

SOFISTICACIÓN E INNOVACIÓN

La productividad —la eficiencia en la manera como se combinan recursos para crear un producto final— es el determinante más importante del crecimiento económico y, en general, del desarrollo de los países. Mayor productividad lleva a un mayor desarrollo empresarial y emprendimiento, que es fuente vital de innovación y generación de empleo. La innovación es el proceso mediante el cual las ideas se convierten en productos exitosos, nuevos bienes y servicios, y nuevos modelos de negocio y organizacionales. Es necesaria para hacer un mejor uso del capital natural y así asegurar la sostenibilidad y el crecimiento de largo plazo.

**SOFISTICACIÓN
E INNOVACIÓN**



**CIENCIA, TECNOLOGÍA E
INNOVACIÓN**



CRECIMIENTO VERDE



**PRODUCTIVIDAD Y
EMPREDIMIENTO**

CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN



Índice Global de Innovación. Puesto entre 129 países.

Fuente: Global Innovation Index (2019).

DATOS DESTACADOS*

1. Inversión

- La inversión en actividades de ciencia, tecnología e innovación (ACTI) creció **59,8 %** entre **2010** y **2018**. No obstante, solo llegó a **0,61 %** del PIB en **2018** y no se logró la meta planteada en el Plan Nacional de Desarrollo **2014-2018** de llegar al **1 %** del PIB.
- En **2018** la inversión privada financió el **67,4 %** de toda la inversión en ACTI. Por su parte, la inversión pública representó el **32,4 %** de la inversión, incluidas regalías.
- Hay falta de racionalización en programas y recursos con objetivos de CTI: existen duplicidades dentro y entre entidades, y cuatro entidades concentran el **64 %** de los instrumentos y el **70 %** del presupuesto. Esto significa que el **30 %** restante se distribuye entre **16** entidades y **107** instrumentos.

2. Generación de conocimiento

- En **2016** por cada millón de habitantes en Colombia había **88,5** investigadores. Este número es un tercio de los que hay en México y muy por debajo de los **1.232** investigadores por millón de habitantes en Argentina.
- Los investigadores en Colombia cuentan con menos recursos a su disposición: en **2016** el gasto promedio en I+D por investigador en América Latina fue de USD **71.000**, mientras que en Colombia fue de USD **58.000**.
- Existe un desfase entre los recursos asignados a ciertas áreas del conocimiento y sus resultados en términos de investigación: las áreas que más recursos reciben no necesariamente son las que mejores resultados obtienen.

3. Transferencia de conocimiento y tecnología (TCT)

- La mayoría de los investigadores en el país (**95,6 %**) están vinculados a instituciones de educación superior, lo que limita la transferencia de conocimiento hacia el sector productivo y el sector público.
- A pesar de que las solicitudes de patentes en el país aumentaron **22 %** en los últimos diez años, Colombia ocupa el penúltimo lugar en la región.

4. Innovación

- En **2016** el **21,7 %** de las empresas del sector manufacturero fueron clasificadas como innovadoras, tanto en sentido amplio como en sentido estricto. Para el sector servicios, en **2017**, fue el **19,1 %**.

PRINCIPALES RECOMENDACIONES

1. Asignar los recursos de CTI alrededor de misiones para enfrentar retos amplios de país.
2. Brindar una estructura apropiada al 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.
3. Establecer una política de Estado en CTI que garantice mantener en términos reales la inversión pública en ACTI.
4. Reformar los estímulos a la productividad académica para aumentar su calidad e impacto.
5. Fortalecer la institucionalidad para la protección de la propiedad industrial.
6. Fortalecer las habilidades gerenciales en las empresas.

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



PERFIL DE COLOMBIA EN MATERIA DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN

Tema	Indicador	Valor Colombia 2019	Ranking en América Latina 2019	Mejor país en América Latina 2019 (valor)	Fuente
Inversión	Inversión en ACTI (% del PIB)	0,65 % ²	8 de 12	Costa Rica (2,36 %)	RICYT
	Inversión en I+D (% del PIB)	0,2 % ²	9 de 16	Brasil (1,3 %)	Unesco Institute for Statistics
	% de I+D financiado por el sector empresarial	49,3 % ²	1 de 11	Colombia	Unesco Institute for Statistics
Generación de conocimiento	Investigadores por millón de habitantes	88,5 ¹	10 de 14	Argentina (1.233)	Banco Mundial
	Artículos en revistas científicas y tecnológicas por cada 100.000 habitantes	16,7 ¹	5 de 16	Chile (25,2)	Banco Mundial
Transferencia de conocimiento y tecnología	Número de patentes otorgadas a residentes por millón de habitantes	3,4 ²	4 de 11	Chile (9,0)	WIPO-Banco Mundial
	Pagos por uso de propiedad intelectual (% total de comercio exterior)	0,12 % ²	5 de 11	Brasil (0,27 %)	Banco Mundial
	Colaboración multiactor para desarrollar investigación (de 1 a 7)	3,7	3 de 17	Costa Rica (3,8)	WEF
Innovación	Tasa de eficiencia de la innovación (resultados de innovación / insumos de innovación)	0,46	12 de 16	Costa Rica (0,68)	Global Innovation Index
	Índice de Complejidad Económica	0,02	9 de 17	México (1,27)	Center for International Development

Nota: 1. Datos correspondientes al año 2016. 2. Datos correspondientes al año 2017.



La innovación es central para el aumento de la productividad y para el crecimiento económico de los países³. Es así como aquellos que han facilitado la generación de conocimiento y su efectiva transferencia hacia el sector productivo han logrado mayores tasas de crecimiento. Esto requiere un sistema nacional de innovación enfocado en las capacidades de las empresas para adoptar o desarrollar nuevos procesos o productos que mejoren la sofisticación y diversificación del aparato productivo.

Colombia no ha logrado los avances esperados en innovación en los últimos años. El nivel de inversión en ACTI está por debajo de la meta país y del promedio de la región, lo que, aunado a la atomización de recursos en entidades y actividades sin evaluación, no ha llevado a los resultados deseados. A pesar de que el país ha aumentado el número de investigadores y productos de investigación, aún se en-

cuentra por debajo de los países de la región, y existe un débil vínculo con el sector productivo. Es necesario fortalecer las capacidades de comercialización de tecnología y su uso por parte del sector productivo, que mantiene bajos niveles de innovación durante los últimos diez años.

Este capítulo contiene cuatro secciones que contienen insumos y productos que hacen parte de un sistema nacional de innovación. La primera sección aborda la inversión del país en CTI en los últimos diez años y el arreglo institucional. La segunda presenta el lado de la oferta, es decir, generación de conocimiento y tecnología. La tercera analiza el desempeño nacional en cuanto a transferencia de conocimiento y tecnología (TCT), y la cuarta revisa el estado de la demanda, entendida como innovación en empresas. En cada una de estas secciones se hacen recomendaciones puntuales para fortalecer el sistema de innovación en el país.

3. Ver capítulo Productividad y emprendimiento.



INVERSIÓN

La inversión en ACTI creció 59,8 % entre 2010 y 2018, pasando de COP 3,2 billones a COP 5,2 billones. No obstante, no se logró la meta planteada en 2014 en el Plan Nacional de Desarrollo de llegar al 1 % del PIB⁴. De hecho, desde 2013 la inversión en ACTI ha caído como porcentaje del PIB: pasó de 0,79 % en ese año a 0,61 % en 2018. 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 2010-2018 aumentó notablemente la inversión privada en ACTI, al punto que en 2018 financió el 67,4 % de toda la inversión en esta materia. Por el contrario, la inversión pública creció solamente 12 % y representó el 32,4 % de la inversión, incluidas regalías⁵. La volatilidad de estas ha llevado 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).

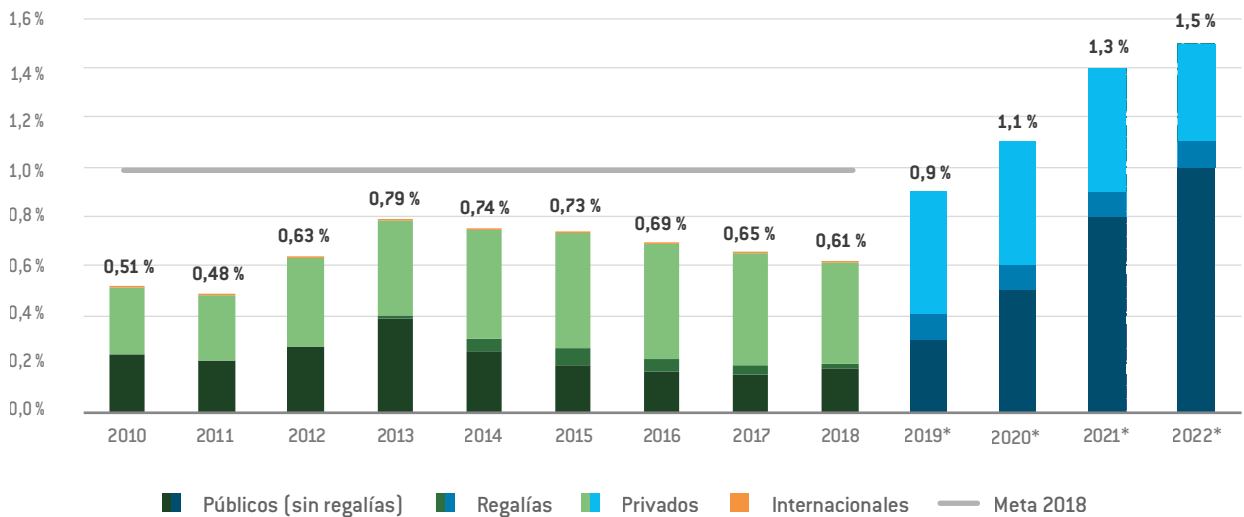
Por su parte, la inversión de las instituciones de educación superior (IES) creció hasta 2014, momento a partir del cual ha caído. En 2018 estuvo, en términos reales, en un nivel inferior al de 2010, lo que explica que su participación en el total haya caído de 22,7 % en 2010 a 12 % en 2018.

En cuanto a I+D, Colombia incrementó la inversión en términos reales 62,1 % entre 2010 y 2018, pero desde 2014 hay una tendencia a la baja y actualmente se encuentra en niveles similares a los de 2013. Esto es preocupante ya que en 2017 en el país la inversión en I+D como porcentaje del PIB se encontraba en 0,24 %, por debajo del promedio de la región (0,64 %), y de Brasil (1,27 %), Argentina (0,55 %) y Uruguay (0,49 %). Los líderes en el mundo, Israel y Corea del Sur, invierten más del 4 % de su PIB en I+D, y los países de la OCDE, 2,02 % en promedio (UIS, 2019).

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 37,4 % de la inversión en 2010 a 72,2 % en 2018, con un aumento en términos reales del 90 %.

Gráfica 1. Financiación de las ACTI como % del PIB y según tipo de recurso. Colombia, 2010-2018. Proyección de inversión en ACTI 2019-2022.

La inversión en ACTI aumentó 59,8 % entre 2010 y 2018, sobre todo por incrementos en la inversión privada. Sin embargo, no se logró la meta planteada en 2014 de llegar al 1 % del PIB.



* Valores para 2019-2022 proyectados en el Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022.

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

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

5. El OCyT se encuentra en proceso de revisión de las cifras de inversión en ACTI para 2016, 2017 y 2018.

INVERSIÓN



Existen tres niveles de apoyo público en CTI: 1) Nivel estratégico que se materializa en una política de Estado con visión de largo plazo que va más allá del gobierno en turno; 2) Nivel de diseño de política para aterrizar la visión estratégica; y 3) Nivel de ejecución de política, idealmente a través de agencias especializadas independientes en su dirección y funcionamiento del ciclo político. En Colombia estos tres niveles son incompletos o se confunden entre sí, lo que lleva a falta de claridad en la estrategia y de impacto en los instrumentos y programas establecidos, así como a cambios en cada ciclo político tanto de estrategia como de personal.

En 2015 el Banco Mundial realizó un análisis de gasto público en CTI que encontró traslape de funciones y duplicidades entre las entidades del Sistema Nacional de Competitividad e Innovación (SNCI), baja especialización y atomización del gasto, así como una alta concentración en subsidios y baja capacidad de coordinación entre los instrumentos de intervención (Banco Mundial, 2015). En 2019, el Departamento Nacional de Planeación (DNP) y la Presidencia de la República repitieron el ejercicio y encontraron que los mismos problemas persisten. Se identificaron 211 instrumentos con objetivos de CTI en 20 entidades, con un presupuesto asignado para ese año de cerca de COP dos billones corrientes (incluyen los recursos del Sistema Ge-

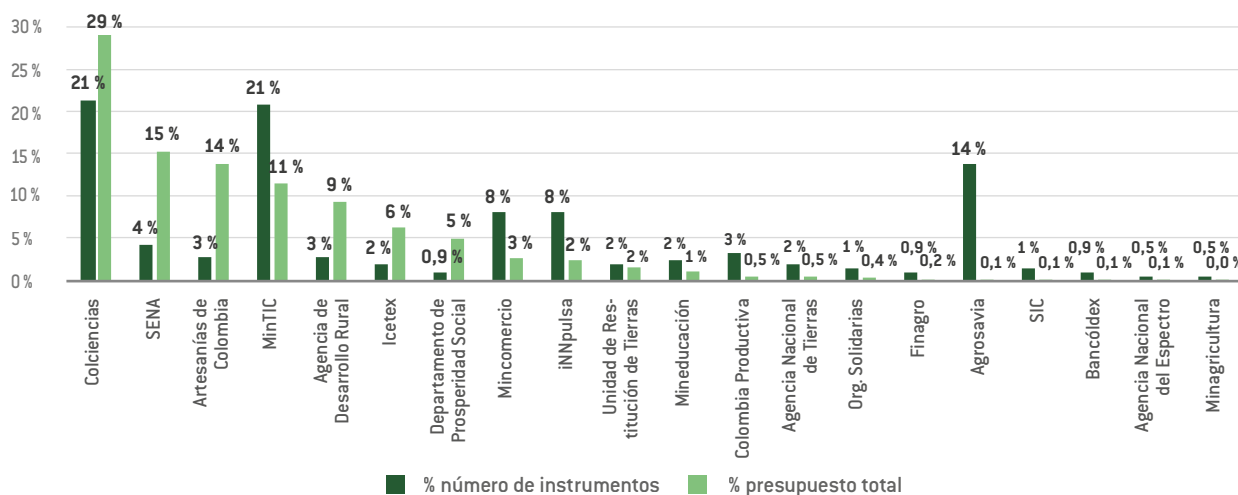
neral de Regalías). Ahora bien, cuatro entidades concentran el 64 % de los instrumentos y el 70 % del presupuesto. Esto significa que el 30 % restante se distribuye entre 16 entidades y 107 instrumentos (Gráfica 2) (DNP y Presidencia de la República, 2019).

No es evidente a qué criterios obedece la distribución de presupuesto ni de instrumentos. Adicionalmente, son contados aquellos que cuentan con evaluaciones de resultados o de impacto que provean información sobre su pertinencia y efectividad. La OCDE señala que las evaluaciones existentes no están diseñadas para generar evidencia sobre la eficacia de los mecanismos de intervención, no indican medios alternativos para alcanzar las metas deseadas y tampoco identifican nuevas necesidades de intervención (OCDE, 2014a).

La Ley 1951 de 2019 creó el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación con el objetivo de formular la política pública de CTI del país, así como impulsar el desarrollo científico y tecnológico y la innovación de la nación y garantizar las condiciones necesarias para que los desarrollos científicos, tecnológicos e innovadores se relacionen con el sector productivo y favorezcan la productividad y la competitividad. La adecuada estructuración y provisión de recursos de este ministerio puede ayudar a ordenar los instrumentos con objetivos de CTI y propender a su efectividad e impacto.

Gráfica 2. Distribución de instrumentos y presupuesto con objetivos de CTI por entidad (% del total). Colombia, 2019.

Existe un alto número de instrumentos de CTI en múltiples sectores y entidades, sin una visión de conjunto o información sobre su impacto que fundamente la asignación de recursos. Esta atomización reduce su efectividad y dificulta la articulación.



Fuente: Presidencia de la República y DNP (2019).



INVERSIÓN

RECOMENDACIONES

Acción pública. Establecer una política de Estado en CTI que garantice mantener en términos reales la inversión pública en ACTI.

Es necesario actualizar la política de Estado respecto a CTI, de modo que su punto central sea dar foco y asegurar la financiación de las ACTI para darles permanencia. En este sentido es importante que el CONPES de CTI que está planeado para 2020 construya sobre el proyecto adelantado en 2016 y se articule con las recomendaciones de la Misión de Sabios y la Política de Desarrollo Productivo (CONPES 3866).

Consolidar un sistema nacional de innovación requiere mayores inversiones en ACTI por parte del sector privado y el sector público. 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 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. En caso de que la Ley 1286 de 2009 se derogue con la creación del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, la normatividad que la sustituya debe incluir este precepto.

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 invertidos por el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación a través del Fondo Francisco José de Caldas 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 (ver siguiente recomendación).

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

El DNP y la Presidencia de la República han avanzado en mejorar los instrumentos y la inversión en programas e instrumentos con objetivos de CTI, y han desarrollado una metodología de articulación ("Articulación para la competitividad" – ArCo) para racionalizar la oferta de modo que sea más efectiva y eficiente. Este trabajo ha contado con la participación de las entidades que hacen parte del Sistema Nacional de Competitividad e Innovación y es un buen ejemplo de generación de capacidades para mejorar la oferta de manera continua. Es importante continuar esta iniciativa y que el Gobierno Nacional continúe brindando el apoyo a su correcta implementación.

Un elemento central de la metodología es utilizar el Marco de Inversión en CTI para lograr mayor articulación. Este instrumento permitiría aumentar la inversión pública en CTI al establecer unos niveles mínimos de inversión en ACTI y organizar la oferta institucional de cara al usuario. 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 para que, en el marco del Plan Operativo Anual de Inversiones (POAI), cada entidad analice la funcionalidad de sus instrumentos. Una vez cumplido el proceso de diseño, cada instrumento será avalado por una Junta Estratégica en CTI en la que se presentarán los programas e instrumentos que ejecutarán las distintas entidades. Esta instancia permitirá identificar posibles duplicidades o sinergias entre la oferta institucional de cada entidad, y los instrumentos avalados harán parte de un Plan de Instrumentos Anual como anexo de los proyectos de inversión, similar al Plan Anual de Convocatorias de Colciencias. La suma de estos anexos será el Marco de Inversión en CTI. De esta forma se asegura el correcto diseño, articulación y seguimiento a los instrumentos, y se da certeza a los usuarios sobre la oferta disponible cada año.



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.

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: 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: (1) 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; (2) 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; (3) contar con una plataforma digital de información a nivel central para generar y actualizar los indicadores de funcionalidad y eficiencia y mejorar así la gestión presupuestaria y administrativa de los instrumentos (ver siguiente recomendación); (4) utilizar las interventorías para levantamiento y actualización de información; y (5) exigir a los beneficiarios que provean información básica de uno a cinco años posterior a su participación en los programas (Banco Mundial, 2015). Por último, es necesario que los resultados de estas evaluaciones sean presentados a la Junta Estratégica en CTI mencionada en la recomendación anterior para definir si el instrumento continúa o no en el marco del Marco de inversión en CTI.

Acción pública. Fortalecer y profundizar el uso del Portal de Innovación, www.innovamos.gov.co.

Desde 2014 el Gobierno ha avanzado en el Portal de Innovación www.innovamos.gov.co, que en este momento presenta la oferta institucional para CTI, pero aún no es transaccional. Para lograr una mayor efectividad de los instrumentos de

CTI, es necesario que el portal sea el punto de inscripción único a los programas y convocatorias del Gobierno. Esto facilitará el acceso a los usuarios y permitirá a las entidades gubernamentales hacer seguimiento a los beneficiarios e interesados. Esto puede hacer más sencilla la evaluación de los programas al crearse un repositorio central con la información tanto de beneficiarios de distintos programas como de postulantes.

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.

El retorno a la inversión en ACTI en los países en desarrollo se ve limitado por las capacidades existentes y el entorno en el que se lleva a cabo esa inversión. Si no se establece una mezcla de instrumentos 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 de menor a mayor sofisticación en la medida en que las capacidades de innovación aumenten. De acuerdo con Cirera y Maloney (2017), en una primera etapa en la que el sistema nacional de innovación es incipiente, es necesario hacer énfasis en el ambiente para el desarrollo empresarial y competencia, prácticas gerenciales, desarrollo de habilidades en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM, por sus siglas en inglés), infraestructura de calidad e incubación de emprendimiento. En una segunda etapa, las políticas pueden incluir extensionismo tecnológico, centros de desarrollo tecnológico, financiación para I+D empresarial, financiación a colaboración universidad-empresa, apoyo a las exportaciones y aceleración de emprendimientos.



INVERSIÓN

En la tercera etapa de madurez del sistema nacional de innovación los instrumentos de política se enfocan a programas de I+D de largo plazo, proyectos de innovación colaborativa y apoyos a la comercialización de ciencia y tecnología. 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.

Acción pública. Asignar los recursos de CTI alrededor de misiones para enfrentar retos amplios de país.

Actualmente existe un desfase entre los recursos asignados por área del conocimiento, sus resultados y su aporte a la solución de problemas prioritarios para el país. Es necesario aprovechar la creación del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación para generar capacidades y focalizar los recursos alrededor de misiones y evitar la financiación atomizada para pequeños proyectos desconectados en diferentes entidades o grupos de investigación. La política de innovación orientada por misiones busca poner a la ciencia, tecnología e innovación al servicio de la solución de grandes retos nacionales y así fomentar el crecimiento inteligente (Navarro, Benavente y Crespi, 2016). Para implementar una política de innovación orientada por misiones se requiere desarrollar capacidades, competencia y experiencia en el Estado distintas a las que tiene actualmente, de modo que pueda cumplir su rol de coordinar y dar dirección a distintos actores en la formulación e implementación de estas políticas (Mazzucato, 2017). Las recomendaciones que entregó la Misión de Sabios en diciembre de 2019 pueden servir para definir y delimitar los grandes retos alrededor de los cuales puede orientarse el trabajo del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación. La asignación de recursos en torno a misiones cumple un propósito adicional de economía política, ya que puede movilizar recursos adicionales al presentarse una visión de largo plazo (Bloom, Van Reenen y Williams, 2019).

Un mecanismo para movilizar recursos alrededor de misiones es crear fondos temáticos con recursos estables y concursables dentro del Fondo Francisco José de Caldas a los que puedan acceder diferentes actores del sistema para aportar a la solución de los retos identificados.

Acción pública. Brindar una estructura apropiada al 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.

Para lograr una mayor relevancia de la CTI en el desarrollo del país, es deseable que el nuevo Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación se concentre en cuatro áreas específicas: formación de talento, investigación de excelencia, colaboración entre industria e investigadores y transferencia de conocimiento y tecnología, e innovación por I+D empresarial. El adecuado desarrollo de estas áreas requiere que el Ministerio cuente con la estructura y las capacidades necesarias, sobre todo en cuanto a gestión de recursos.

La consecución y administración de COP 16 billones (1,5 % del PIB proyectado para 2022) no es tarea sencilla y no es una capacidad hoy instalada en Colciencias. Lograr los objetivos que se plantean para el nuevo Ministerio requiere una función financiera dedicada y agresiva. En materia de administración de recursos, el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación debe coordinar las asignaciones de fondos públicos nacionales y la destinación de bolsas sectoriales o temáticas, cofinanciar proyectos prioritarios con el sector privado sin desplazar recursos privados, diseñar incentivos para aumentar las fuentes de recursos e innovar en instrumentos de financiación, y liderar la agregación de fuentes o dedicación específica de forma eficaz para movilizar recursos (*blended finance*). Para esto se recomienda que el Ministerio se encargue de la definición de política y que en su estructura se incluya una entidad ejecutora que además tenga las funciones de búsqueda de recursos y estructuración de proyectos orientados por misiones (OCDE, 2016). El Fondo Francisco José de Caldas, adscrito al Ministerio, puede desempeñar ese rol de entidad ejecutora de programas y gestora de recursos en la medida en que se le otorguen personería jurídica y personal adecuado.

Respecto a la coordinación con otros actores de CTI, es importante tener presente que los sistemas de innovación nacionales comprenden un grupo amplio de actores: empresas, organizaciones que realizan investigación, Gobiernos y una variedad de otras instituciones, tanto a nivel nacional como regional. El Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación debe propender por una política más integral que incluya tanto oferta como demanda (empresas) y actores dedicados a la transferencia (OCDE, 2014a).



GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO

En 2016 por cada millón de habitantes en Colombia había 88,5 investigadores. Este número solo supera a Guatemala, Panamá, Honduras y El Salvador en la región y es un tercio de los que hay en México y muy por debajo de los 1.232 investigadores por millón de habitantes en Argentina. En los países de la OCDE hay más de 4.000, y en Dinamarca, el líder mundial, 7.457, como se observa en la Gráfica 3.

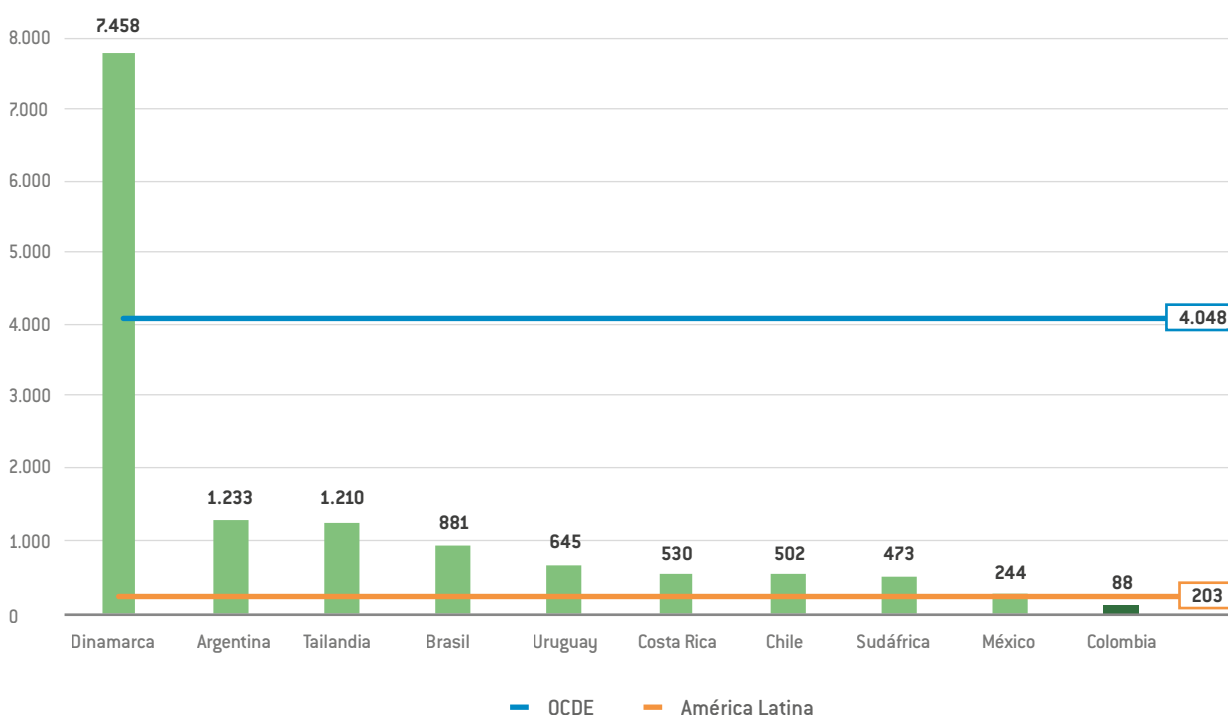
En 2017 se graduaron 770 doctores y 25.351 magísteres de programas nacionales, lo que representa un aumento de cinco veces en el número de doctores y de cuatro veces en magísteres en los últimos diez años. En el mismo periodo las becas y los créditos para posgrado se duplicaron y llegaron a 4.446 becas o créditos para maestría y a 981 para doctores en 2017. Sin embargo, estos esfuerzos para contar con más investigadores en el país no son suficientes. En cuanto a becas, los esfuerzos están concentrados en Colciencias, que entre 2008 y 2017 ofreció el 77,4 % de

las becas y créditos para doctorado, y el 22,5 % para maestrías (OCyT, 2019). Esto introduce un elemento de incertidumbre a la continuidad de los programas ante variaciones en el presupuesto de la entidad. Adicionalmente, las becas a posgrados significaron el 70 % del presupuesto de la entidad, lo que reduce su capacidad de acción para fortalecer los programas de I+D, la infraestructura científica y los institutos públicos, entre otras actividades.

Por otra parte, los investigadores en Colombia tienen menos recursos a su disposición en cuanto a infraestructura y de recursos financieros para realizar investigación. En 2016 el gasto promedio en I+D por investigador en América Latina fue de USD 71.000, mientras que en Colombia fue de USD 58.000. Estas limitaciones hacen que el país sea menos atractivo para investigadores extranjeros y para colombianos que actualmente se encuentran en el exterior (RICYT, 2019).

Gráfica 3. Número de investigadores por cada 1.000.000 habitantes. Colombia y países de referencia, 2016.

Colombia tiene un bajo número de investigadores. A pesar del aumento en los últimos años, aún está por debajo del promedio de la región y lejos de países como Argentina o Brasil. Adicionalmente, los recursos con los que cuentan son menores que en otros países, lo que reduce el atractivo del país para recibir capital humano ya formado.



Fuente: Unesco Institute for Statistics (2019).



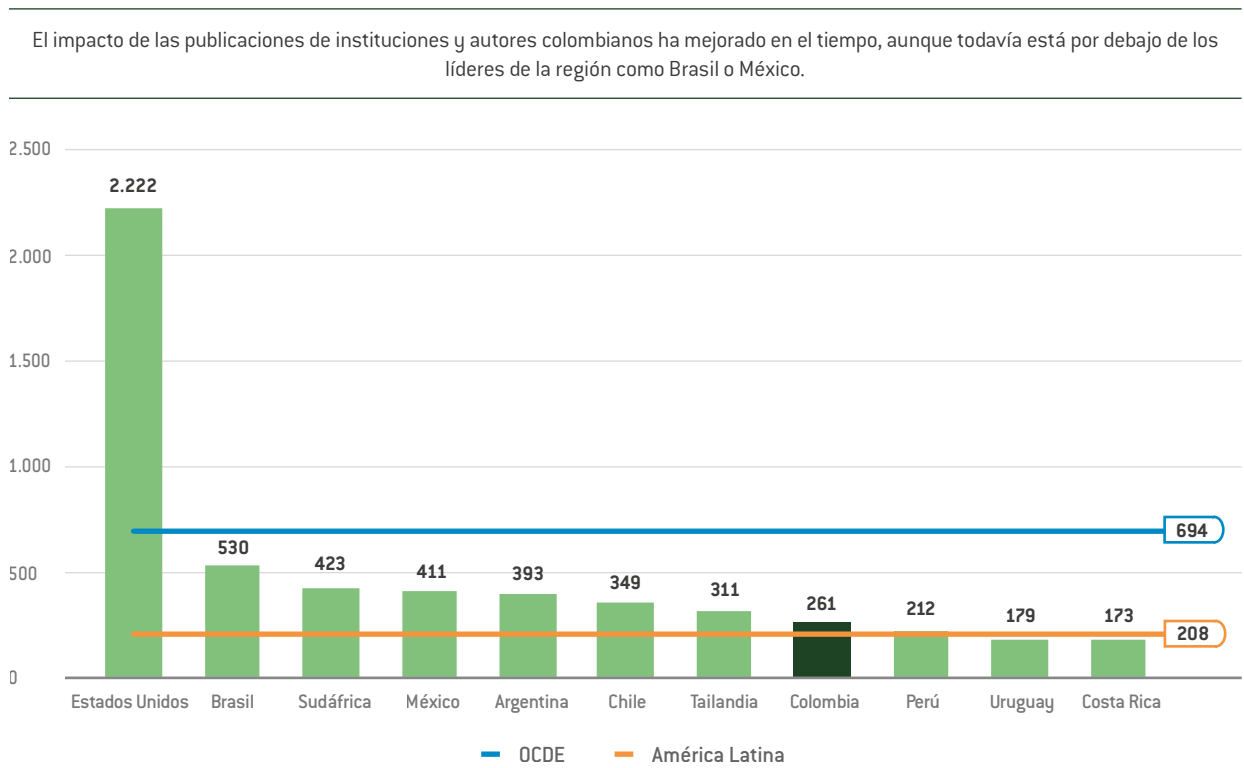
GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO

En cuanto a producción bibliográfica en el país, en los últimos años el número de artículos de autores vinculados a instituciones colombianas en revistas indexadas en Web of Science y Scopus aumentó considerablemente, al pasar de 5.234 en 2008 a 15.405 en 2017. El país también mejoró en cuanto al número de artículos científicos y técnicos por cada mil millones de PIB (PPP). En 2015 ocupó el octavo puesto en la región, y en 2016 subió al quinto puesto con 16,7 artículos por mil millones de PIB. El primer lugar lo ocupa Chile con 25,2 artículos, seguido de Brasil con 23,7 artículos. En la OCDE el promedio es de 27,7 publicaciones científicas y tecnológicas por cada mil millones de PIB.

En cuanto al Índice H, que mide la productividad e impacto de la producción científica de un país, Colombia ocupa el quinto lugar en la región, por debajo de Brasil, México, Argentina y Chile (Gráfica 4). En los últimos tres años mejoró dos posiciones, lo que refleja el esfuerzo realizado por Col-

ciencias por mejorar los estándares de calidad científica y editorial e incrementar el impacto de las publicaciones científicas nacionales. En 2014 había 542 revistas indexadas en el Índice Bibliográfico Nacional (IBN Publindex), de las cuales tan solo el 13,8 % se encontraban incluidas en Índices Bibliográficos Citacionales (IBC)⁶. A partir de los ajustes a Publindex realizados en 2016, se redujo el número de revistas indexadas a 100 (de 604 inscritas) y se ajustó la clasificación para reflejar de mejor manera su estado. En 2017 se avalaron 583 revistas, de las cuales 246 fueron clasificadas. Con estos cambios aumentó además la correspondencia entre el número de revistas indexadas por Publindex y el número de revistas registradas en el directorio Ulrich's Periodicals Directory, que es la principal base de datos bibliográfica global. Mientras que en 2010 el 61 % de las revistas indexadas en Publindex se encontraba en el directorio internacional, en 2017 fue el 89 %.

Gráfica 4. Índice H para Colombia y países seleccionados, 2018.



*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. Fuente: Scimago Research Group (2019).

6. Journal Citation Report y Scimago Journal Ranking.

GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO

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 investigadores activos (36,3 %). Sin embargo, esta área tiene la menor proporción de grupos de investigación de alta calidad, es decir, aquellos clasificados por Colciencias como A1; además, tiene una menor tasa de revistas indexadas en Pubindex como A1. En contraste, las ciencias naturales y exactas, a las que se destina el 15,1 % de las becas o cré-

ditos para posgrado, tienen el mayor porcentaje de grupos de investigación clasificados como A1 (14 %) y de revistas indexadas en A1 (11 %) de todas las áreas del conocimiento (Tabla 1). 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.

Tabla 1. Generación de conocimiento según área de la ciencia y la tecnología (OCDE). Colombia, 2017.

Área de la ciencia y la tecnología	% de becas/crédito para maestría o doctorado	% de investigadores activos	% de grupos de investigación clasificados A1 del total de grupos del área*	% de revistas indexadas A1 del total de revistas del área
Ciencias sociales y humanidades	48,4 %	36,3 %	6,5 %	3 %
Ingeniería y tecnología	22,9 %	19,5 %	13,1 %	3 %
Ciencias naturales y exactas	15,1 %	23,3 %	14,0 %	11 %
Ciencias agrícolas	7,1 %	4,8 %	11,4 %	0 %
Ciencias médicas y de la salud	6,5 %	16,1 %	11,4 %	6 %
TOTAL	100 %	100 %	10 %	4 %

* Corresponde a 2016.

Fuente: OCyT (2019). Cálculos: CPC.



GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO

RECOMENDACIONES

Acción pública. Desarrollar habilidades de investigación desde la educación básica.

El nivel y la calidad de la educación y la actividad de investigación son determinantes de la capacidad de innovación de un país. Por tanto, una política de desarrollo de talento que asegure el recurso humano futuro y la cultura de innovación debe brindar las bases y habilidades necesarias para resolver problemas, desarrollar procesos y adoptar nuevas tecnologías. Los programas Ondas de Colciencias o Clubes de Ciencia son un primer paso, pero para lograr una verdadera apropiación social de la ciencia es necesario que los proyectos y la experiencia en investigación no sean solo durante algunas tardes o semanas al año, sino que hagan parte del currículo escolar. Esto requiere además capacitar a los docentes en estos temas y brindarles los métodos y recursos pedagógicos más actualizados y efectivos. Es importante además hacer visibles a más personas dedicadas a la investigación de modo que sirvan de referente y de ejemplo a los estudiantes.

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.

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

La investigación pública, es decir, aquella que es llevada a cabo por instituciones públicas de investigación o financiada con recursos públicos, 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 actores 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 de tecnologías facilitantes que son necesarias para aumentar la productividad de la industria y resolver problemas de la sociedad.

Actualmente, Colombia cuenta con 21 institutos públicos de investigación y desarrollo tecnológico especializados en temas como ambiente, salud, defensa, cultura y sociedad, industria y comercio, justicia, agropecuario, minas y energía, y estadísticas. Es necesario revisar su mandato y hacerlo más acorde a las necesidades de la sociedad, y 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, 2018a).

Una vez afinados la misión y el número de 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, así como 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 así como requisitos de interdisciplinariedad y colaboración con universidades, sector privado y organizaciones internacionales, así como generación de capital humano acorde a las necesidades de la industria y en la industria (OCDE, 2014b). Se recomienda establecer un modelo que asegure financiación base para el desarrollo de agendas de investigación de mediano y largo plazo, además de un componente de fondos sectoriales o temáticos concursables.



TRANSFERENCIA DE CONOCIMIENTO Y TECNOLOGÍA (TCT)

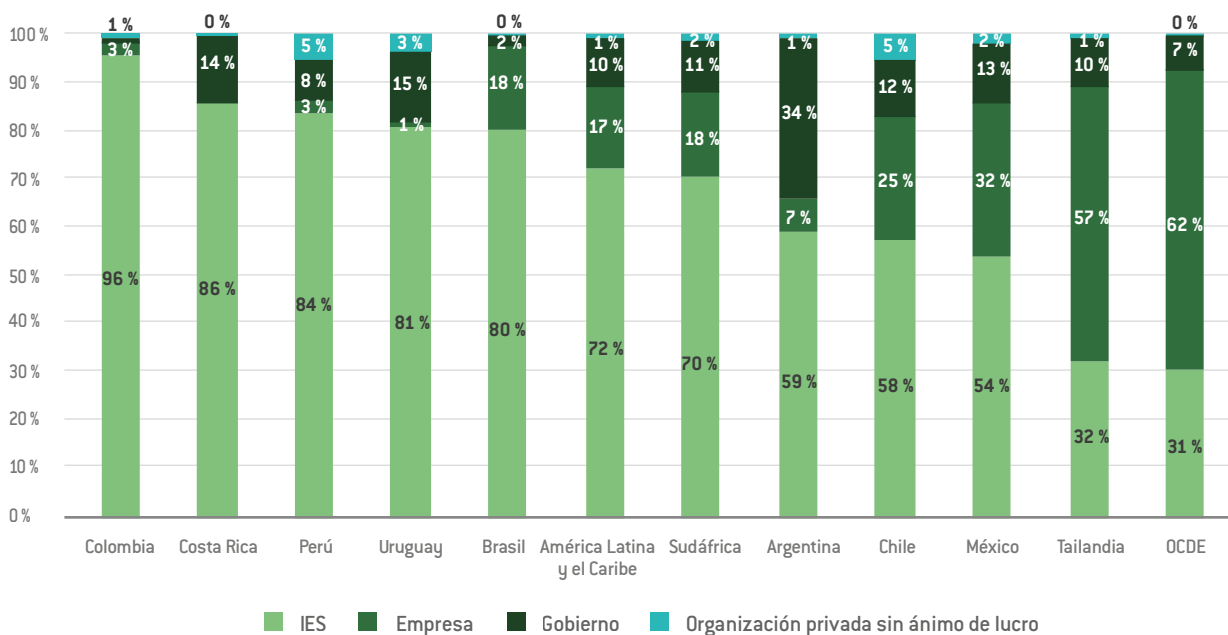
La transferencia de conocimiento y tecnología (TCT) es el vínculo entre la oferta y la demanda en los sistemas de innovación. Sucede a través de varios canales, tanto formales como informales, que dependen del campo científico y del sector productivo⁷ (OCDE, 2013a).

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 72,2 % de los investigadores están vinculados a IES, 16,6 % a empresas y 10,2 % al Gobierno. En los países de la OCDE, el 30,9 % de los investigadores están en la academia, mientras que el 61,8 % trabaja en empresas y el 7,2 % en el Gobierno.

La Gráfica 5 muestra que la principal fuente de empleo de investigadores colombianos es la academia (95,6 % de los investigadores), mientras que las empresas y el Gobierno vinculan la menor cantidad de investigadores: 2,6 % 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. En el Índice Global de Competitividad, Colombia ocupa el puesto 70 entre 141 países en colaboración multiactor para innovación, trece puestos por debajo de su posición general. Esto se muestra en los resultados de la EDIT, donde en 2019 solo el 4 % de las empresas se relacionó con la academia para el desarrollo de actividades científicas, tecnológicas o de innovación (WEF, 2019).

Gráfica 5. Vinculación laboral de investigadores por sector (% del total de investigadores). Colombia y países de referencia, 2017.

La mayoría de los investigadores en el país están vinculados a instituciones de educación superior, lo que limita la transferencia de conocimiento hacia el sector productivo y el sector público.



Nota: El dato para Chile y México corresponde a 2016, para Brasil a 2014, y para Sudáfrica y OCDE a 2015.

Fuente: OCDE (2019) y RICYT (2019).

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 (TCT)

Otro de los canales formales para la TCT son las patentes de invención, los modelos de utilidad y los diseños industriales. Las patentes de invención indican el número de invenciones nuevas y de aplicación comercial en un país, así como las oportunidades de explotarla comercialmente. En Colombia, entre 2008 y 2017 el número de solicitudes de patentes aumentó 22 %: mientras que en 2008 se presentaron 1.944 solicitudes, en 2017 fueron 2.372. Durante este periodo se presentaron 3.555 solicitudes de patentes vía nacional y 17.810 vía TCP⁸. El número de patentes presentadas vía nacional se triplicó en el periodo, al pasar de 220 en 2008 a 680 en 2017. La proporción de solicitudes de residentes también aumentó, al pasar de 51,4 % a 84,9 % del total de solicitudes vía nacional. Esto ha hecho que caiga el índice de dependencia⁹ de 15,2 en 2008 a 3,0 en 2017. Respecto a la tasa de concesión, entre 2008 y 2017 se concedieron 30 % de las solicitudes presentadas vía nacional y 56,7 % de las presentadas vía TCP.

Sin embargo, Colombia aún se encuentra por debajo del promedio de la región en cuanto a solicitudes de patentes por PIB (Gráfica 6). Mientras que el líder mundial, Corea del Sur, presenta 152,14 solicitudes de patentes por unidad de PIB, los países de la OCDE presentan 27 y México y Brasil alrededor de 12, Colombia presenta 6,3 solicitudes (Gráfica 6). Esto es consecuente con el bajo nivel de inversión en I+D y de colaboración de la universidad con el sector privado, que sirven como indicadores de la capacidad del sistema para desarrollar invenciones patentables, independientemente del estado del sistema de propiedad intelectual del país (OCDE, 2014b).

En cuanto a modelos de utilidad¹⁰, el número de solicitudes tanto de residentes como de no residentes presentadas vía nacional creció 5 % entre 2008 y 2017. Por su parte, las solicitudes presentadas vía TCP se duplicaron en el periodo. De estas solicitudes, 44,1 % de las presentadas vía nacional y 81,6 % de las

presentados vía TCP fueron concedidas. Finalmente, 91,6 % de los diseños industriales¹¹ presentados entre 2008 y 2017 ante la Superintendencia de Industria y Comercio fueron concedidos.

En los últimos años los esfuerzos de política pública han estado dirigidos a fomentar la presentación de solicitudes de patentes y, en ese sentido, han sido exitosos. Sin embargo, las solicitudes de patentes muestran invención pero no dan cuenta de su explotación comercial o aplicación. Los ingresos provenientes del licenciamiento muestran el uso por parte del sector productivo. En Colombia, los ingresos por pagos de propiedad intelectual son 0,12 % del comercio total. El promedio regional es de 0,11 %, y en países como Brasil o Argentina, de alrededor de 0,26 %. En la OCDE son el 2,4 %, mientras que en Suiza, el mejor del mundo, representan el 5,6 % del comercio total (Gráfica 7).

Un problema para la apropiación de los beneficios de las patentes está en la protección efectiva de los derechos. Los jueces tienen poco conocimiento técnico sobre el tema de propiedad industrial (PI) y la resolución de casos es demorada, tanto por las limitaciones del sistema judicial en general¹² como por demoras adicionales causadas por la precedencia que tienen los casos penales sobre casos civiles (OCDE, 2014b). Para resolver este cuello de botella, desde 2012 las oficinas de propiedad intelectual pueden actuar como poder judicial en estos temas. Sin embargo, requieren de recursos adecuados para ser efectivas.

La TCT involucra también la adquisición y difusión de tecnología del exterior. Las importaciones de alta tecnología en Colombia han fluctuado entre 13 % y 18 % del comercio total entre 2011 y 2017. Con esto, el país ocupa el tercer lugar en la región, detrás de México y Paraguay. La inversión extranjera directa es uno de los mecanismos para adquisición de tecnología del exterior, y su efectividad depende del sector y del eslabón de la cadena en la que participa.

8. El Tratado de Cooperación en Materia de Patentes (TCP) ofrece asistencia a los solicitantes que buscan protección internacional por patente para sus invenciones y asiste a las oficinas en las decisiones sobre el otorgamiento de patentes. Al presentar una solicitud internacional de patente según el TCP, la invención puede quedar protegida en 152 países que hacen parte del Tratado. Es una medida de los vínculos internacionales, que son una manera efectiva de aumentar el retorno a la investigación.

9. El índice de dependencia mide el número de solicitudes de patentes de no residentes respecto al número de solicitudes de patentes de residentes.

10. Las patentes de modelo de utilidad se refieren a una mejora técnica de un aparato, herramienta, dispositivo o maquinaria. Tienen como requisito la novedad y aplicación industrial.

11. Los diseños industriales protegen la forma externa o la apariencia estética de un objeto; deben ser novedosos, y su protección es por 10 años.

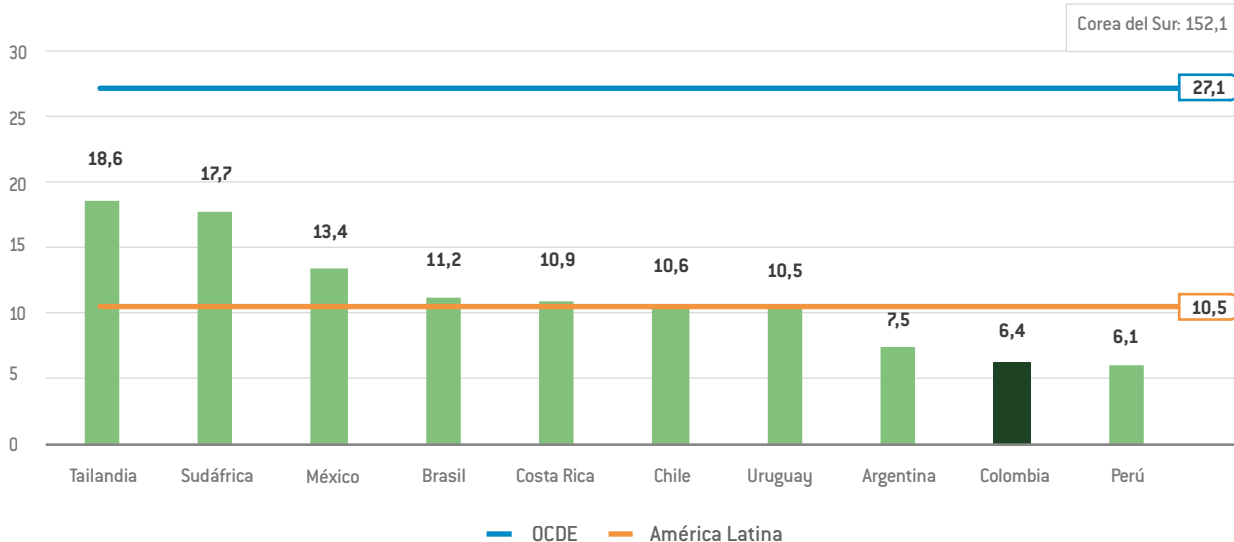
12. Ver capítulo Justicia para más detalle sobre las demoras en la solución de casos en el sistema judicial.



TRANSFERENCIA DE CONOCIMIENTO Y TECNOLOGÍA (TCT)

Gráfica 6. Solicitudes de patentes (solicitudes de patentes/miles de millones de PIB). Colombia y países de referencia, 2017.

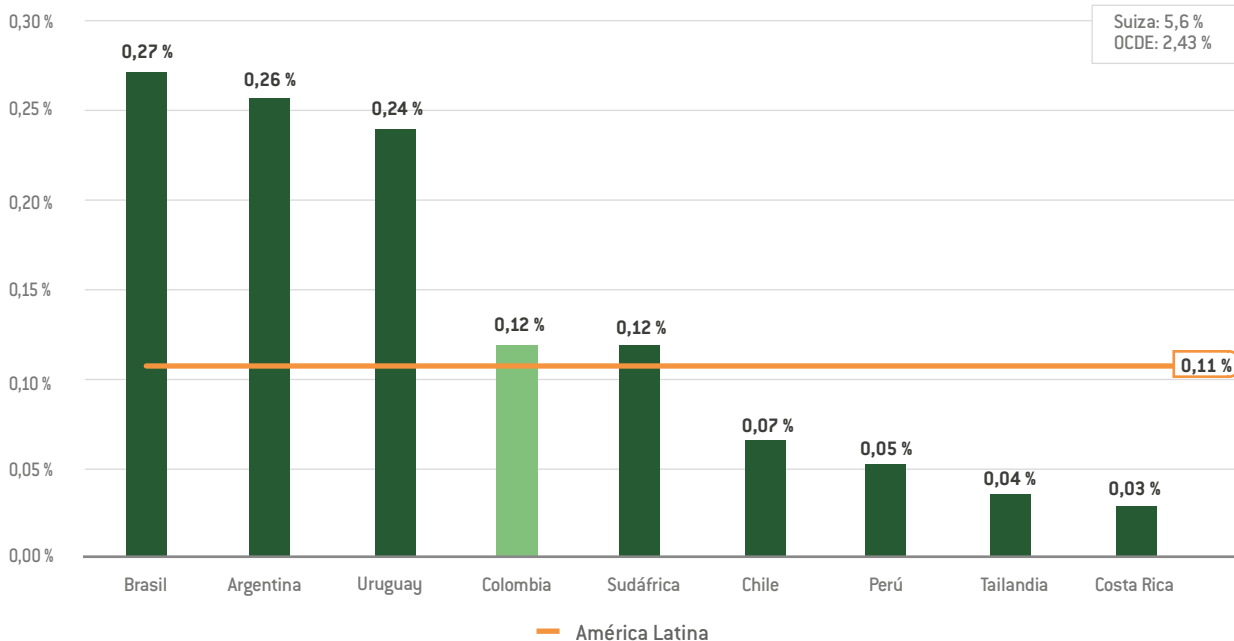
A pesar del aumento significativo en el número de solicitudes de patentes en el país en los últimos años, Colombia ocupa el penúltimo lugar en la región, solo por encima de Perú. Esto está relacionado con el bajo nivel de inversión en I+D y la baja colaboración entre universidad y empresa.



Fuente: WIPO Statistics Database (2019).

Gráfica 7. Pagos por uso de propiedad intelectual (% del comercio exterior total). Colombia y países de referencia, 2017.

Los pagos por uso de propiedad intelectual muestran el uso de tecnologías protegidas por parte del sector productivo. Colombia ocupa el cuarto lugar en América Latina con 0,12 % del comercio total. En los países de la OCDE es 2,43 %.



Fuente: Banco Mundial (2019).



TRANSFERENCIA DE CONOCIMIENTO Y TECNOLOGÍA (TCT)

RECOMENDACIONES

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

La transferencia de conocimiento generado en las universidades y centros de investigación a las empresas requiere de entidades que brinden información a las partes y ayuden a identificar el potencial de mercado de los desarrollos en ciencia y tecnología, así como las necesidades de soluciones para el sector productivo. Estas entidades ayudan a generar relaciones y transacciones estables entre actores (academia y sector productivo) que por su naturaleza tienen diferentes motivaciones, tiempos y lenguaje (OCDE, 2003).

En Colombia una de las principales dificultades que tienen las entidades de enlace es la financiación. Al no contar con recursos basales, no pueden asegurar un personal y portafolio de servicios estable, sino que dependen de proyectos específicos, principalmente de consultoría tecnológica, lo que puede alejarlas de su misión principal. Aunque es deseable que estas entidades logren la autosuficiencia, en los casos en que esto se ha logrado el proceso tomó cerca de una década y con inversiones importantes en gerencia y mercadeo (Kneller, 2001). Aun en los Estados Unidos muy pocas oficinas de transferencia generan suficientes ingresos por licenciamiento para cubrir sus gastos (Nelsen, 1998). Por esta razón, debe existir un compromiso del Estado para asegurar una oferta de servicios mínimos para la TCT. Estos recursos deben ir ligados a métricas de desempeño, de modo que se logren los objetivos deseados, y a generar capacidades de transferencia en los profesionales de estas entidades. Un esquema interesante son las oficinas de transferencia que sirven a varias universidades o centros de investigación. Esto genera economías de escala, no solo en el funcionamiento de la oficina, sino para las empresas que tienen a su disposición recursos centralizados. Adicionalmente, permite que centros de investigación que no cuentan con los recursos para tener una oficina de transferencia propia o inventores puedan establecer contacto con el sector privado. El resto de la financiación puede ser a partir de convocatorias específicas (ver siguiente recomendación) y recursos privados.

Fortalecer las oficinas de transferencia puede potenciar los resultados del subsidio a la solicitud de patentes y lograr mayor desarrollo y protección de invenciones al facilitar su co-

mercialización, 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).

Adicionalmente, es importante fortalecer las capacidades del personal en las entidades de enlace a través de programas de formación de gestores de tecnología, como el programa de Gerentes y Vinculadores Tecnológicos (GTEC) y Doctores en Universidades para Transferencia Tecnológica (DTEC), que en Argentina han dado resultados positivos.

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 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.

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 y la innovación son uno de los mecanismos más efectivos para la transferencia de conocimiento entre universidad, empresas, centros de investigación y emprendedores. Estos arreglos permiten compartir los riesgos, los resultados y la responsabilidad de estas inversiones, que son por definición inciertas y riesgosas. El programa Ecosistema Científico lanzado en 2017 es un buen ejemplo de un mecanismo de este estilo: alianzas conformadas por IES, empresas y centros de investigación presentan una propuesta de investigación a cuatro años en áreas prioritarias de investigación para el país y compiten en convocatorias abiertas por el financiamiento público de estas.

En la medida en que estas iniciativas generen confianza entre las partes, existe el potencial de que surjan compromisos de largo plazo, materializados en centros de excelencia o consorcios de tecnología en los que participen institutos de educación o de investigación y empresas (como es el

TRANSFERENCIA DE CONOCIMIENTO Y TECNOLOGÍA (TCT)



caso del Centro de Innovación de Argos y la Universidad EA-FIT, en Medellín). El Fondo Francisco José de Caldas, como entidad ejecutora del nuevo Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, se encargaría de este tipo de convocatorias.

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

Es necesario fomentar que las empresas, particularmente aquellas con unidades de I+D reconocidas o altamente innovadoras, vinculen a doctores en sus procesos de innovación, sea de manera directa o indirecta a través de alianzas con universidades o trabajo con centros de investigación. La evaluación de impacto de los programas de formación de capital intelectual de Colciencias realizada por Núñez et al. en 2014 y los resultados del programa Es Tiempo de Volver indican que la mayoría de los empresarios perciben la contratación de recurso humano con estudios de doctorado como un costo alto que es difícil de asumir, por lo que esas contrataciones tienden a ser poco estables. El programa de estancias posdoctorales para beneficiarios de Colciencias es una iniciativa positiva, pero solo cubre la estancia de los PhD durante un año en universidades, empresas, centros e institutos de investigación y entidades de gobierno.

Es necesario 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 desertión 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). Esto, ligado a los beneficios tributarios para contratación de PhD establecidos en el Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022, puede dar resultados positivos.

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

La PI puede incentivar a las empresas a desarrollar invenciones; a las universidades, a transferir conocimiento; y a las

empresas extranjeras, a licenciar nuevas tecnologías. Sin embargo, en entornos de baja competencia, la PI no tendrá estos efectos positivos (Boldrin y Levine, 2012). Por esta razón, la política de propiedad industrial no puede desligarse de la política de competencia.

No obstante, el arreglo institucional 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 propiedad industrial en el país (OCDE, 2014b). Este instituto 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. Este instituto debe contar 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.

Por otro lado, la Comisión Intersectorial de Propiedad Intelectual (CIPI) creada en 2010 es la instancia encargada de coordinar a las distintas instituciones involucradas en temas de propiedad industrial. A pesar de que es un espacio útil para la toma de decisiones respecto a PI, la CIPI no hace parte del Sistema Nacional de Competitividad e Innovación, por lo que sus decisiones están desligadas de la agenda de competitividad. Se recomienda incorporar a la CIPI como uno de los órganos que reporta a la Comisión Nacional dentro del Sistema Nacional de Competitividad e Innovación.



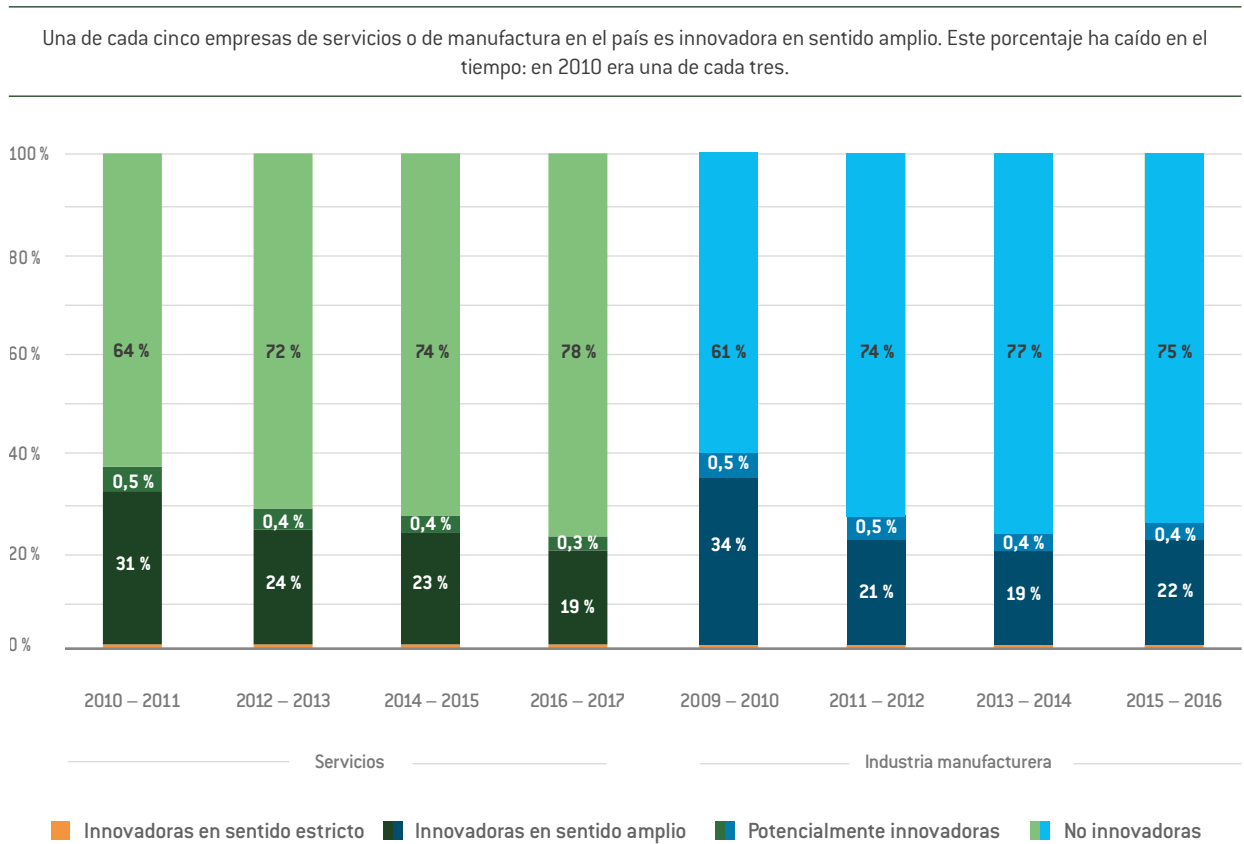
INNOVACIÓN

La innovación empresarial tiene efectos positivos en la productividad a través de mejoras en procesos que llevan a mayor eficiencia técnica o de desarrollo de productos de mayor valor (Mansury y Love, 2008; Crespi et al., 2017). Las empresas colombianas innovadoras obtienen como beneficios mejora en la calidad de bienes o servicios (53%), aumento de la productividad (41,6%) y mantener su participación en el mercado (42,9%). No obstante, en Colombia se observa históricamente un bajo nivel de innovación empresarial. En 2016 el 21,7% de las empresas del sector manufacturero incluidas en la Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica (EDIT) del DANE fueron clasificadas como innovadoras, tanto en sentido amplio como en sentido estricto¹³. Para el sector servicios, en 2017, fue el 19,1%. Como se observa en la Gráfica 8, este porcentaje ha caído en el tiempo.

En América Latina el promedio de empresas innovadoras del sector manufacturero es 36,1%, similar al de los países de la OCDE donde es 38%. En la región, Argentina ocupa el primer lugar con 38,5% de empresas innovadoras, seguido por Brasil y Chile. Por otra parte, en Colombia hay una baja cooperación con universidades y laboratorios e institutos públicos de investigación comparado con el promedio de

Una de cada cinco empresas de servicios o de manufactura en el país es innovadora en sentido amplio. Este porcentaje ha caído en el tiempo: en 2010 era una de cada tres.

Gráfica 8. Tipificación de las empresas de acuerdo con su comportamiento innovador (% del total de empresas). Colombia, 2009-2017.



Fuente: DANE (EDIT V, VI, VII y VII, EDITS III, IV, V y VI).

13. De acuerdo con la tipología utilizada por el DANE, las empresas innovadoras en sentido amplio son aquellas que obtuvieron al menos un bien o servicio nuevo o significativamente mejorado para el mercado nacional o un bien o servicio nuevo o mejorado para la empresa, o que implementaron un proceso productivo nuevo o significativamente mejorado para la línea de producción principal o para las líneas de producción complementarias, o una forma organizacional o de comercialización nueva. Por su parte, las empresas innovadoras en sentido estricto son las que obtuvieron al menos un bien o servicio nuevo o significativamente mejorado para el mercado internacional.

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



América Latina. Mientras que en Colombia el 8,6 % y el 0,6 % de las empresas colaboran con estas entidades respectivamente, en la región el promedio es 18,4 % y 18,3 %.

La innovación es la acumulación de capital de conocimiento que entra en la función de producción junto con capital humano y capital físico. La adopción de nuevas tecnologías requiere no solo inversión en I+D para identificar y modificar la tecnología al contexto local, sino también inversión en maquinaria (capital físico), entrenamiento de mano de obra (capital humano), así como mejoras en las capacidades gerenciales para planear y ejecutar proyectos de mediano plazo. Sin estas inversiones complementarias, la inversión en I+D tendrá poco impacto (Klenow y Rodríguez-Clare, 2005).

Es así que, la decisión de innovar de una empresa depende de factores externos, como el contexto macroeconómico, la estructura competitiva, el régimen de comercio exterior y las redes internacionales. Depende también de factores internos como capacidades gerenciales, sistemas de producción y capacidades para la gestión de la innovación y del conocimiento.

La evidencia empírica muestra que a mayores niveles de competencia aumenta la innovación, particularmente en sectores con bajos niveles iniciales de competencia (Shu y Steinwender, 2019). La competencia tiene además un efecto sobre prácticas gerenciales al obligar a las empresas a esforzarse más para mantenerse en el mercado. Igualmente, las empresas que importan o exportan tienden a tener mejores prácticas gerenciales y a innovar más por acceso a mejores insumos y mayor difusión de tecnología.

La calidad de la gerencia es fundamental para la innovación. Tiene un doble efecto sobre la productividad: uno directo, a través de mayor eficiencia, y uno indirecto, a través de mayores probabilidades de innovar. Sin embargo, el World Management Survey sitúa a Colombia por debajo del promedio de Latinoamérica y por debajo de México, Chile, Argentina y Brasil en prácticas gerenciales¹⁴. La falta de gerentes con habilidades para identificar proyectos potenciales con altos retornos, llevar a cabo la planeación y movilizar al talento humano para llevarlos a cabo explica en parte los bajos niveles de inversión en I+D y de innovación.

Los principales obstáculos que identifican las empresas tanto de servicios como de manufactura para innovar son, en

primer lugar, la escasez de recursos propios (24 % de las empresas de manufactura y servicios), seguida de la facilidad de imitación por terceros (18 %) y la incertidumbre frente a la demanda de bienes o servicios innovadores (17 %). Para aquellas empresas que tuvieron la intención de innovar, los principales obstáculos están relacionados con recursos: tanto escasez de recursos propios como acceso a financiamiento externo a la empresa e información sobre instrumentos públicos de apoyo.

Se ha observado que las barreras financieras y de demanda en otros países tienen pesos similares y reducen la probabilidad de innovar entre 15 y 28 puntos porcentuales. Las barreras de demanda son particularmente relevantes para empresas con bajas capacidades gerenciales con poca visión de mediano plazo (Bloom y Van Reenen, 2010).

Igualmente, las restricciones de acceso a financiamiento influyen. Como se detalla en el capítulo Financiación empresarial, existen pocas fuentes de capital semilla o capital emprendedor que puedan apoyar el desarrollo de procesos de innovación, y bajas habilidades financieras que permitan a las empresas usar los instrumentos disponibles. Estas barreras explican por qué los recursos propios constituyen la principal fuente de financiación de las ACTI empresariales, con un 76,6 % en el sector de servicios y un 80,3 % en la industria manufacturera¹⁵. La banca privada provee cerca del 15 % de la financiación para empresas manufactureras y 7 % para empresas de servicios. Los recursos públicos desempeñan un papel mínimo en las empresas manufactureras (0,6 % de la financiación) y 8,1 % para las empresas de servicios. Las principales dificultades para acceder a recursos públicos son la demora en los trámites, la dificultad para cumplir los requisitos y las condiciones de financiación poco atractivas.

Uno de los instrumentos para facilitar la inversión en CTI por parte de las empresas son los beneficios tributarios. A partir de 2016, gracias al CONPES 3834 de 2015, se ha utilizado todo el cupo otorgado (COP 644.683 millones en 2018) y se ha aumentado el número de empresas, sectores y regiones que acceden a los beneficios. En 2018 se beneficiaron 167 empresas, principalmente de la industria manufacturera (35 %), suministro de electricidad y gas, actividades financieras y de seguros (12 % cada sector), información y comunicaciones (8 %), y explotación de minas y canteras (7 %).

15. Promedio 2011-2016 para manufactura y 2012-2017 para servicios.



RECOMENDACIONES

Acción pública. Modernizar la política pública de protección de la libre competencia en institucionalidad, régimen sancionatorio y abogacía de la competencia.

El CPC recomienda tramitar un proyecto de ley para reformar la institucionalidad, fortalecer el proceso de emisión de regulaciones en línea con el principio constitucional de defensa de la libre competencia, y reformar el régimen sancionatorio por infracciones a las normas relacionadas (ver capítulo Productividad y emprendimiento para mayor detalle sobre esta recomendación).

Acción pública. Evaluar y fortalecer el programa Fábricas de Productividad para que se consolide como un servicio permanente de mejora continua para las empresas.

Las prácticas gerenciales son uno de los bloques necesarios para construir capacidades de innovación. En la medida en que mejoran estas habilidades las empresas pueden ser capaces de pasar de adoptar o absorber tecnología a desarrollar procesos o productos. El programa Fábricas de Productividad provee servicios de extensionismo a empresas y genera capacidades dentro de las empresas para mejoras en productividad. Los programas exitosos de este tipo en el mundo tomaron varios años en consolidar su modelo de atención y en llegar a un número significativo de empresas. Es necesario que el programa de Fábricas de Productividad cuente con evaluaciones de procesos y de impacto que le permitan ajustar su modelo de intervención, si es necesario, así como generar apoyo para su crecimiento y permanencia a partir del impacto obtenido (ver capítulo Productividad y emprendimiento para mayor detalle sobre esta recomendación).

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

Actualmente no se cuenta con evidencia sobre el impacto de los instrumentos de apoyo a la innovación ni sobre su utilidad para las empresas. 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 ma-

nera más directa se resuelvan las barreras que enfrentan las empresas para innovar. Tomar en cuenta a 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.

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). Ante la falta de colateral en un proyecto de innovación —por ser intangible—, las empresas no logran conseguir crédito. En cuanto a recursos de capital, que podrían ser más adecuados, la necesidad de mantener el desarrollo tecnológico en secreto hasta que se patente o se pruebe en el mercado dificulta conseguir recursos. 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. 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, 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 cortar 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.

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

INNOVACIÓN

porcentaje de las compras totales de un sector administrativo. 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 innovación¹⁶. Actualmente, la normativa del Sistema de Compra Pública es aplicable a la compra pública para la innovación, y Colombia Compra Eficiente ha

publicado una guía para entender la compra pública para la innovación, sin embargo, no se ha utilizado el mecanismo. Es necesario identificar qué barreras adicionales existen y trazar una hoja de ruta para poder implementar la estrategia. Dos elementos que han probado ser efectivos en otros países son la toma de decisiones a partir de un órgano colegiado para reducir el riesgo individual de los funcionarios (Uruguay), y el establecimiento de metas de compra pública innovadora (Holanda).



16. Países con instrumentos para incentivar las compras públicas para la innovación incluyen 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.



SÍNTESIS DE RECOMENDACIONES

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 Otris regionales y hasta 2018 les dio financiación base.	Es necesario seguir fortaleciendo estas entidades con recursos basales estables.
Ventanilla única de acceso a instrumentos públicos de promoción de ciencia, tecnología e innovación	2014	Se creó como punto único de divulgación de convocatorias de CTI el portal www.innovamos.gov.co	
Reglamentación del acto legislativo 04 de 2017 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 competitadas puede traer una mejor ejecución de los recursos y aumentar su impacto.	
Generar información sobre capacidades gerenciales en las empresas del país	2018	Se incluyó un módulo en la EDIT sobre capacidades gerenciales para contar con mejor información que permita diseñar mejores instrumentos de política pública.	
Hacer más eficiente el incentivo tributario para ciencia, tecnología e innovación	2015	En 2016 por primera vez se utilizó el 100 % del cupo otorgado para los beneficios tributarios y aumentó el número de empresas que accedieron, así como los sectores y regiones que se beneficiaron.	
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.	
Diseñar e implementar el Programa Nacional de Escalamiento de la Productividad	2018	Se creó el programa Fábrica de Productividad que 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.

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	Mantener una financiación pública estable para las ACTI que dé claridad sobre las perspectivas de mediano plazo.	Minciencia, 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
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 impacto comprobados.	Dirección de Seguimiento y Evaluación de Políticas Públicas de DNP y Minciencia, Mincomercio, iNNpulsa y SIC	Acción pública
Fortalecer y profundizar el uso del Portal de Innovación, www.innovamos.gov.co	Facilitar el acceso a la oferta de instrumentos a los usuarios y centralizar su información para simplificar el proceso de evaluación.	Minciencia, DNP y Presidencia de la República	Acción pública
Desarrollar habilidades de investigación desde la educación básica	Generar vocaciones y habilidades en investigación que en el mediano plazo contribuyan al desarrollo científico y tecnológico del país.	Mineducación	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 Minciencia	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.	Minciencia 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.	Minciencia	Acción pública
Fortalecer la relación universidad-empresa-estado 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.	Mincomercio, Mineducación y Minciencia	Acción pública



SÍNTESIS DE RECOMENDACIONES

Recomendación	Impacto / costo de oportunidad	¿Quién puede hacer la diferencia?	Tipo de recomendación
Revisar y escalar la estrategia para la vinculación de doctores en empresas	Facilitar la vinculación y/o aportes de PhD en el sector productivo.	Minciencia, 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 SNCI.	Minciencia, DNP, SIC, Mincomercio, Minhacienda y Superfinanciera	Coordinación público-privada
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.	iNNpulsa	Acción pública
Implementar la estrategia de compra pública para la innovación	Promover el desarrollo de soluciones innovadoras para los retos del Estado y jalonar la oferta de innovación privada.	Colombia Compra Eficiente, DNP y Contraloría General de la Nación	Acción pública

Nuevas recomendaciones

Recomendación	Impacto esperado	¿Quién puede hacer la diferencia?	Tipo de recomendación
Reglamentar el Marco de inversión en CTI como mecanismo vinculante para la articulación entre entidades y optimización de la oferta de instrumentos	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 y DNP	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, Minciencia y SNCI	Acción pública

SÍNTESIS DE RECOMENDACIONES

Recomendación	Impacto esperado	¿Quién puede hacer la diferencia?	Tipo de recomendación
Asignar los recursos de CTI alrededor de misiones para enfrentar retos amplios de país	Dar foco a los recursos de CTI y trabajar para resolver grandes retos nacionales.	Minciencia	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
Modernizar la política pública de protección de la libre competencia en institucionalidad, régimen sancionatorio y abogacía de la competencia	Establecer condiciones que incentiven la innovación empresarial.	SIC, Presidencia y Congreso	Acción pública
Evaluar y fortalecer el programa Fábricas de Productividad para que se consolide como un servicio permanente de mejora continua para las empresas	Fortalecer las capacidades gerenciales en las empresas para que se sofisticen y avancen en procesos de innovación más complejos.	Mincomercio, Colombia Productiva, DNP y Presidencia	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.	iNNpulsas, SENA y Minciencia	Acción pública



REFERENCIAS

- 1 Banco Mundial. (2010). *Innovation Policy. A Guide for Developing Countries*. Washington D.C.: Banco Mundial.
- 2 Banco Mundial. (2015). *Análisis de gasto público en CTI*. Bogotá D.C.: Banco Mundial.
- 3 Banco Mundial. (2017). *Instruments to Support Business Innovation: A Guide for Policy Makers and Practitioners*. Washington D.C.: Banco Mundial.
- 4 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.
- 5 Bloom, N. y Van Reenen, J. (2010). "Why do Management Practices Differ Across Firms and Countries?" *Journal of Economic Perspectives*, 24(1), 203-224.
- 6 Bloom, N., Van Reenen, J. y Williams, H. (2019). "A Toolkit of Policies to Promote Innovation". *Journal of Economic Perspectives*, 33(3), 163-184.
- 7 Boldrin, M. y Levine, D. K. (2012). "The Case Against Patents". Federal Reserve Bank of St. Louis. Working Paper 2012-035A.
- 8 Chaparro-Giraldo, A. [Ed.]. (2017). *Crear y proteger. Propiedad intelectual y transferencia de tecnología en la universidad*. Bogotá D.C.: Universidad Nacional de Colombia.
- 9 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.
- 10 Colciencias. (2018). *Modelo de clasificación de revistas científicas – Publindex*.
- 11 Crespi, G., Dohnert, S., Maoli, A., Hoelz Pinto Ambrozio, A. M., Barron, M., Bernini, F., Figal Garone, L., Grant, K., Mohan, P., Moore, W. et al. (2017). *Exploring Firm-Level Innovation and Productivity in Developing Countries: The Perspective of Caribbean Small States*. Washington D.C.: IADB.
- 12 DANE. (2017). *Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica en la Industria Manufacturera*. Bogotá D.C.: DANE.
- 13 DANE. (2018). *Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica en el Sector de Servicios*. Bogotá D.C.: DANE.
- 14 DNP. (2015). *CONPES 3834: Lineamientos de política para estimular la inversión privada en ciencia, tecnología e innovación a través de deducciones tributarias*.
- 15 DNP. (2016a). *Borrador CONPES: Política Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2016-2025*.
- 16 DNP. (2016b). *CONPES 3866: Política Nacional de Desarrollo Productivo*.
- 17 DNP. (2019). *Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022: "Pacto por Colombia, Pacto por la Equidad"*. Bogotá D. C.: DNP.
- 18 DNP y Presidencia de la República. (2019). *Mapeo y articulación de oferta de instrumentos en CTI y PDP*. Presentación realizada al Comité Ejecutivo del Sistema Nacional de Competitividad e Innovación. Marzo 20 de 2019.
- 19 Dutz, M. et al. (Eds.) (2014). *Making Innovation Policy Work: Learning from Experimentation*. París: OECD Publishing.
- 20 EC/OECD. (2014). *International Science, Technology and Innovation Policy (STIP) Database*.
- 21 Flanagan, K., Uyarra, E. y Laranja, M. (2010). "The Policy Mix for Innovation: Rethinking Innovation Policy in a Multilevel, Multi-Actor Context". Munich Personal RePEc Archive (MPRA) N.º 23567, julio.
- 22 Hall, B. H. y Lerner, J. (2009). "The Financing of R&D and Innovation". NBER Working Paper N.º 15325.
- 23 Klenow, P. J. y Rodríguez-Clare, A. (2005). "Externalities and Growth". En P. Aghion y S. N. Durlauf (Eds.), *Handbook of Economic Growth*, Vol. 1A (pp. 817-861). Amsterdam: Elsevier.
- 24 Kneller, R. (2001). "Technology Transfer: A Review for Biomedical Researchers". *Clinical Cancer Research*, 7, 761-774.
- 25 Lach, S. (2002). "Do R&D Subsidies Stimulate or Displace Private R&D? Evidence from Israel". *Journal of Industrial Economics*, 1, 369-390.
- 26 Lach, S. y Schankerman, M. (2008). "Incentives and Invention in Universities". *RAND Journal of Economics*, 39(2), 403-33.
- 27 Maloney, W. F. (2017). *Revisiting the National Innovation System in Developing Countries*. Washington D. C.: Banco Mundial.
- 28 Mansury, M. A. y Love, J. H. (2008). "Innovation, Productivity and Growth in US Business Services: A Firm-Level Analysis". *Technovation*, 28(1-2), 52-62.
- 29 Mazzucato, M. (2017). *Mission-Oriented Innovation Policy: Challenges and Opportunities*. Working Paper IIPP WP 2017-01. Institute for Innovation and Public Purpose, UCL.
- 30 Navarro, J. C., Benavente, J. M. y Crespi, G. (2016). *The New Imperative of Innovation: Policy Perspectives for Latin America and the Caribbean*. Washington D.C.: IADB.
- 31 Nelsen, L. (1998). "The Rise of Intellectual Property Protection in the American University". *Science*, 270(5356), 1460-1461.
- 32 Núñez, J. et al. (2014). *Evaluación de impacto y análisis costo beneficio de los programas de formación de capital intelectual de Colciencias: Jóvenes Investigadores y becas de doctorados*. Bogotá, D.C.: Fedesarrollo.



- 33** Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología (OCyT). (2019). *Indicadores de ciencia y tecnología 2018*. Bogotá D. C.: Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología.
- 34** OCDE. (2003). "Technology Transfer Structures and Public Research Organisations". En *Turning Science into Business : Patenting and Licensing at Public Research Organisations*. París: OECD Publishing.
- 35** OCDE. (2011). "Public research institutions in national innovation systems". En *Public Research Institutions: Mapping Sector Trends*. París: OECD Publishing.
- 36** OCDE. (2013a). *Commercialising Public Research: New Trends and Strategies*. París: OECD Publishing.
- 37** OCDE. (2013b). *OECD Review of Innovation Policy: Colombia*. París: OECD Publishing.
- 38** OCDE. (2014a). *OECD Reviews of Innovation Policy: Colombia 2014*, OECD Reviews of Innovation Policy. París: OECD Publishing.
- 39** OCDE. (2014b). *National Intellectual Property Systems, Innovation and Economic Development: With perspectives on Colombia and Indonesia*. París: OECD Publishing.
- 40** OCDE. (2016). "Public research missions and orientation". En *OECD Science, Technology and Innovation Outlook 2016*. París: OECD Publishing.
- 41** OCDE. (2018a). *OECD Science, Technology and Innovation Outlook 2018: Adapting to Technological and Societal Disruption*. París: OECD Publishing.
- 42** OCDE. (2018b). *Perspectivas de la OCDE en Ciencia, Tecnología e Innovación 2016 (Extractos): América Latina*. OCDE, París Cedex 16/Microsoft Latin America, Fort Lauderdale.
- 43** OCDE. (2019). *Main Science and Technology Indicators*. Vol. 2018, N.º 2. París: OECD Publishing.
- 44** SCImago. (2019). *The SCImago Journal y Country Rank*. Obtenido de <http://www.scimagojr.com/>.
- 45** Shu, P. y Steinwender, C. (2019). "The Impact of Trade Liberalization on Firm Productivity and Innovation". En J. Lerner y S. Stern (Eds.), *Innovation Policy and the Economy*, Vol. 19 (pp. 39-68). Chicago: University of Chicago Press.
- 46** Superintendencia de Industria y Comercio. (2014). *Propiedad Industrial 2020*.
- 47** Unesco institute for Statistics. (2019). *Science, Technology and Innovation Indicators*. Consulta julio 2019.
- 48** WEF. (2019). *The Global Competitiveness Report 2019*. Ginebra: World Economic Forum.
- 49** Zahler, A., Goya, D. y Camaño, M. (2019). "The Role of Obstacles to Innovation on Innovative Activities: An Empirical Analysis". IDB Working Paper Series N° IDB-WP-965. Washington D.C.: IADB.