regiones es importante implementar programas de innovación social enfocados a la apropiación y transferencia de conocimiento en comunidades vulnerables (EC/OECD, 2019). De acuerdo con Benavente (2020), es posible que los investigadores en las regiones más rezagadas posean una curva de aprendizaje con retornos más altos que los líderes nacionales.

Estas acciones fortalecen los sistemas regionales de innovación (SRI) debido a que contar con entornos tecnológicos, científicos, productivos y financieros permite a los departamentos trabajar en el apalancamiento de un sistema de innovación mediante la generación de sinergias entre los actores (Gallego, 2017).

Acción pública. Fortalecer los institutos públicos de investigación y los centros de desarrollo tecnológico.

La investigación pública tiene un rol central en los sistemas de innovación ya que por lo general es investigación de largo plazo y mayor riesgo que la que acometen acto-

res privados (OCDE, 2011). Particularmente, a través de los institutos públicos de investigación y los centros de desarrollo tecnológico el Estado puede promover el desarrollo de tecnologías emergentes y facilitadoras que son necesarias para aumentar la productividad de la industria y resolver problemas de la sociedad.

En línea con la conclusión del informe de la Misión de Sabios respecto al vacío institucional para realizar las etapas iniciales de la generación y posterior transferencia de conocimiento en el país, se requiere fortalecer los institutos públicos de investigación y los centros de desarrollo tecnológico. Actualmente, Colombia cuenta con 31⁶ institutos de este tipo especializados en temas como ambiente, salud, defensa, cultura y sociedad, industria y comercio, justicia, agropecuario, minas y energía, y estadísticas, pero es necesario revisar su mandato y hacerlo más acorde a las necesidades de la sociedad, así como reducir la fragmentación, sea a través de mecanismos de cooperación o, si es necesario, fusionando institutos para que respondan a tecnologías más que a sectores productivos (OCDE, 2018).

Una vez afinada la misión de los institutos, se requiere asegurar su funcionamiento a través de financiación adecuada y gobierno corporativo robusto para promover su alineación con los retos sociales y económicos en el país, además de su colaboración con institutos internacionales. Esto implica un modelo de financiación basado en el desempeño, que incluya métricas de impacto más allá de medidas bibliométricas y contemple requisitos de interdisciplinariedad y colaboración con universidades, sector privado y organizaciones internacionales, así como la generación de capital humano acorde a las necesidades de la industria y en la industria (OCDE, 2014b).

Finalmente, uno de los aprendizajes de la pandemia del COVID-19 es que la financiación de proyectos de investigación científica a través de convocatorias debe complementarse con recursos para centros y laboratorios con mayores plazos que los que normalmente se dan en los mecanismos concursables. De tal modo podría propiciarse flexibilidad y capacidad de reacción para abordar nuevos objetivos de investigación (BID, 2020).

6. Número de institutos públicos tomado de https://Minciencias.gov.co/reconocimiento_de_actores/actores_reconocidos.



TRANSFERENCIA DE CONOCIMIENTO Y TECNOLOGÍA

La transferencia de los recursos intangibles basados en conocimiento y tecnología (TCT) es el puente fundamental entre los desarrollos científicos y tecnológicos de la academia o instituciones de investigación y los sectores de la producción y la sociedad, y viceversa. La TCT se moviliza de un individuo u organización a otra a través de algún canal formal o informal⁷ (OCDE, 2013).

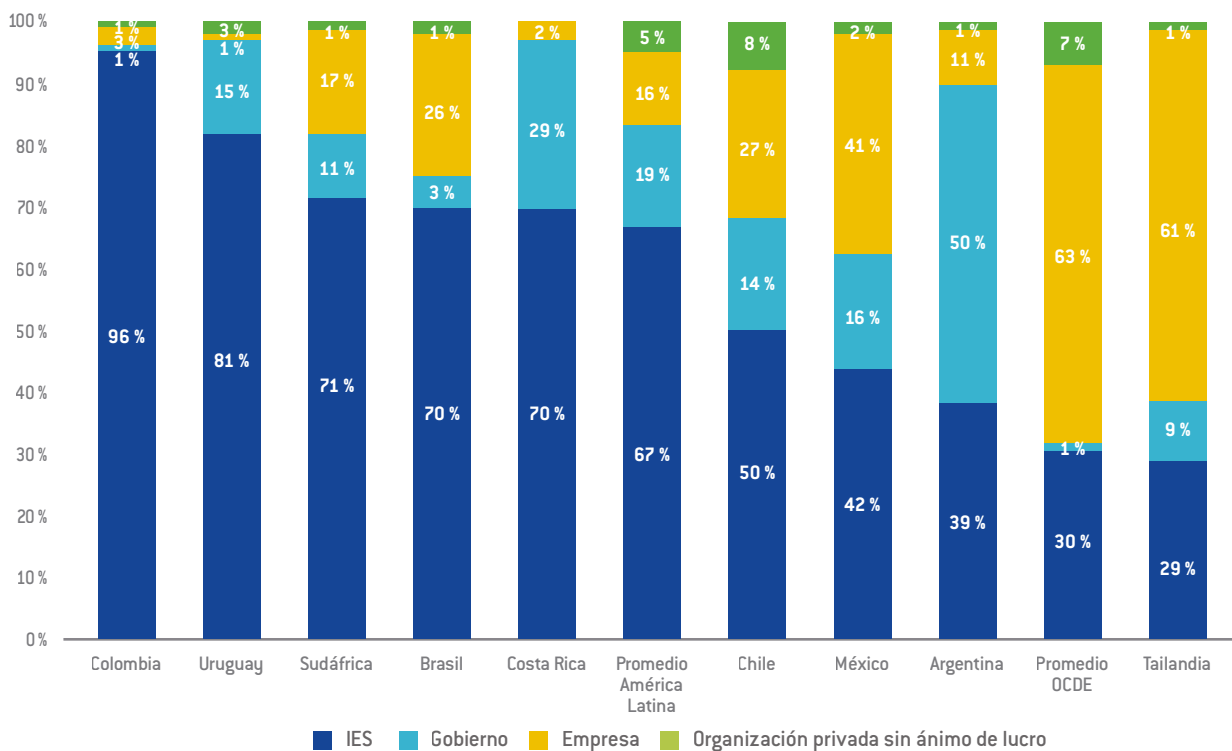
Uno de los canales más importantes para la interacción universidad-industria es el flujo de capital humano entre una y otra, por lo que el número de doctores y dónde se emplean muestran el grado de sofisticación del capital humano local actualmente empleado. En América Latina en promedio el

67,5 % de los investigadores están vinculados a IES; 19,1 %, al Gobierno, y 15,6 %, a empresas. En los países de la OCDE, el 30,1 % de los investigadores están en la academia, mientras que el 62,5 % trabaja en empresas, y el 0,7 %, en el Gobierno.

La Gráfica 5 muestra que la principal fuente de empleo de investigadores colombianos es la academia (95,7 % de los investigadores), mientras que las empresas y el Gobierno vinculan la menor cantidad de investigadores: 2,5 % y 1 % respectivamente, aunque es ahí donde se daría una transferencia de conocimiento y tecnología más efectiva, ya que la academia cuenta con una movilidad muy baja entre lugares de trabajo y poca colaboración con sector privado.

Gráfica 4. Vinculación laboral de investigadores por sector (% del total de investigadores). Colombia y países de referencia, 2018.

La mayoría de las personas dedicadas a la investigación están vinculadas a instituciones de educación superior, hecho que limita la transferencia de conocimiento en el sector productivo y sector público.



Nota: El dato para Colombia y Tailandia corresponde a 2017, y para Brasil, a 2014.

Fuente: OCDE (2020c) y Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología (RICYT) (2020).

⁷ Los canales de TCT formales incluyen patentes, licencias, *spin-offs*, emprendimientos de estudiantes, investigación colaborativa (alianzas público-privadas), movilidad de docentes y estudiantes, y contratos de investigación y consultoría universitaria. Los canales informales son más difíciles de contabilizar; incluyen publicaciones conjuntas entre industria y academia, conferencias y networking, o infraestructura compartida (Bekkers y Bodas Freitas, 2008).



TRANSFERENCIA DE CONOCIMIENTO Y TECNOLOGÍA

Otros de los canales formales para la TCT son las patentes de invención, los modelos de utilidad y los diseños industriales. Las patentes de invención⁸ indican el número de invenciones nuevas y de aplicación comercial en un país, así como las oportunidades de explotarla comercialmente. En Colombia, de 2017 a 2018 las solicitudes para registro de propiedad intelectual que tuvieron mayor crecimiento fueron las de diseños industriales (15 %), pasando de 556 a 638 solicitudes, seguidas por marcas (4 %), cuyas solicitudes incrementaron de 27.085 a 28.119 [Unesco Institute for Statistics, 2020].

Colombia se encuentra por debajo del promedio de la región en número de solicitudes de patentes como proporción del PIB. Mientras que en 2018 el promedio de la región fue 10 patentes por unidad de PIB, Colombia ocupó el último lugar con 5,8 solicitudes, superado por el líder de la región, México, con 13 solicitudes por unidad de PIB. Corea del Sur, el líder mundial, presentó 152 solicitudes de patentes por PIB.

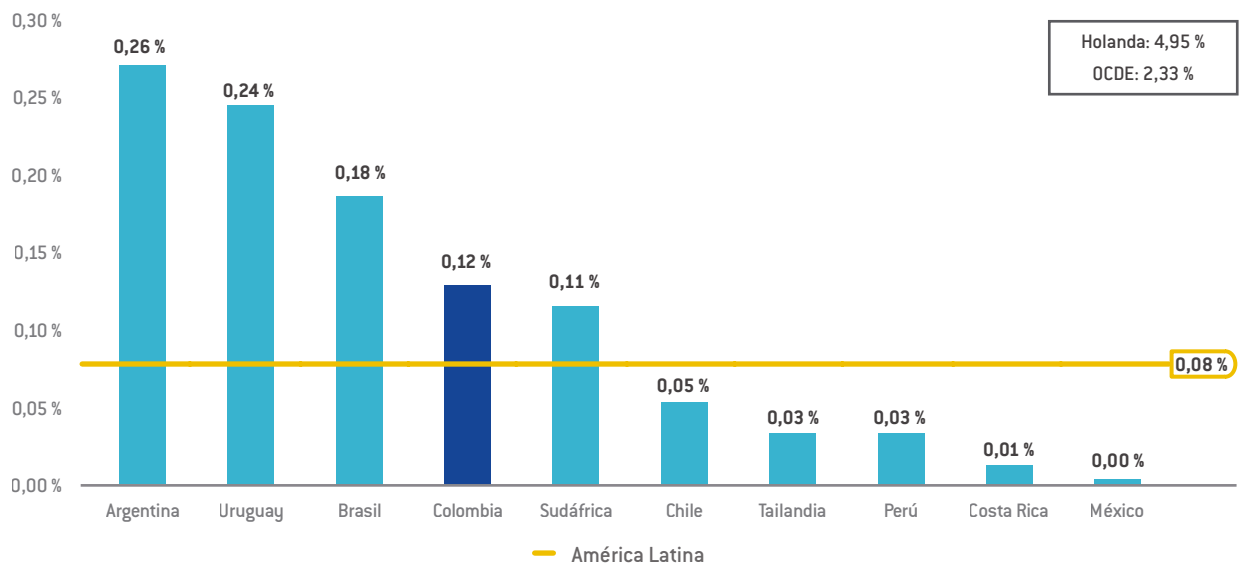
En los últimos años en el país, la política pública se ha enfocado en fomentar las solicitudes de patentes con pro-

gramas como la Brigada de Patentes, con un resultado exitoso en su incremento durante el periodo de 2010 a 2018. Sin embargo, aunque las patentes son un indicador de invención, no dan cuenta de su explotación comercial o aplicación, visible en los pagos de propiedad intelectual. En Colombia, entre 2010 y 2019, los ingresos por pagos de propiedad intelectual, como porcentaje del comercio exterior de bienes y servicios, fueron 0,12 %, por encima del promedio de América Latina (0,08 %), pero menos de la mitad de Argentina (0,26 %) y muy por debajo del promedio OCDE (2,33 %) [Gráfica 5].

Por su parte, las importaciones de alta tecnología constituyen un canal para adquisición y difusión de tecnología del exterior. En 2018 Colombia importó 9,9 % de bienes de tecnología de la información y las comunicaciones respecto del total de importaciones, sobrepasando el promedio regional (7,9 %). En la región, México lideró el indicador con importaciones del 15,1 % del total de estas [Banco Mundial, 2020].

Gráfica 5. Pagos por uso de propiedad intelectual (% total de comercio exterior). Colombia y países de referencia, promedio 2010-2019.

Colombia ocupó el cuarto lugar en América Latina en pagos por uso de propiedad intelectual como porcentaje del comercio exterior, con un crecimiento de 76 % entre 2010 y 2019.



Fuente: Banco Mundial (2020).

8. Las patentes de invención protegen soluciones técnicas como productos o procesos. Tienen como requisito ser novedosas y tener nivel inventivo y aplicación industrial, además de describir de forma completa su desarrollo. Esta forma de protección tiene una duración de 20 años.



RECOMENDACIONES

Acción pública. Fortalecer las capacidades de las entidades de enlace de TCT asegurando una financiación base.

La TCT requiere entidades cuya función sea comunicar a las universidades y centros de investigación de las necesidades de las empresas para identificar el potencial de mercado de los desarrollos de ciencia y tecnología. El Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación ha enfocado la política de TCT a través de las cinco oficinas de transferencia de resultados de investigación (OTRIS), cuya misión es vincular la demanda de tecnologías de las empresas con la oferta de las universidades y centros de investigación. Es importante que se aseguren los recursos de estas entidades con personal y portafolio de servicios estable, de manera que no dependan de proyectos temporales. Dada la relevancia de su función, también es esencial establecer el enlace con un gran número de universidades de las distintas regiones del país, así como darse a conocer con las empresas que requieren estos servicios.

Fortalecer las OTRIS puede potenciar los resultados del subsidio a la solicitud de patentes y lograr mayor desarrollo y protección de invenciones al facilitar su comercialización, ya que una de las dificultades que surgen una vez obtenida la patente es cubrir los costos de mantenimiento si no se logra el licenciamiento (Chaparro-Giraldo, 2017).

Acción pública. Fortalecer la relación universidad-empresa a través de alianzas público-privadas, con base en el caso del programa Colombia Científica.

Las alianzas público-privadas para la investigación e innovación son un arreglo que permite compartir los riesgos, los resultados y la responsabilidad de las inversiones. El programa Colombia Científica, lanzado en 2017 y financiado por el Banco Mundial, es un buen ejemplo de un mecanismo de este estilo: alianzas conformadas por IES, empresas y centros de investigación presentan propuestas de investigación a cuatro años en áreas prioritarias para el país y compiten en convocatorias abiertas por el financiamiento público de estas. Facilitar la cooperación entre instituciones educativas y empresas permite generar confianza entre las partes, con el potencial de que surjan compromisos de largo plazo, materializados en centros de excelencia o consorcios

de tecnología, como el caso del Centro de Innovación de Argos y la Universidad EAFIT.

Por otra parte, la cooperación para la innovación beneficia principalmente a empresas que ya tengan cierto nivel de madurez, trayectoria en la gestión de la innovación y experiencia previa con socios. En el estudio *Análisis de obstáculos a la inversión privada en I+D+i en Colombia y propuesta metodológica para diseño de instrumentos de innovación desde la demanda* (CPC, Swisscontact y Colombia+Competitiva, 2020) se encontró que las empresas con una mayor intensidad del gasto en ACTI y que cuentan con capacidades en I+D son más propensas a cooperar. Además, la cooperación también implica capacidades en trámites legales para negociar y firmar contratos, y para la definición y gestión de la propiedad intelectual resultante de los proyectos de cooperación. Estas son capacidades que muchas firmas, en especial empresas pequeñas o de temprana edad, no tienen. Según las últimas versiones de la EDIT, menos del 4 % de las empresas del país cooperan para innovar.

Es importante que mecanismos de este tipo estén adecuadamente focalizados de acuerdo con las capacidades internas de las empresas en cuanto a gestión de la innovación, absorción de conocimiento externo, manejo de la propiedad intelectual y jurídicas. Adicionalmente, estos instrumentos deben promover la cooperación en vez de exigirla; por ejemplo, ayudando a las empresas a encontrar socios y a formular los acuerdos formales de cooperación. De esta forma se podrá integrar a un mayor espectro de empresas dentro de la masa de aquellas que cooperan, lo cual aumentará las probabilidades de superar obstáculos y, en últimas, de innovar.

Por último, es fundamental que no se busque resolver más de una problemática con un mismo instrumento. En el caso de Colombia Científica, su objetivo debe ser facilitar la cooperación entre universidades y empresas ayudándolas a encontrar socios idóneos para lograr resultados de innovación y no adicionalmente mejorar la calidad de universidades. Para ese objetivo, también necesario, se requieren otros instrumentos.

Acción pública. Evaluar los resultados e impacto de la Ley 1838 de 2017 (Ley Spin-Off).

Existe evidencia de que, en la medida en que los investigadores universitarios tienen derechos plenos sobre sus innovaciones, es más probable que patenten invenciones



TRANSFERENCIA DE CONOCIMIENTO Y TECNOLOGÍA

y creen emprendimientos (Lach y Schankerman, 2008). En 2017, con la Ley 1838 se eliminó una de las principales barreras a la posesión y explotación de invenciones y desarrollos tecnológicos por académicos en instituciones públicas. Es necesario evaluar qué resultados ha dado la ley y qué otras barreras enfrentan los investigadores para comercializar sus desarrollos.

Coordinación público-privada. Revisar y escalar la estrategia para la vinculación de doctores en empresas.

Los países con mayor proporción de doctores que trabajan en el sector privado tienen un número alto de personas con doctorado respecto del total de la población. Se espera que en los próximos años retornen al país alrededor de 3.000 doctores (DNP, 2019), de forma que es necesario favorecer las estrategias y alicientes para el retorno y la vinculación de doctores en sectores distintos a la academia. Esto incluye la continuidad de incentivos tributarios para la contratación de personas con doctorado en las empresas, así como la revisión de programas que fomentan la contratación por periodos determinados de tiempo.

De igual modo, se requiere evaluar qué sucede con los doctores una vez termina el apoyo gubernamental. En general, al inicio de las carreras de investigación la precariedad laboral por horizontes contractuales menores a dos años genera deserción por ocupaciones más estables. Así, para permitir el desarrollo de I+D en la empresa y brindar seguridad laboral de los investigadores, se recomienda establecer esquemas de intercambio de personal entre las universidades o centros de investigación públicos y las empresas alrededor de proyectos específicos de investigación, como se ha hecho con éxito en Argentina, Italia o Finlandia (EC/OECD, 2014).

Acción pública. Fortalecer la institucionalidad para la protección de la propiedad industrial (PI).

El arreglo institucional para la protección de la PI en Colombia lleva a un potencial conflicto de interés, ya que la Superintendencia de Industria y Comercio es a la vez la autoridad en PI y de competencia. Se recomienda separar estas dos funciones en entidades independientes de modo que cada una cumpla con su objetivo y refuerce los resultados de la otra.

En este sentido, se sugiere la creación del Instituto Nacional de la Propiedad Industrial para administrar la pro-

piedad industrial en el país (OCDE, 2014b). Esta entidad llevaría a cabo las tareas de registro, renovación, cancelaciones y caducidades de patentes, marcas, modelos de utilidad, diseños industriales, denominaciones de origen y esquemas de trazado de circuitos. También adelantaría actividades de divulgación, promoción y capacitación en materias de PI y su relación con la competitividad. Así mismo, parte de sus funciones deben enfocarse en promover la comercialización de la PI y estar alineadas con las políticas de apoyo a la innovación, más allá de dar descuentos a las tasas para registro o mantenimiento, de modo que los usuarios vean los beneficios de proteger sus desarrollos en innovación. El instituto debe contar además con autonomía técnica, financiera y de servicio, y con personalidad jurídica y patrimonio propio para promover el aprovechamiento y la comercialización de la PI. Así podrá utilizar los ingresos provenientes de la prestación de servicios de registro y de apoyo (capacitación, publicaciones, apoyo empresarial, etc.) para tener mayor presencia regional y poder responder de manera ágil a las necesidades de los usuarios.

Lo anterior incluye además mejorar los mecanismos para la identificación y el seguimiento de infracciones de derechos de propiedad intelectual, así como fortalecer los procesos de investigación, jurisdiccionales y de resolución de conflictos, de modo que se haga una protección efectiva de los activos intangibles.

Acción pública. Promover la política de datos abiertos a través de la publicación de bases de datos de las investigaciones.

Las investigaciones se han vuelto intensivas en el uso de datos, y las ciencias abiertas, con énfasis en datos abiertos, se consideran un elemento importante para generar valor social y económico (Gobierno de Colombia, 2019). Entre los beneficios del acceso a los datos están la promoción de nuevo desarrollo científico, menos duplicación, y mejor reproducción de los resultados de la investigación, acciones que mejoran la confianza en la ciencia. La implementación de esta estrategia requiere que el Gobierno establezca un sistema que asegure la transparencia y fomente la confianza en la comunidad que realiza investigación.

Así mismo, es importante establecer incentivos y recompensas apropiadas para motivar a los investigadores a

TRANSFERENCIA DE CONOCIMIENTO Y TECNOLOGÍA

compartir los datos (OCDE, 2018). En la política de manejo de datos abiertos, un aspecto relevante es su explotación comercial, que puede estar sujeta a que los datos permanezcan en el dominio público y a la política de protección de datos (Gobierno de Colombia, 2019).

Ante situaciones como la causada por el COVID-19, la velocidad de los avances científicos se ha visto acelerada gra-

cias a prácticas de ciencia abierta, las cuales han permitido la proliferación tanto de bases de datos anonimizadas de afectados por el COVID-19 como de artículos que comparten resultados, modelos y tratamientos preliminares (BID, 2020). En este contexto, es necesario que Colombia avance de manera decidida hacia la implementación de la ciencia abierta, idealmente articulada con la región.





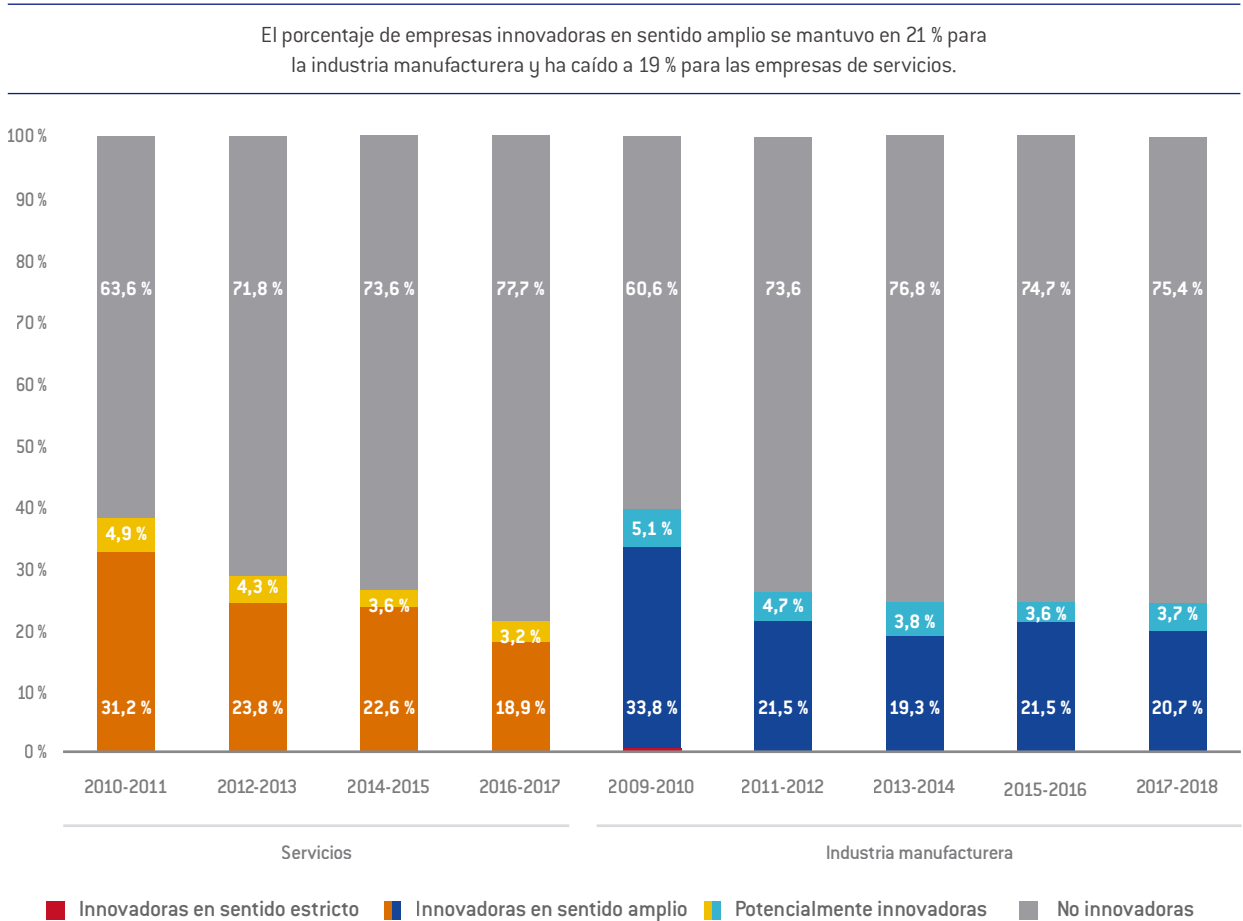
INNOVACIÓN

La innovación empresarial genera efectos positivos en la productividad, que se difunden en el resto del mercado generando externalidades positivas para el crecimiento económico (Elnasri y Fox, 2017). En 2018, según la Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica (EDIT) del DANE, el 21 % de las empresas del sector manufacturero fueron clasificadas como innovadoras, tanto en sentido amplio como en sentido estricto, mientras que en el sector servicios, para el año 2017, esta proporción fue del 19,1 % (Gráfica 6). Para ambos sectores, la mayor parte de las innovaciones consistieron en imitaciones y no en innovaciones radicales. En América Latina el promedio de las empresas innovadoras en el sector manufacturero fue de 36,1 %, similar al promedio de la OCDE, de 38 %.

Una de las conclusiones centrales de las investigaciones en innovación empresarial es que las firmas rara vez

innovan de forma aislada. La interacción con los compradores, los proveedores y otras organizaciones constituye un sistema de innovación que facilita estos procesos (Edquist, 2009). Por otra parte, los países que se ven menos afectados por los choques económicos negativos tienen un sistema nacional de innovación fuerte (Ciobanu, Petrariu y Bumbac, 2013). En Colombia la proporción de empresas que cooperan respecto del total es bajo: alrededor de 7 % de las empresas de la industria manufacturera y 5 % de las de servicios cooperaron con proveedores y, en ambos sectores, alrededor de 3 % con universidades y 3 % con centros relacionados con investigación. En los países de la OCDE 14 % de las empresas de la industria manufacturera trabajaron en colaboración con las universidades, y en América Latina el promedio fue de 18 %.

Gráfica 6. Tipificación de las empresas de acuerdo con su comportamiento innovador (% del total de empresas). Colombia, 2009-2018.





La adopción de nuevas tecnologías requiere inversión no solo en I+D para identificar y modificar la tecnología en el contexto local, sino también en maquinaria y en entrenamiento de mano de obra, así como en mejoras en las capacidades gerenciales para planear y ejecutar proyectos de mediano plazo. Sin ello, la inversión en I+D tendrá poco impacto [Klenow y Rodríguez-Clare, 2005]. Concretamente respecto a capacidades gerenciales, que son un elemento fundamental para la innovación, Colombia se ubicó por debajo del promedio de América Latina y de México, Chile, Argentina y Brasil en prácticas de ese tipo, de acuerdo con el *World Management Survey* de 2016⁹.

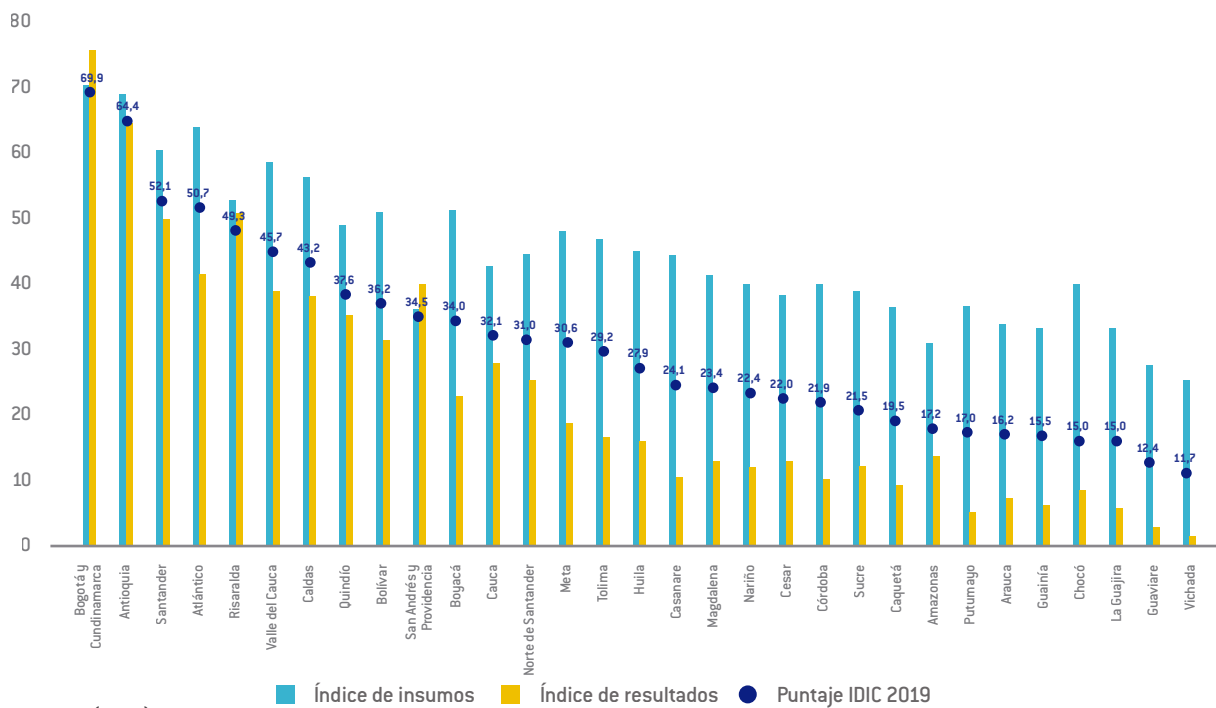
El proyecto *Análisis de obstáculos a la inversión privada en I+D+i en Colombia y propuesta metodológica para diseño de instrumentos de innovación desde la demanda* (CPC, Swisscontact y Colombia+Competitiva, 2020) identificó que las barreras más frecuentes que enfrentan las empresas son las de conocimiento y regulatorias, tanto para empresas ma-

nufactureras como de servicios. Identificó además que los obstáculos financieros son disuasivos: es decir, frenan el proceso de innovación en la empresas, mientras que los obstáculos de conocimiento, de mercado o regulatorios son revelados: es decir, la empresa aprende a superarlos.

Respecto al comportamiento regional de los indicadores, en la Gráfica 7 es posible notar que existen grandes brechas entre departamentos en cuanto a insumos y resultados de innovación. Adicionalmente, se observa que la capacidad de transformar insumos en resultados (tasa de eficiencia) es menor en los departamentos con menor desempeño. Mientras que en Bogotá y Cundinamarca, así como en Antioquia, la tasa de eficiencia es alrededor de 100 %, en los departamentos de Guaviare y Vichada es menor al 10 %. Esto pone de manifiesto la necesidad de contar con instrumentos apropiados que fortalezcan el ecosistema de innovación en las regiones.

Gráfica 7. Índice Departamental de Innovación para Colombia e Índice de Insumos y Resultados por departamento, puntaje 2019.

En el IDIC 2019, Bogotá-Cundinamarca y Antioquia continúan en el grupo de desempeño alto (69,9 y 64,4 sobre 100). La brecha entre el líder y los departamentos de bajo desempeño es alta: la diferencia frente a Vichada es de 58 puntos.



Fuente: DNP (2020).

9. El *World Management Survey* evalúa empresas de 34 países en cuatro dimensiones: operaciones, objetivos, seguimiento y talento humano.



RECOMENDACIONES

Acción pública. Diseñar instrumentos de apoyo a la innovación en empresas basados en la demanda.

Construir las capacidades necesarias para un sistema nacional de innovación efectivo requiere diseñar los instrumentos de política pública tomando en cuenta insumos de la demanda, de modo que de manera más directa se resuelvan las barreras que enfrentan las empresas para innovar. Considerar la demanda implica un proceso de aprendizaje iterativo donde los posibles beneficiarios participan no solo en el diseño de los instrumentos, sino también brindando retroalimentación sobre la ejecución. En particular, desde el proceso de diseño, es relevante que se plantee la difusión y evaluación de tales herramientas. Al respecto cabe anotar que el mapeo de instrumentos de las agencias de innovación de América Latina realizado por el BID reveló que iNNpulsa es la única agencia que no tiene evaluación de impacto de sus programas (iNNpulsa, 2020).

Frente a los resultados preliminares del estudio realizado por el CPC y la cooperación suiza, se recomienda a las convocatorias públicas para las empresas que los requisitos de los instrumentos para la innovación sean más claros y tengan en cuenta las particularidades de la industria. Así mismo, es importante diversificar y fortalecer los canales de difusión de la información para que las empresas puedan acceder a los instrumentos. Luego, una vez se seleccionan los beneficiarios, es fundamental que se otorgue retroalimentación de los procesos de modo que las empresas logren crecimiento y aprendizaje (Swisscontact, CPC y Colombia+Competitiva, 2020).

Acción pública. Rediseñar y escalar el programa de cofinanciación de proyectos de desarrollo tecnológico e innovación empresarial.

Las restricciones financieras pueden limitar la cantidad de innovación que las empresas son capaces de llevar a cabo (Hall y Lerner, 2009). Por un lado, ante la falta de colateral en un proyecto de innovación —por ser intangible—, las empresas no logran conseguir crédito. Además, los recursos de capital,

que podrían ser más adecuados por la necesidad de mantener el desarrollo tecnológico en secreto hasta que se patente o se pruebe una innovación en el mercado, son difíciles de conseguir. Si a esto se suma un sector financiero poco profundo, las dificultades para financiar proyectos de innovación crecen.

Es necesario contar con instrumentos de financiación para innovación empresarial adicionales a los beneficios tributarios. Por ejemplo, un programa de cofinanciación robusto puede dar buenos resultados. Este modelo de cofinanciación debería considerar fases de desarrollo del producto o servicio que se vaya a crear, y los montos de financiación podrían ser acordes a la etapa de desarrollo de la empresa. Adicionalmente, se requiere desarrollar capacidades de gestión en el sector público con procesos y protocolos para poder identificar ideas y proyectos con alta probabilidad de éxito y corregir rápidamente los errores. Esta propuesta podría ser ejecutada a través del Fondo Francisco José de Caldas y reemplazaría las líneas de financiación de desarrollo tecnológico e innovación que en el pasado han ejecutado el SENA y Colciencias, con el fin de dar mayor claridad a los roles de las entidades ejecutoras de la política de CTI.

En el estudio *Análisis de obstáculos a la inversión privada en I+D+i en Colombia y propuesta para diseño de instrumentos de innovación desde la demanda* (CPC, Swisscontact y Colombia+Competitiva, 2020) se encontró que los obstáculos financieros que enfrentan las empresas son disuasivos, mientras que los demás tipos de obstáculos (de conocimiento, de mercado o regulatorios) son revelados y pueden superarse. Es decir, cuando las empresas perciben obstáculos de conocimiento, mercado y/o regulatorios no desisten de los procesos de innovación, sino que a medida que avanzan en ellos adquieren la experiencia y los medios para superarlos.

Lo anterior resalta la importancia de proveer recursos financieros con los cuales las empresas puedan superar los demás obstáculos; no obstante, en general las empresas colombianas (en especial las mipymes) tienen bajas capacidades gerenciales. Por ello, el apoyo financiero también debería proveer acompañamiento gerencial para asegurar que se haga un buen uso de los recursos, algo similar a lo que sucede con instrumentos de financiación para el emprendimiento¹⁰: las empresas sin mucha experiencia en la formulación e implementación de proyectos de innovación

10. Ver capítulo *Financiación empresarial*.

deberían poder acceder a instrumentos de cofinanciamiento y, a la vez, a un acompañamiento en los proyectos y en el fortalecimiento de sus capacidades gerenciales, en tanto que los instrumentos de apoyo a través de crédito serían enfocados hacia empresas con capacidades internas consolidadas y trayectoria en proyectos de innovación.

Acción pública. Implementar la estrategia de compra pública para la innovación.

El Gobierno podría dinamizar el desarrollo tecnológico y la innovación en el país desde la demanda mediante el establecimiento de cuotas de compra pública innovadora como porcentaje de las compras totales de un sector administrati-

vo. Estos procesos de innovación abierta pueden introducir mecanismos que no están en el mercado, promoviendo que el sector privado genere nuevas formas de satisfacer las necesidades de las entidades estatales. Este es un recurso que cada vez más se usa en los países para dinamizar los ecosistemas de innovación¹¹. Actualmente, el proceso de compra pública para la innovación se enmarca en el régimen aplicable para la contratación de actividades de CIT por parte de las actividades estatales y tiene establecido un proceso de ejecución en tres etapas: 1) planeación; 2) selección y contratación, y 3) ejecución. Se recomienda evaluar los resultados del proceso de compra llevados a cabo hasta el momento y fortalecer el mecanismo de compra eficiente para la innovación.



11. Algunos países con instrumentos para incentivar las compras públicas para la innovación son Australia, Canadá, Croacia, Corea, Nueva Zelanda, Estonia, Grecia, Hungría, Turquía, Israel, Suecia, Holanda, Irlanda, Francia, Italia, Letonia, Japón, Austria, Chile, Costa Rica, Alemania, Lituania, Portugal y Tailandia.



CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN EN LA CRISIS POR COVID-19

Las opciones de política para enfrentar y poner fin a la emergencia sanitaria ocasionada por el COVID-19 revelan la importancia de la ciencia, tecnología e innovación. De hecho, la presión generada por la crisis ha sido un incentivo para innovar en las regiones del mundo que cuentan con los insumos, aunque la pandemia ha ocasionado, además de las pérdidas de vidas y deterioro de los activos físicos, un retraso o caída de la inversión en nuevas tecnologías. Esta menor inversión puede reducir el progreso tecnológico debido parcialmente al atraso del cambio tecnológico en el capital físico y humano.

La destrucción de empleos, por su parte, afecta a las empresas mediante la reducción del rendimiento de la innovación que proviene del conocimiento tácito. Según Grinza y Quatrato (2019), aunque los empleos se recuperen, el efecto en el deterioro en las capacidades innovadoras, sobre todo en las empresas grandes y jóvenes, puede ser persistente ya que estas dependen de capital humano específico. De hecho, los autores muestran evidencia de que el exceso de rotación del personal de las empresas está correlacionado negativamente con la innovación. Los trabajadores con experiencia son un activo crucial para las empresas innovadoras porque son el repositorio del conocimiento organizacional y las rutinas, y por esta razón se consideran una oportunidad para generar procesos que mejoren las competencias de las firmas.

En los países con bajo nivel de inversión en CTI la pandemia es una amenaza para las cadenas de valor y la inversión extranjera (UNCTAD, 2020). En principio, la disrupción global en las cadenas de valor puede impedir

la creación, transferencia y adopción de nuevas tecnologías, así como el gasto en investigación y desarrollo (Bloom, Mahajan, McKenzie y Roberts, 2010), y este es un efecto que se ha exacerbado por las medidas para contener el COVID-19, ya que estas han limitado la movilidad y han deprimido el comercio, lo cual ha extendido las restricciones en la difusión de la innovación.

En respuesta a la emergencia, el Gobierno Nacional reglamentó el mecanismo establecido en el Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022 para otorgar crédito fiscal para inversiones en proyectos de investigación, desarrollo tecnológico e innovación o vinculación de personal con doctorado para las micro, pequeñas y medianas empresas a través del Decreto 1011 de 2020. Este estímulo a la inversión asigna cupos para que los contribuyentes del impuesto de renta que realicen inversiones en CTI tengan acceso a la deducción del impuesto en el monto del 100 % de la inversión.

Ante este panorama, es imprescindible trabajar por la reconstrucción efectiva de la capacidad de innovación con el objetivo de potenciar la inversión y mejorar la productividad a través de mejoras en el capital físico y humano, salud y expansión del uso de tecnologías. La inversión baja y la depreciación acelerada del capital por los eventos de la pandemia pueden aumentar la adopción de nuevas tecnologías en el futuro próximo. Algunos sectores como el de salud e industrias farmacéuticas y el de tecnologías de la información y comunicaciones tienen el potencial de optimizar la inversión en investigación y desarrollo.

SÍNTESIS DE RECOMENDACIONES



Principales recomendaciones del CPC que ya han sido acogidas

Recomendación	Año en el cual fue acogida	Impacto esperado/observado	Observaciones
Establecer un modelo de oficinas de transferencia de tecnología y resultados de investigación (OTRI)	2013	Colciencias inició un proceso de fortalecimiento de OTRI regionales y hasta 2018 les dio financiación base.	Es necesario seguir fortaleciendo estas entidades con recursos basales.
Ventanilla única de acceso a instrumentos públicos de promoción de ciencia, tecnología e innovación	2014	Se creó el portal www.innovamos.gov.co como punto único de divulgación de convocatorias de CTI.	
Hacer más eficiente el incentivo tributario para ciencia, tecnología e innovación	2015	En 2016 se utilizó por primera vez el 100 % del cupo otorgado para los beneficios tributarios (COP 500.980 millones). Desde entonces una tercera parte se ha otorgado a empresas altamente innovadoras (EAI) ¹⁴ , y ha aumentado el número de empresas que acceden, así como los sectores y regiones que se benefician. Actualmente el cupo es de COP 1 billón.	Finalizar la evaluación de impacto en curso y, si es necesario, realizar los ajustes pertinentes.
Reglamentar de manera urgente el acto legislativo que reforma el Sistema General de Regalías para mejorar la asignación y ejecución del FCTel	2018	La asignación de recursos de regalías para CTI a través de convocatorias abiertas y competidas puede traer una mejor ejecución de los recursos y aumentar su impacto.	En 2019 nuevamente se reformó el Sistema General de Regalías. Es importante mantener los recursos destinados a CTI.
Generar información sobre capacidades	2018	Contar con mejor información que permita diseñar instrumentos de política pública más adecuados a la realidad de las empresas del país.	
Diseñar e implementar el Programa Nacional de Escalamiento de la Productividad	2018	El programa Fábricas de Productividad tiene como meta realizar 4.000 intervenciones en el cuatrienio. Estos programas de extensionismo tecnológico pueden tener aumentos de más del 10 % en productividad.	El programa está empezando a operar. Es necesario hacer seguimiento y evaluación para asegurar su adecuado funcionamiento y ajustar lo que sea necesario.
Profundizar en la simplificación del uso de los beneficios tributarios de CTI y ampliar el cupo	2019	El PND 2018-2022 establece la figura de crédito tributario para aquellas empresas que no tributan renta y amplía los rubros que pueden incluirse en el beneficio. Es posible que esto atraiga a nuevas empresas para participar en el instrumento.	

14. Las EAI son empresas que cuentan con personal, procesos y estructura organizacional definidos para la innovación, presupuesto anual asignado para actividades de I+D+i de al menos 0,3 % de las ventas brutas, e introducción de innovaciones en el mercado.



SÍNTESIS DE RECOMENDACIONES

Recomendaciones que aún no han sido acogidas, en las cuales el CPC insiste

Recomendación	Impacto/costo de oportunidad	¿Quién puede hacer la diferencia?	Tipo de recomendación
Establecer una política de Estado en CTI que garantice mantener en términos reales la inversión pública en ACTI y facilite la articulación entre sectores	Mantener una financiación pública estable para las ACTI que dé claridad sobre las perspectivas de mediano plazo.	Minciencias, Minhacienda y Congreso de la República	Acción pública
Incluir en la Ley de Presupuesto un lineamiento para que los recursos de ACTI no comprometidos ni ejecutados por los distintos sectores administrativos en la vigencia fiscal anterior sean trasladados al Fondo Francisco José de Caldas	Ejecutar la totalidad de los recursos destinados a CTI y alimentar el Fondo Francisco José de Caldas.	Dirección de Inversiones y Finanzas Públicas del DNP y Minhacienda	Acción pública
Continuar y profundizar el uso de la metodología ArCo para analizar y evaluar los instrumentos de CTI	Establecer procedimientos y productos vinculantes que permitan la articulación entre entidades respecto a su oferta de instrumentos de CTI, y así evitar duplicidades y hacer un uso más eficiente de los recursos.	Presidencia, DNP y entidades del SNCI	Acción pública
Reglamentar el Marco de Inversión en CTI como mecanismo vinculante para la articulación entre entidades y optimización de la oferta de instrumentos	Dar estabilidad a la financiación de las ACTI y fomentar la articulación entre sectores para solución de problemas del país.	Presidencia, DNP y Minhacienda	Acción pública
Realizar evaluaciones de resultados y de impacto de los instrumentos para CTI y hacer obligatoria la revisión de presupuesto asignado basada en los resultados	Establecer una oferta de instrumentos para CTI con resultados o impactos comprobados.	Dirección de Seguimiento y Evaluación de Políticas Públicas de DNP y Minciencias, Mincomercio, iNNpulsa y SIC	Acción pública
Aumentar el retorno a la inversión en ACTI a partir de una mezcla de instrumentos de política pública para innovación basada en las capacidades y el nivel de desarrollo en el que se encuentra el sistema nacional de innovación	Contar con una oferta de instrumentos adecuada que logre cambios en las capacidades de innovación en el país.	Presidencia, DNP, Minciencias y SNCI	Acción pública

SÍNTESIS DE RECOMENDACIONES



Recomendación	Impacto/costo de oportunidad	¿Quién puede hacer la diferencia?	Tipo de recomendación
Incrementar la capacidad financiera apropiada para el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación de modo que se establezcan mecanismos adecuados de consecución de recursos, ejecución de programas orientados por misión y coordinación con el resto de los actores de CTI	Lograr una mayor relevancia de la CTI en el desarrollo en el país a través del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, lo cual requiere una estructura y capacidad financiera estable.	Presidencia, DNP, Minciencias y SNCI	Acción pública
Desarrollar habilidades de investigación desde la educación básica con un enfoque de oferta	Generar vocaciones y habilidades en investigación que en el mediano plazo contribuyan al desarrollo científico y tecnológico del país.	Mineducación y Minciencias	Acción pública
Reformar los estímulos a la productividad académica para aumentar su calidad e impacto	Dar incentivos a los investigadores para fortalecer sus lazos con el sector productivo y brindar estabilidad a la inversión de las IES en investigación.	Mineducación y Minciencias	Acción pública
Fortalecer a los institutos públicos de investigación y a los centros de desarrollo tecnológico	Utilizar a las entidades de investigación financiadas con recursos públicos como punta de lanza en investigación y generación de capital humano en los temas más relevantes para el país.	Minciencias y Minhacienda	Acción pública
Fortalecer las capacidades de las entidades de enlace de TCT asegurando una financiación base	Facilitar la colaboración entre universidad y empresa a través de intermediarios que sean capaces de salvar la distancia cultural y financiera entre ambos tipos de entidades.	Minciencias	Acción pública
Evaluar los resultados e impacto de la Ley 1838 de 2017 (Ley <i>Spin-Off</i>)	Facilitar la creación de <i>spin-offs</i> universitarias, y así generar transferencia de conocimiento.	DNP	Acción pública



SÍNTESIS DE RECOMENDACIONES

Recomendación	Impacto/costo de oportunidad	¿Quién puede hacer la diferencia?	Tipo de recomendación
Fortalecer la relación universidad- empresa a través de alianzas público-privadas, con base en el caso del programa Colombia Científica	Aprender de buenas prácticas para generar relaciones de confianza que puedan durar en el tiempo y dar resultados de innovación entre empresa y universidad.	Mincomercio, Mineducación y Minciencias	Acción pública
Revisar y escalar la estrategia para la vinculación de doctores en empresas	Facilitar la vinculación y/o aportes de PhD en el sector productivo.	Minciencias, IES y sector privado	Coordinación público-privada
Fortalecer la institucionalidad para la protección de la propiedad industrial (PI)	Eliminar los conflictos de interés existentes bajo el esquema actual y vincular a la institucionalidad al SNCL.	Minciencias, DNP, SIC, Mincomercio, Minc hacienda y Superfinanciera	Acción pública
Diseñar instrumentos de apoyo a la innovación en empresas basados en la demanda	Fortalecer la oferta de instrumentos para innovación a partir de los insumos que puedan proporcionar los potenciales beneficiarios.	iNNpulsa, SENA y Minciencias	Acción pública
Rediseñar y escalar el programa de cofinanciación de proyectos de desarrollo tecnológico e innovación empresarial	Establecer un instrumento adicional para financiación de I+D en empresas ante las dificultades de financiar proyectos de innovación con crédito o deuda.	Minciencias, iNNpulsa y SENA	Acción pública
Implementar la estrategia de compra pública para la innovación	Promover el desarrollo de soluciones innovadoras para los retos del Estado.	Colombia Compra Eficiente, DNP y Contraloría General de la Nación	Acción pública

SÍNTESIS DE RECOMENDACIONES



Nuevas recomendaciones

Recomendación	Impacto Esperado	¿Quién puede hacer la diferencia?	Tipo de recomendación
Remover las barreras de género en la ciencia desde la educación básica	La evidencia sugiere que la diversidad mejora la calidad de la investigación y su relevancia para la sociedad.	Mineducación y Minciencias	Acción pública
Utilizar herramientas como el Indicador Departamental de Innovación para Colombia (IDIC) con el propósito de trabajar por cerrar las brechas de CTI en las regiones	Promover la generación y posterior transferencia de conocimiento en departamentos que ya cuentan con el entorno para la innovación, y así fortalecer los SIR.	Presidencia, DNP, Minciencias y SNCI	Acción pública
Promover la política de datos abiertos a través de la publicación de bases de datos de las investigaciones	La política de datos abiertos propicia el nuevo desarrollo científico, menos duplicación, y mejor reproducción de los resultados de la investigación, acciones que mejoran la confianza en la ciencia y la innovación.	Minciencias y MinTIC	Acción pública



REFERENCIAS

- 1 Banco Mundial. (2015). *Análisis de gasto público en CTI*. Bogotá: Banco Mundial.
- 2 Banco Mundial. (2020). *Global Productivity trends, drivers and policies*. Washington: World Bank Group.
- 3 Bekkers, R. y Bodas Freitas, I. M. (2008). Analysing Knowledge Transfer Channels Between Universities and Industry: To What Degree do Sectors also Matter? *Research Policy*, 37(10), 1837-1853.
- 4 Benavente, J. M. (2020). Apoyo a la Ciencia, Tecnología e Innovación. Una Mirada desde la Geografía. En *Índice Departamental de Innovación para Colombia (IDIC)*. Bogotá: Inter-American Development Bank.
- 5 BID. (2018). *Las brechas de género en ciencia, tecnología e innovación en América Latina y el Caribe*. Banco Interamericano de Desarrollo. División de Competitividad, Tecnología e Innovación.
- 6 BID. (2020). *Respuestas al COVID-19 desde la ciencia, la innovación y el desarrollo productivo*. Banco Interamericano de Desarrollo. División de Competitividad, Tecnología e Innovación.
- 7 Bloom, N., Mahajan, A., McKenzie, D. y Roberts, J. (2010). Why Do Firms in Developing Countries Have Low Productivity? *American Economic Review*.
- 8 Chaparro-Giraldo, A. (2017). *Crear y proteger. Propiedad intelectual y transferencia de tecnología en la universidad*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- 9 Ciobanu, R., Petrariu, R. y Bumbac, R. (2013). *Innovation: a path to competitiveness and economic growth. The case of CEE countries*. ResearchGate.
- 10 Cirera, X. y Maloney, W. F. (2017). *The Innovation Paradox: Developing-Country Capabilities and the Unrealized Promise of Technological Catch-Up*. Washington D.C.: Banco Mundial.
- 11 CPC, Swisscontact y Colombia+Competitiva. (2020). *Análisis de obstáculos a la inversión privada en I+D+i en Colombia y propuesta metodológica para diseño de instrumentos de innovación desde la demanda*. Bogotá: En elaboración.
- 12 DNP. (2019). *Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022: Pacto por Colombia, pacto por la equidad*. Bogotá.
- 13 DNP. (2020). *Índice Departamental de Innovación para Colombia (IDIC)*. Bogotá.
- 14 DNP y Presidencia de la República. (2020). *Mapeo y articulación de oferta de instrumentos en CTI y PDP*. Bogotá.
- 15 EC/OECD. (2014). *International Science, Technology and Innovation Policy (STIP) Database*.
- 16 EC/OECD. (2019). *Science, Technology and Innovation Policy Survey*. París.
- 17 Edquist, C. (2009). Systems of Innovation: Perspectives and Challenges. En J. Fagerberg y D. C. Mowery, *The Oxford Handbook of Innovation*.
- 18 Elnasri, A. y Fox, K. J. (2017). The contribution of research and innovation to productivity. *Springer Science+Business Media New York*.
- 19 Gallego, J. H. (2017). *Sistemas Regionales de Ciencia, Tecnología e Innovación en Colombia: componentes institucionales y organizacionales*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Económicas, Maestría en Administración.
- 20 Gobierno de Colombia. (2019). *Misión de Sabios*.
- 21 Grinza, E. y Quatrato, F. (2019). Workers' replacements and firms' innovation dynamics: New evidence from Italian matched longitudinal data. *Research Policy*.
- 22 Hall, B. H. (2009). The Financing of R&D and Innovation. *NBER Working Paper N.o 15325*.
- 23 Hall, B. y Lerner, J. (2009). The Financing of R&D and Innovation. *NBER Working Paper N.o 15325*.
- 24 iNNpuls. (Julio de 2020). Mapeo de agencias de innovación en América Latina. *Resumen del mapeo de Agencias latinoamericanas de fomento de la innovación y el emprendimiento del BID, 2017*. Bogotá.
- 25 Klenow, P. y Rodríguez-Clare, A. (2005). Externalities and Growth. En P. Aghion y S. N. Durlauf, *Handbook of Economic Growth* (pp. 817-861). Amsterdam: Elsevier.
- 26 Lach, S. y Schankerman, M. (2008). Incentives and invention in universities. *RAND Journal of Economics*, 39(2), 403-33.
- 27 Núñez, J. y Parra, J. (2017). *Evaluación de impacto del programa Ondas de Colciencias*. Bogotá: Fedesarrollo.
- 28 OCDE. (2011). PPublic Research Institutions in National Innovation Systems. En OCDE, *Public Research Institutions: Mapping Sector Trends*. París: OECD Publishing.
- 29 OCDE. (2013). *Commercialising Public Research: New Trends and Strategies*. París: OECD Publishing.
- 30 OCDE. (2014a). OECD Reviews of Innovation Policy: Colombia 2014. *OECD Reviews of Innovation Policy*. París: OECD Publishing.
- 31 OCDE. (2014b). *National Intellectual Property Systems, Innovation and Economic Development: With perspectives on Colombia and Indonesia*. París: OECD Publishing.
- 32 OCDE. (2016). Public research missions and orientation. En OCDE, *OECD Science, Technology and Innovation Outlook 2016*. París: OECD Publishing.
- 33 OCDE. (2018). *Science, Technology and Innovation Outlook 2018: Adapting to Technological and Societal Disruption*. París: OECD Publishing.



- 34 OCDE. (2019a). *Governance of Science and Technology Policies*. París: OECD Publishing.
- 35 OCDE. (2019b). *Colombian Economics Survey 2019*. París: OECD Publishing.
- 36 OCDE. (2020a). *OECD.AI Policy Observatory*. Obtenido de <https://oecd.ai/dashboards/policy-initiatives?conceptUris=http:%2F%2Fkim.oecd.org%2FTaxonomy%2FGeographicalAreas%23Colombia>
- 37 OCDE. (2020b). *OPSI COVID-19 Innovative Response Tracker*. Obtenido de https://oecd-opsi.org/covid-response/?_countries=colombia&per_page=100&sort=title_asc
- 38 OCDE. (2020c). *Main Science and Technology Indicators, 2020(1)*. París: OECD Publishing.
- 39 OCyT. (2020). *Indicadores de ciencia y tecnología 2019*. Bogotá: Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología.
- 40 Pabón, R. (2018). Apropiación social del conocimiento: una aproximación teórica y perspectivas para Colombia. *Educación y humanismo*.
- 41 RICYT. (05 de agosto de 2020). *Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología Interamericana e Iberoamericana*. Obtenido de <http://www.ricyt.org/en/category/en/indicators/>
- 42 SCImago. (05 de agosto de 2020). *The SCImago Journal y Country Rank*. Obtenido de <http://www.scimagojr.com/>
- 43 Shujahata, M., Sousab, M. J., Hussaina, S., Nawaza, F. y Wangc, M. (2019). Translating the impact of knowledge management processes into knowledge-based innovation: The neglected and mediating role of knowledge-worker productivity. *Journal of Business Research*.
- 44 Smith-Doerr, L., Alegria, S. N. y Sacco, T. (2017). How Diversity Matters in the US Science and Engineering Workforce: A Critical Review Considering Integration in Teams, Fields, and Organizational Contexts. *Engaging Science, Technology and Society*, 15.
- 45 SNCI. (08 de agosto de 2020). *Innovamos.gov.co*. Obtenido de <https://www.innovamos.gov.co/instrumentos/fabricas-de-productividad-regiones-produciendo-mas-y>
- 46 UNCTAD. (2020). *How COVID-19 is changing global value chains*. Obtenido de <https://unctad.org/news/how-covid-19-changing-global-value-chains>
- 47 Unesco Institute for Statistics. (05 de agosto de 2020). *Science, Technology and Innovation Indicators*. Obtenido de <http://data.uis.unesco.org/#>
- 48 WEF. (2019). *The Global Competitiveness Report 2019*. Ginebra: World Economic Forum.
- 49 WIPO Statistics Database. (05 de agosto de 2020). *World Intellectual Property Organization*. Obtenido de <https://www.wipo.int/ipstats/en/>