

CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN



Índice Mundial de Innovación. Puesto entre 132 países.

Fuente: Organización Mundial de Propiedad Intelectual-OMPI (2021).

DESTACADOS

Ciencia, tecnología e innovación en la recuperación económica y social por COVID-19

- Dos desafíos en términos del gasto en CTI son: (1) la inversión desigual en I+D en sectores con impacto directo para la atención de la pandemia como salud y digitalización, y (2) aumentar la financiación pública para CTI a pesar del incremento en la deuda pública.

Demanda por conocimiento y tecnología

- Menos del 1 % de las empresas innovan en sentido estricto en Colombia. Es clave remover barreras a la innovación empresarial que ya han sido identificadas.
- Alrededor del 7 % de las inversiones en las compañías se destina a adoptar o transferir tecnología o conocimiento.
- En Colombia, el 2,5 % de los investigadores trabajan en empresas, y el 95,7 %, en la academia. En la OCDE esta participación es en promedio 48,1 % y 38,2 %, respectivamente.

Oferta de conocimiento

- El país alcanzó en 2020 un nivel de inversión en I+D de 0,29 % del PIB.
- La mayoría de los sectores administrativos invierten menos del 1 % de su presupuesto en ACTI.
- En 2019, 38,9 % de los 16.796 investigadores reconocidos por Minciencias eran mujeres.
- En Colombia se concedieron 1.075 patentes de invención en 2020, lo cual corresponde a una tasa de concesión de 50,7 %. El promedio de esta tasa entre 2015-2019 fue 55,7 %.

Institucionalidad

- La CTI requiere una arquitectura institucional sólida para avanzar hacia una sociedad del conocimiento en Colombia¹.
- Cinco sectores concentran el 62,8 % de los instrumentos y el 28,4 % del presupuesto según la metodología ArCo.

PRINCIPALES RECOMENDACIONES

1. Implementar el Marco de Inversión en CTI para lograr incrementar los recursos públicos hacia la CTI y apropiar su rol transversal en los distintos sectores.
2. Diseñar y poner en marcha un sistema de vigilancia tecnológica orientado a cerrar las brechas tecnológicas de las empresas.
3. Vincular al sector empresarial en programas relacionados con la apropiación social del conocimiento (ASC) en el marco de la CTI.
4. Promover el uso de la compra pública innovadora (CPI).
5. Reformar los estímulos a la productividad académica para aumentar su calidad e impacto.
6. Establecer una política de CTI que fortalezca el portafolio de instrumentos de política e incremente la inversión pública y privada en actividades de CTI de manera sostenida hacia los niveles recomendados por la Misión de Sabios.
7. Enfocar al Minciencias en la definición de política pública y crear una entidad adscrita a este ministerio encargada de la financiación y estructuración de proyectos.

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

1. Valga la aclaración: la ciencia, tecnología e innovación tiene un rol transversal a todos los sectores administrativos.

PERFIL DE COLOMBIA EN CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN

Tema	Indicador	Valor Colombia	Ranking en América Latina	Mejor país en América Latina (valor)	Promedio de la OCDE (valor)	Fuente
Demanda por conocimiento y tecnología	Índice de Alistamiento para Tecnologías de Frontera	0,44	8 de 17	Brasil (0,65)	0,80	UNCTAD (2020)
	Investigadores por millón de habitantes	88	10 de 14	Argentina ² (1.211)	4.329	UIS (2017)
	Colaboración multiactor para desarrollar investigación (puntaje de 1 a 7, donde 7 representa mayor colaboración)	3,7	3 de 17	Costa Rica (3,8)	57,2	WEF (2019)
Oferta de conocimiento	Artículos en revistas científicas y tecnológicas por cada 100.000 habitantes	14,5	5 de 17	Chile (38)	133,6	Banco Mundial (2018)
	Número de patentes otorgadas a residentes por millón de habitantes	3,26	4 de 12	Chile (8,3)	148	OMPI-Banco Mundial (2019)
	Pagos por uso de propiedad intelectual (% total de comercio exterior)	0,11 %	3 de 13	Argentina (0,19 %) ³	0,80 %	Banco Mundial (2019)
	Inversión en ACTI (% del PIB)	0,87 %	4 de 10	Costa Rica (2,67 %)	-	RICYT y OCYT (2019)
	Inversión en I+D (% del PIB)	0,32 %	6 de 14	Brasil (1,16 %)	2,5 %	RICYT; OCDE (2019)
	Índice Mundial de Innovación	31,7	6 de 15	Chile (35,1)	49,5	OMPI (2021)
	Tasa de eficiencia de la innovación ⁴	0,44	12 de 15	Costa Rica (0,65)	0,69	OMPI (2021)

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

- El escalafón de América Latina se hizo tomando el último dato disponible para cada uno de los países.
- Información con corte 2018.
- Calculada como la razón de resultados de innovación/insumos de innovación.



La Misión de Sabios propuso hacer una apuesta de país por la ciencia, tecnología e innovación (CTI) como pilar fundamental para aumentar la productividad de la economía, enfrentar los retos sociales, económicos y ambientales de Colombia y avanzar hacia una sociedad del conocimiento. Para ello formuló recomendaciones que implican un esfuerzo público-privado profundo y sostenido. Así mismo, la Misión de Internacionalización subrayó que, para cerrar las brechas socioeconómicas frente al mundo desarrollado, Colombia debe priorizar conectarse a los flujos internacionales de conocimiento, adaptando y adoptando tecnología en el sector productivo y la sociedad en general.

Desde el CPC suscribimos a la visión que plantean estas dos misiones. La CTI es un motor para potenciar la productividad y, en consecuencia, impulsar la competitividad, el crecimiento económico de los países y el bienestar de sus habitantes (OCDE, 2013; 2015b). Además, puede contribuir de manera determinante a la resiliencia, la sostenibilidad ambiental y la inclusividad en la agenda de política para la recuperación (Paunov *et al.*, 2021, p. 8)⁵.

Lograr estos objetivos implica elevar por completo el orden de magnitud de los esfuerzos que como país se han hecho para impulsar la CTI. Estos deben pasar de ser un reglón marginal en los planes de acción y presupuestos del Gobierno y empresas

a estar en el centro de la estrategia de desarrollo del país. Se requiere una priorización de política y presupuesto en CTI similares a los que se han hecho en décadas pasadas en torno a la infraestructura vial, la seguridad, la energía o la salud.

Así, este capítulo analiza algunos desafíos y hace recomendaciones para avanzar hacia la concreción de la visión ambiciosa planteada por estas dos misiones. Para ello, aborda tres frentes: (1) cómo impulsar la demanda por conocimiento y tecnología en el aparato productivo y la sociedad en general; (2) los retos para que el sistema de CTI responda a esa mayor demanda, tanto apoyando la adopción y adaptación de conocimiento internacional como generando nuevo conocimiento para solucionar problemas económicos, sociales y ambientales, y (3) el fortalecimiento institucional y de política necesarios para llevar a buen puerto los ambiciosos objetivos planteados. El capítulo cierra con un análisis sobre el papel que ha desempeñado la CTI en la superación de la crisis económica y social derivada del COVID-19. En la versión 2020 del capítulo se hicieron 21 recomendaciones. Al cierre de esta edición, tres han sido plenamente acogidas. La presente versión insiste en 14 recomendaciones cuya adopción sigue pendiente y mantiene aquellas en proceso de implementación, a la espera de que se adopten en su totalidad. Además, se incluyen ocho nuevas recomendaciones.

5. Alinear los desafíos sociales y ambientales con los objetivos de la innovación ha sido un propósito buscado por distintos Gobiernos desde hace más de una década (Schot y Steinmueller, 2018). Un nuevo marco para la política de innovación es el del cambio transformativo, que va más allá del desarrollo de soluciones tecnológicas radicales y contempla "cambios en prácticas, infraestructuras, competencias, culturas y tecnologías que conforman los sistemas sociotécnicos que sostienen nuestra forma de vivir" (TIPC, 2020) hacia un futuro más sostenible. Por su parte, la OCDE ha planteado que la política de CTI tiene ahora un rol más orientado hacia la sociedad y objetivos sociales como la sostenibilidad ambiental, el envejecimiento y la seguridad energética después de la pandemia del COVID-19. Este rol se diferencia de los principales objetivos contra los cuales se evalúa tradicionalmente la política de CTI: "sus contribuciones a la productividad y competitividad en el largo plazo" (Paunov *et al.*, 2021, p. 35).

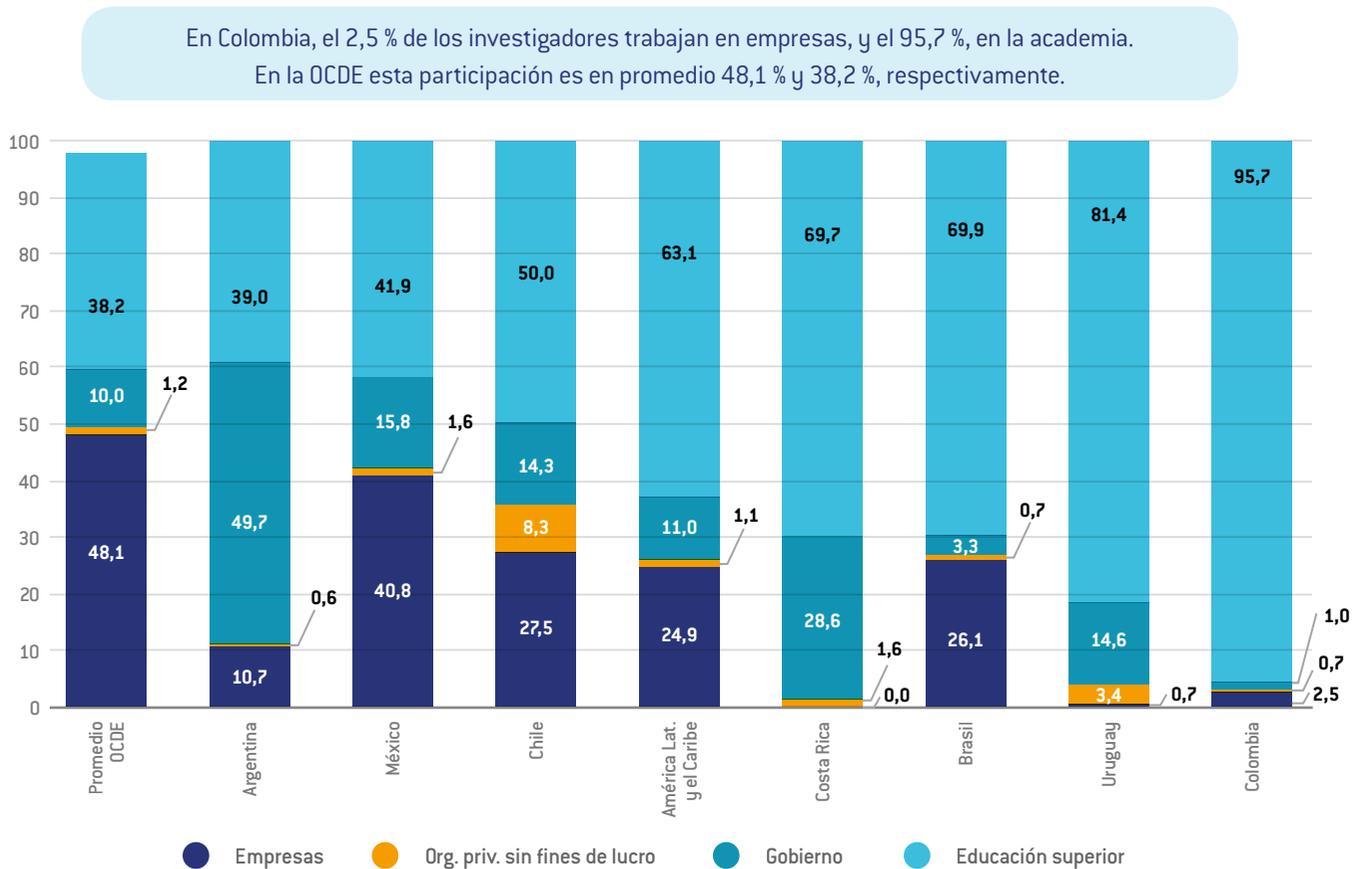
DEMANDA POR CONOCIMIENTO Y TECNOLOGÍA

El principal reto para avanzar hacia una sociedad del conocimiento es fomentar que las empresas, los ciudadanos, la academia y el sector público identifiquen, utilicen y produzcan nuevo conocimiento y tecnología para afrontar los retos y problemas que se presentan cada día de una manera más eficaz y eficiente⁶. Estos procesos de adopción y adaptación del conocimiento e innovación son esenciales para lograr los incrementos en productividad que el país requiere^{7,8} y materializar la apuesta del país por la CTI. A su vez, la adopción de tecnología está también

asociada con mayor innovación. En efecto, la innovación como proceso agregado genera además efectos beneficiosos en la productividad que se difunden en el resto del mercado, generando externalidades positivas para el crecimiento económico (Elnasri y Fox, 2017).

Respecto al sector productivo, pocas empresas en Colombia adoptan tecnología o innovan⁹. Aun si la mayoría de ellas se encuentra lejos de la frontera tecnológica de su sector a nivel mundial, solo alrededor del 7 % de las inversiones en las

Gráfica 1. Participación de los investigadores por sector de empleo (%). Colombia y países de referencia, 2018.



Nota: El promedio de la OCDE está hecho para 33 países con la información más reciente posible.

Fuente: OCDE (2021c) y RICYT (2021). Cálculos: CPC.

6. Otro reto que de allí se deriva es generar vínculos duraderos entre dichos actores y acciones coordinadas entre ellos.

7. La Misión de Internacionalización recordó recientemente que "el mundo desarrolla tecnologías a una velocidad superior a la que Colombia es capaz de adoptarlas y adaptarlas" (Misión de Internacionalización, 2021b).

8. El enfoque de adopción de tecnología que se propone en este capítulo no excluye la necesidad de combinar y trabajar en el desarrollo de capacidades propias para el fortalecimiento y crecimiento de nuestra curva de aprendizaje como país para la generación de nueva tecnología y una producción autónoma.

9. De igual manera, pocas empresas transfieren tecnología o tienen capacidad para hacerlo.

compañías se destina a adoptar o transferir tecnología o conocimiento (Jaramillo *et al.*, 2021, p. 6)¹⁰. Entre 2007 y 2018, alrededor de 20 % de las empresas manufactureras adoptaron una tecnología nueva para la firma y menos del 1 % innovó (desarrolló productos o procesos novedosos para los mercados internacionales) (DANE, 2018b). Los porcentajes en el sector de servicios son solo marginalmente más altos.

Así mismo, el sector productivo emplea pocos investigadores. El flujo de capital humano entre la universidad y la industria, en particular el número de doctores (PhD) y el lugar donde se emplean muestran un bajo grado de sofisticación del capital humano local empleado (CPC, 2020). La Gráfica 1 permite apreciar diferencias considerables en la participación de los investigadores según el sector donde están empleados.

Adicional a lo anterior, existen diferentes obstáculos para la innovación, como se muestra en la Tabla 1. Un estudio de CPC y Swisscontact (2020) identificó que para las empresas manufactureras y de servicios la percepción de los cuatro grupos de obstáculos planteados en la investigación “varía según la edad, tamaño, niveles de concentración industrial, actividad económica y departamento en el que está ubicada la empresa” (p. 52). Estos hallazgos aportan elementos sobre varias de las particularidades que deben considerarse a la hora de diseñar e implementar instrumentos de política pública para la innovación empresarial¹¹.

También influye el hecho de que muchas empresas no son conscientes de sus brechas gerenciales y tecnológicas. Como se muestra en el capítulo *Productividad y emprendimiento*, la empresa colombiana promedio en 2018 tenía un puntaje de capacidad gerencial de alrededor de la mitad de una empresa promedio en Estados Unidos (DNP, 2020). Además, la brecha entre la calificación objetiva de las capacidades gerenciales y la autoevaluación que se otorgan los gerentes es una de las más amplias en el mundo (WMS, 2014; Jaramillo *et al.*, 2021). La baja capacidad gerencial hace más difícil que las empresas identifiquen nuevas tendencias tecnológicas, desarrollen planes para aprovecharlas y entrenen el capital humano necesario para ejecutar dichos planes (Cirera y Maloney, 2017; Rogers, 2013).

Además, existe poca colaboración entre empresas y organizaciones generadoras de conocimiento como universidades o centros de investigación y desarrollo tecnológico. Alrededor del 3% de las empresas manufactureras que adoptaron tecnología o innovaron en los últimos dos años¹² colaboraron con organizaciones generadoras de conocimiento, comparado con el promedio de 18 % en América Latina (CPC, 2020).

Así, Colombia se ubica en la posición 78 entre 158 países en el índice de “alastamiento” o “preparación” para las tecnologías de frontera de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo (UNCTAD, 2021)¹³. Dicha categoría de “tecnologías de frontera” incluye varias tecnologías de la cuar-

Tabla 1. Obstáculos a la innovación que perciben a las empresas (%).

Tipo de obstáculo	Industria manufacturera	Servicios
De conocimiento	49,6	26,0
Regulatorios	46,7	24,4
De mercado	44,6	23,2
Financieros	40,0	22,7

Fuente: CPC y Swisscontact (2020).

10. Los resultados de la Encuesta de Innovación y Tecnología (EDIT) de 2017-2018 para la industria manufacturera mostraban que el 0,7 % eran innovadoras en sentido estricto, 20 % lo eran en sentido amplio, 3,7 % eran potencialmente innovadoras y 75,4 % no innovaban (DANE, 2019). Para el sector servicios y comercio, los resultados de la EDIT 2018-2019 concluyeron que 0,1 % eran innovadoras en sentido estricto, 28,9 % innovaban en sentido amplio, 3,4 % eran potencialmente innovadoras y 67,7 % no innovaban (DANE, 2020).

11. Hay otros elementos que deberían considerarse y están relacionados con las capacidades para la adopción y adaptación tecnológica, capacidades y talento para la gestión de la innovación.

12. Es decir, en el bienio que es el periodo de referencia para la EDIT.

13. El reporte de la UNCTAD incluye las siguientes tecnologías de frontera: la inteligencia artificial, el internet de las cosas, el *big data*, el *blockchain*, 5G, la impresión en 3D, la robótica, los drones, la edición de genes, la nanotecnología y la tecnología solar fotovoltaica (UNCTAD, 2021).

ta revolución industrial y algunas de las tecnologías convergentes mencionadas por la Misión de Sabios¹⁴. En este índice Colombia está por debajo de siete países de la región, incluidos Brasil, Chile, México, Costa Rica y Argentina, y el pilar con el peor desempeño es el de “actividad industrial”, que captura precisamente “las actividades en una industria relacionadas con el uso, adopción y adaptación de tecnologías de frontera” (99 entre 158). Este tipo de resultados es un llamado urgente a focalizar las acciones y los esfuerzos en CTI para las empresas en el uso, la adopción y la adaptación de tecnologías de frontera, además de dominar las tecnologías ya existentes.

La baja adopción tecnológica también puede estar asociada a bajos niveles de competencia, como lo muestra uno de los estudios de la Misión de Internacionalización (ver capítulo *Productividad y emprendimiento*)¹⁵. Se encontró evidencia de que empresas industriales con mayores márgenes son menos productivas, invierten menos en TIC y están en su mayoría en sectores con altas barreras arancelarias y no arancelarias (Ito et al., 2021) (ver capítulo *Productividad y emprendimiento*). También es necesario focalizar acciones para reducir paralelamente la brecha en educación (ver capítulo *Educación*), pues las habilidades son un claro complemento del cambio tecnológico, y se necesita de su funcionamiento sincrónico para la productividad y el crecimiento económico (Perry, 2003).

Por último, conviene señalar que fomentar el proceso de innovación en las empresas impulsando el desarrollo tecnológico hace parte de los siete objetivos estratégicos que Minciencias se planteó para 2020-2022 (Minciencias, 2021b). No obstante, es necesario que los hechos concretos en la materia se visibilicen¹⁶. En 2020 se logró articular 1.100 empresas a

través de los Pactos por la Innovación, alcanzando un avance de 40,8 % respecto a la meta del cuatrienio (4.200 empresas) (Minciencias, 2021b)¹⁷. Aún más importante, se deben evaluar este tipo de iniciativas para determinar si están teniendo un impacto importante y sostenido sobre los esfuerzos de innovación de las empresas.

Heterogeneidad regional

Cabe añadir que la intensidad de innovación varía ampliamente entre regiones del país. El panorama de la innovación a nivel regional se puede apreciar a través del comportamiento departamental del Índice Departamental de Innovación para Colombia (IDIC) y sus subíndices, que se presentan en la Gráfica 2. Existen brechas entre departamentos en cuanto a los componentes de insumos y resultados de innovación. Sin embargo, dichas brechas se redujeron frente a 2019 respecto a la región Bogotá-Cundinamarca en 28 departamentos en el componente de insumos, mientras que la reducción en el componente de resultados fue para 23 departamentos.

Además, la razón de eficiencia (RE), que mide la capacidad de transformar insumos presentes en el territorio en resultados, tiende a ser más baja en los departamentos con menor desempeño en el IDIC¹⁸. Mientras que en Bogotá-Cundinamarca la RE superó el 100 %, en los departamentos de Vichada y Chocó fue 28,3 % y 18,3 %, respectivamente. Estas heterogeneidades en las capacidades regionales revelan la necesidad de contar con instrumentos apropiados para el territorio que se adapten a sus falencias actuales para mejorar las características de su sistema de innovación.

14. Esta expresión describe “la combinación de cuatro áreas del conocimiento: Nanotecnología, Biotecnología, Tecnologías de la Información y Ciencias Cognitivas, en sistemas jerárquicos desde la nano hasta la macroescala” (Misión de Sabios, 2020, p. 293).

15. También la OCDE había señalado que “las reformas pro-competencia en los mercados de productos, especialmente en servicios, se requieren para incentivar las firmas a adoptar mejores tecnologías y prácticas de negocios” (OCDE, 2015a, p. 13).

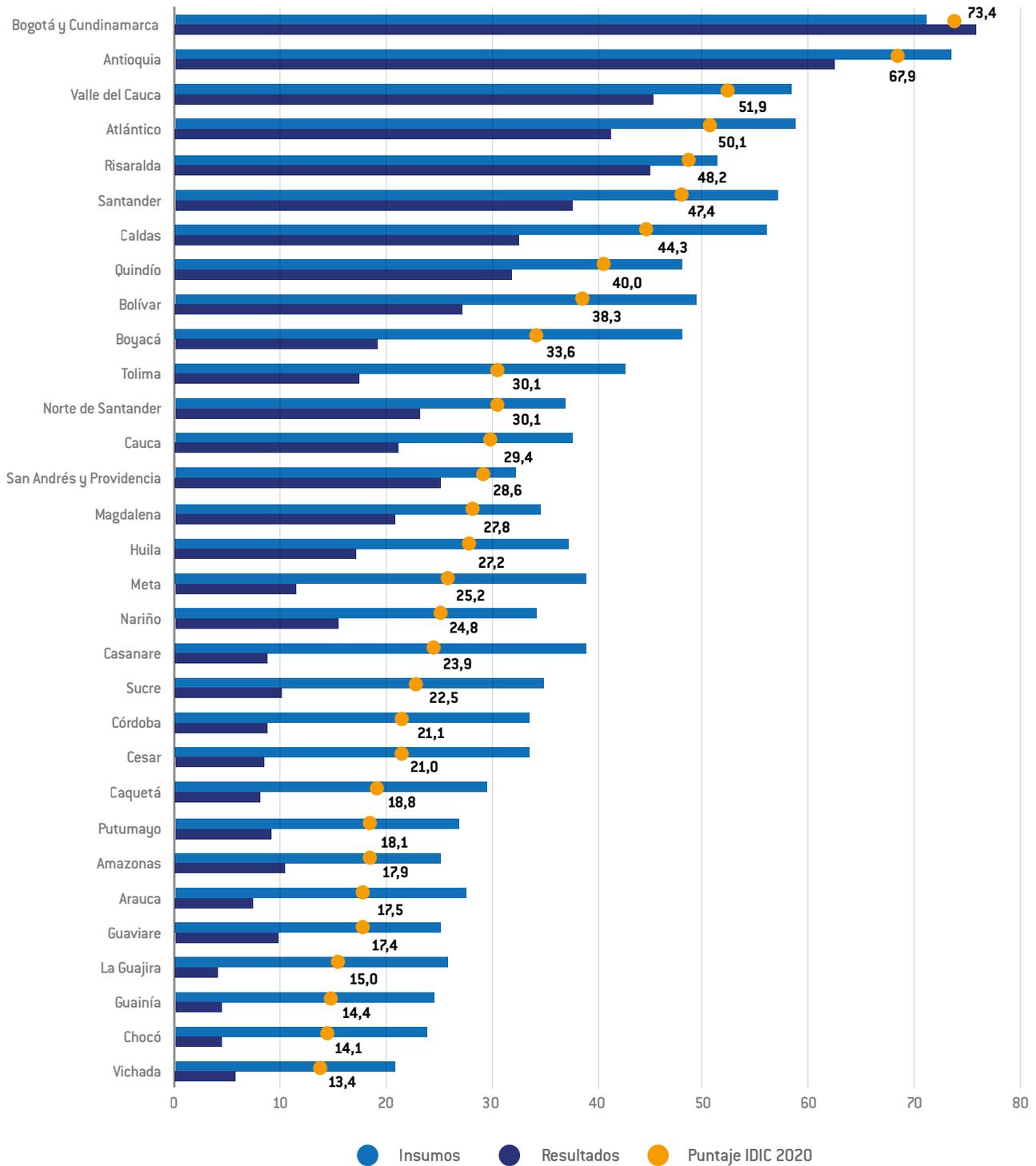
16. En el portal web de Minciencias, por ejemplo, existe un *banner* de la “Ruta de Innovación Empresarial”, con algunos programas e iniciativas que parecerían estar detenidos en el tiempo: Pactos para la Innovación, Alianzas para la Innovación y Sistemas de Innovación, pues no hay información reciente al respecto.

17. Estos pactos se materializan por medio de un autodiagnóstico de innovación disponible en el sitio web y un compromiso de implementar en la organización las acciones necesarias para fortalecer las actividades de ciencia, tecnología e innovación (ACTI). Una vez firmado el pacto, la empresa puede acceder a ciertas herramientas y servicios creados para dicho “camino hacia la innovación”. Se trata de un portafolio creado por Minciencias apoyado de otras entidades del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SNCTI), que ofrece ciertos privilegios entre los que también figuran puntos adicionales para las convocatorias de beneficios tributarios.

18. Con la excepción de Guaviare, que tiene un desempeño en el IDIC bajo y una RE de 38,2 %, cercana a los niveles de Boyacá (40,1 %) y Tolima (40,3 %), que tienen un desempeño medio en el IDIC.

Gráfica 2. IDIC, índice de insumos e índice de resultados por departamento, 2020.

En el IDIC 2020, Bogotá-Cundinamarca y Antioquia continúan en el grupo de desempeño alto (73,4 y 67,9 sobre 100) y mejoraron respecto a la medición de 2019. La brecha entre el líder y los departamentos de bajo desempeño es considerable: frente a Vichada es de 60 puntos.



Fuente: DNP y OCyT (2021).

Apropiación social del conocimiento en el marco de la ciencia, tecnología e innovación

Además de la demanda por conocimiento por parte del sector productivo, es importante también fomentar el uso, la valoración, la gestión y la apropiación del conocimiento por parte de la sociedad en general. En este contexto cobra importancia la apropiación social del conocimiento (ASC) como un componente esencial dentro de la política de CTI, siendo un factor transversal a la generación de conocimiento y su transferencia¹⁹, donde la participación ciudadana es clave (Minciencias, 2021f). La ASC busca “tejer relaciones entre ciencia-tecnología y sociedad, con diferentes alcances y dirigidos a diversos segmentos de la población” (p. 15). Minciencias desde hace once años ha liderado, en alianza con distintos actores, el fomento de la ASC en el país²⁰. En marzo de 2021 se publicó la Resolución 0643 de 2021 para la adopción de esta política cuyo proceso de construcción inició en el año 2018.

En este sentido, es importante destacar los programas A Ciencia Cierta (ACC) e Ideas para el Cambio (IC), que han funcionado desde hace más de ocho años²¹. En ACC²² se busca el fortalecimiento de experiencias a nivel nacional desarrolladas por organizaciones de base comunitaria que postulan sus proyectos e identifican los puntos en los que requieren fortalecimiento. En IC²³ se proponen soluciones a través de un investigador y padrino tecnológico a las problemáticas expresadas por las comunidades, haciendo un emparejamiento entre problemas y ofertas de solución²⁴.

La forma como se miden este tipo de acciones de ASC en el marco de la CTI aún requiere de estandarización y estabilización para poder ser correctamente sistematizada (OCyT, 2020)²⁵. No obstante, existen dos evaluaciones cualitativas sobre los dos programas mencionados. En cuanto a ACC, evidencia testimonial indica que el programa aporta a la “generación de confianza, fortalecimiento de procesos sociales, credibilidad en las

posibilidades de la ciencia y la tecnología para aportar a las problemáticas locales, intercambio de conocimiento, desarrollo de habilidades cognitivas y tácitas e incluso, posibles vocaciones científicas a futuro” (Daza-Caicedo *et al.*, 2020a, p. 85).

De manera similar, en el caso de IC, se mencionan diferentes tipos de aprendizajes y experiencias de vida que les “quedan” a las comunidades locales sobre cómo hacer las cosas de maneras diferentes, “recordatorios sobre el cuidado del entorno, reconocerse como productores de conocimiento, saberse centro de interés, saber que hay quienes pueden apoyar sus ideas y saber dónde y cómo encontrarlos” (Daza-Caicedo *et al.*, 2020b, p.111). Sin embargo, uno de sus mayores retos es la forma como se “orquestan” los proyectos y su interrelación entre los diferentes actores involucrados. Esto es clave para que conjuntamente se encuentren soluciones efectivas utilizando CTI para los problemas que las comunidades locales han identificado.

En este aspecto conviene destacar que el monto de inversión que reciben estos dos programas ha sido en promedio entre COP 2.000 millones y COP 4.500 millones de acuerdo con la asignación de recursos nacionales, que es significativamente inferior a los recursos provenientes del Fondo de Regalías para CTI destinados al rubro de apropiación (infortunadamente, parte de estos recursos se han quedado sin ejecutar en varias convocatorias recientes del Sistema General de Regalías —SGR—). Es muy poco el número de comunidades que se logra atender de acuerdo con el banco de proyectos que se construye en cada una de las convocatorias porque estos programas no tienen más recursos asignados²⁶.

Es importante hacer evaluaciones más estructuradas que brinden evidencia para poder fortalecer estos programas de ASC. Hasta el momento hay impactos positivos que se han evidenciado sobre el bienestar de las comunidades, las oportunidades que les ha brindado el uso de la CTI para solucionar diversos tipos de problemas que las aquejan y el empoderamiento que han adquirido en el proceso de desarrollo de los proyectos.

19. La primera Misión de Sabios, de los años noventa, ya se había referido a la ASC como una estrategia de cambio social y cultural.

20. Entre 2011 y 2018 se invirtieron tan solo COP 26.000 millones en ASC en el marco de la CTI. De hecho, la inversión en ASC en el marco de la CTI fue en promedio 1 % del presupuesto de Colciencias y 0,5 % entre 2015 y 2018 (Minciencias, 2021f).

21. Los siete centros de ciencia reconocidos por la política de reconocimiento de actores también son parte de la ASC.

22. Ha vinculado a 49.256 personas, de 64 comunidades en 21 departamentos del país (Minciencias, 2021f).

23. Han participado 33.594 personas y se han desarrollado 61 proyectos de soluciones científico-tecnológicas (Minciencias, 2021f).

24. Estos programas son herramientas con potencial transformador que precedieron al marco de la innovación transformativa y que con frecuencia se citan como ejemplo de este nuevo marco para la política de CTI (Ordóñez-Matamoros *et al.*, 2021).

25. Incluso en la política lanzada en el primer semestre de 2021 se contempla entre las actividades la “creación del Observatorio Nacional de Apropiación Social del Conocimiento” (Minciencias, 2021f, p. 34), que se esperaba desarrollar en 2022.

26. En el documento CONPES Política nacional de CTI 2021-2030 que se aprobaría finalizando el año 2021 se incluye dentro de sus objetivos estratégicos la ASC, lo cual es un signo de la relevancia que cobran otros aspectos de la política de CTI. En línea con ello, las necesidades de transformación de las sociedades hacia patrones de producción y consumo sostenibles son parte de la más reciente convocatoria de IC de 2021, que buscaba desarrollar proyectos desde la construcción social del conocimiento en los territorios del país que contribuyan a la adaptación y la mitigación al cambio climático.

Recomendaciones

Coordinación público-privada. Diseñar y poner en marcha un sistema de vigilancia tecnológica orientado a cerrar las brechas tecnológicas de las empresas.

Hacer un seguimiento cercano y periódico a cómo las empresas se ubican respecto a las fronteras tecnológicas nacionales e internacionales en cada uno de los sectores a los que pertenecen es clave para cerrar brechas tecnológicas existentes. En línea con lo anterior, se impulsaría la actualización tecnológica a través de programas de asistencia técnica y extensionismo. Este sistema de vigilancia tecnológica, enfocado en la demanda por tecnología, permitiría orientar los esfuerzos para alcanzar mayores niveles de innovación, impactando la productividad y la competitividad en el tejido empresarial colombiano²⁷.

De esta manera se podrían diseñar objetivos para estrategias diferenciadas de mejora lideradas desde una entidad que permitiría tener una mayor claridad sobre las necesidades y los requerimientos tecnológicos de forma sistemática y permanente. También podría incluirse una herramienta de auto-diagnóstico que beneficiaría a las micro y pequeñas empresas. Este sistema de vigilancia tecnológica sería entonces un muy buen complemento de las acciones de mejora de las condiciones para favorecer la adopción de tecnología propuestas en el borrador del CONPES de CTI que se aprobaría próximamente. Además, esta recomendación debe complementarse con el escalamiento y la articulación de los programas de extensionismo recomendados en el capítulo *Productividad y emprendimiento*.

Acción pública. Escalar programas 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). En Colombia los obstáculos financieros tienen un carácter disuasivo porque pueden hacer que la empresa desista de su proceso de innovación (CPC *et al.*, 2021). Las empresas manifestaron

que se apoyan en los instrumentos ofrecidos públicamente, pero destacan que los procedimientos no son sencillos de culminar.

Este modelo de cofinanciación²⁸ debería considerar, además de las fases de desarrollo del bien o servicio que es el objeto de la innovación, la asignación de montos de financiación acordes a la etapa de desarrollo o maduración de la empresa (CPC, 2020). En efecto, finalizando el primer semestre de 2021, iNNpula lanzó una línea de apenas COP 720 millones para la implementación de proyectos de innovación para sofisticar la oferta de valor de clústeres asociados al sector de la construcción. Esta herramienta es un incentivo interesante para que las empresas contribuyan a la recuperación económica y debe no solo escalarse para el sector construcción, sino para el resto de los sectores que se vieron mayormente afectados por la pandemia (para turismo se hizo en 2020). Se debe buscar que estos proyectos puedan generar cierto grado de sinergias o “agregación tecnológica” (a manera de sistemas de innovación) de forma tal que logren generar economías de escala funcionales.

Acción pública. Fortalecer y escalar el esquema nacional de vouchers de innovación.

Los vouchers pueden funcionar como un vehículo para financiar la inversión en tecnología e innovación²⁹. Es importante fortalecer y escalar este esquema utilizando los aprendizajes de los proyectos tipo a nivel territorial que fueron diseñados para incrementar la innovación en las mipymes³⁰. Esta herramienta ya existe dentro del programa iNNpula Tec, liderado por iNNpula, como vouchers de transferencia de conocimiento.

Se han logrado procesos de conexión en torno a 45 proyectos de innovación empresarial, y se espera lanzar la segunda convocatoria en noviembre de 2021³¹. Sin embargo, es importante conocer cifras sobre la evolución de estos programas que permitan evidenciar no solo cuántos vouchers fueron otorgados o el monto cofinanciado, sino el tipo de proyectos que se pudieron realizar o que están en curso con el propósito de conocer la efectividad del instrumento. De igual forma, debe considerarse la evaluación del programa desde el principio para irlo fortaleciendo en el tiempo.

27. A este sistema deberían contribuir distintos actores, como centros de tecnología o innovación, universidades, entre otros.

28. La cofinanciación es un instrumento para promover el desarrollo conjunto de programas y proyectos de I+D+i entre empresas y universidades o centros. Dependiendo del tamaño, se otorga el incentivo o monto cofinanciable. Las empresas aportan también recursos (Minciencias, comunicación personal).

29. Los vouchers tienen un componente asociado a la colaboración entre los proveedores de conocimiento y las pymes (Cirera *et al.*, 2020), y también se han usado para solucionar el problema de falta de colaboración que lleva a innovaciones empresariales de baja calidad. La Misión de Internacionalización proponía que el esquema operara mediante la invitación a una convocatoria en la que las empresas enviaban sus propuestas detallando la necesidad tecnológica específica y cómo el servicio de innovación ayudaría a resolverla.

30. Por ejemplo, iniciativas como la del Casanare en 2018 para servicios de innovación a 50 empresas de la región (Mincomercio, 2019) infortunadamente no terminaron realizándose porque se dejó perder la vigencia de los recursos de regalías.

31. Se han fortalecido 25 entidades soporte del ecosistema de innovación y más de 400 empresas.

Acción pública. Promover el uso de beneficios tributarios (BT) en CTI por parte de las pymes de base tecnológica.

Los beneficios tributarios han sido uno de los instrumentos bandera para fomentar la inversión privada en proyectos de CTI³². El Decreto 1011 de 2020 estableció un crédito fiscal de 50 % para las inversiones realizadas en proyectos de investigación, desarrollo tecnológico e innovación o vinculación de capital humano de alto nivel, que ha impulsado el uso de este instrumento por parte de pymes. Sin embargo, en el año 2020 todavía el 54,6 % de las empresas que recibieron beneficios tributarios en CTI fueron grandes, y 43,4 %, mipymes³³. El monto de inversión de estas últimas correspondió al 11,2 %.

En tanto sigan operando los beneficios tributarios, es importante simplificar su proceso de aplicación y socializar de manera más amplia y efectiva las convocatorias. Esto se debe a que las pymes con frecuencia son menos informadas y conscientes de la disponibilidad de este tipo de esquemas (Cirera *et al.*, 2020). De igual manera, es importante hacer los ajustes a los que haya lugar con base en los resultados de la evaluación de impacto que se está realizando de este instrumento y que se esperarían finalizando el año 2021.

Acción pública. Fortalecer la relación universidad-empresa a través de alianzas público-privadas.

Las alianzas público-privadas en CTI son instrumentos que pueden contribuir a enfrentar los desafíos sociales y globales pues representan un arreglo que permite compartir los riesgos, los resultados y la responsabilidad de las inversiones conjuntas (OCDE, 2016). Además, estas alianzas se generan en un ambiente de colaboración que propicia un proceso no solo de intercambio y transferencia del conocimiento, sino de cocreación de este mismo (Kreiling *et al.*, 2021). El programa Colombia Científica, lanzado en 2017, es un ejemplo de este tipo. Más recientemente, la Convocatoria de la Misión de Bioeconomía que se cerró a principios de julio de 2021 estaba dirigida a alianzas estratégicas entre diferentes actores del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SNCTI), incluidas las universidades y el sector productivo.

Continúa siendo imperante buscar iniciativas que incentiven la confianza y promuevan la articulación universidad-em-

presa³⁴, así como del resto de los actores, para que el sistema de innovación colombiano trabaje en conjunto y no de manera aislada (Misión de Sabios, 2020).

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

Es necesario favorecer las estrategias y los alicientes para la vinculación de doctores graduados en el país y en el exterior en sectores distintos a la academia, procurando fomentar la contratación por periodos más largos y no limitados a estancias doctorales de un año. Una alternativa es establecer esquemas de intercambio de personal entre las universidades o centros de investigación públicos y las empresas alrededor de proyectos específicos de investigación (CPC, 2020).

En relación con esto, en el Decreto 1011 de 2020 se incluyeron incentivos tributarios para la contratación de personas con doctorado en las empresas que son un buen estímulo para su vinculación laboral. Por otra parte, la meta de 800 apoyos de Minciencias para el cuatrienio y otros aliados para estancias posdoctorales está en un avance con corte a 2020 del 56 % (Minciencias, 2021b), aunque es necesario hacer un seguimiento para evaluar qué sucede con los doctores beneficiados una vez termina el apoyo gubernamental. Al cierre de edición de este informe se estaba estructurando la evaluación de resultados del componente de estancias posdoctorales por parte de Minciencias.

A pesar de los avances señalados, resulta imperativo continuar desarrollando estrategias para hacer un emparejamiento efectivo entre las necesidades del sector productivo y los doctores (PhD) graduados, así como de quienes están culminando su formación doctoral. Un paso importante en esta dirección es el portafolio de doctores de Minciencias que se está sofisticando y espera ser una plataforma que les permita una exposición efectiva a las partes interesadas.

Acción pública. Promover el uso de la compra pública innovadora (CPI).

La CPI es una figura que necesita fortalecerse y aumentar su uso³⁵. Si bien hace parte de algunas circulares de Colombia Compra Eficiente (CCE) y se enmarca dentro de la normatividad vigente del

32. Con corte a diciembre de 2020, se había avanzado en la ejecución de 52,1 % respecto a la meta del cuatrienio, de un cupo de COP 4,8 billones. El cupo asignado para el año 2021 es COP 1,9 billones.

33. Específicamente, 27,6 % medianas, 11,9 % pequeñas y 4,2 % micro (Minciencias, 2021a).

34. La cofinanciación es precisamente un instrumento que puede contribuir a promover alianzas entre universidades y empresas.

35. Esta es una figura que permite promover la innovación desde la demanda estatal, de manera que el Gobierno sea pionero y pueda en algunos casos contribuir directamente como codesarrollador de tecnologías innovadoras (Ospina *et al.*, 2021).

estatuto general de contratación y normas relacionadas con causal de ciencia y tecnología desde hace varios años, su uso no es muy frecuente debido a: (1) la aversión al riesgo de los servidores públicos por el temor al control disciplinario, (2) bajas capacidades de negociación, y (3) malas prácticas en el diseño y adjudicación de contratos (CAF, 2019; Misión de Internacionalización, 2021a).

No obstante, se ha empezado con dos pilotos, y varias ciudades colombianas tienen una política de CPI que debería servir como ejemplo. El esfuerzo en este frente debe continuar, tanto para que CCE desarrolle capacidades y logre asesorar a las entidades en este tipo de compra como para contar con los entes de control como aliados, de manera que la CPI permita contribuir a la implementación del Marco de Inversión en CTI.

La CPI está siendo utilizada mundialmente para dinamizar los ecosistemas de innovación^{36,37}. En Colombia se puede aprovechar su potencial, pues la CPI no está dependiendo de un presupuesto público anual como otros instrumentos. Podría ser un vehículo para impulsar la demanda de empresas que estén adoptando nuevas tecnologías e innovando (Misión de Internacionalización, 2021a), así como para implementar el Marco de Inversión en CTI reglamentado a principios de septiembre. En esa línea, el Gobierno puede dinamizar el desarrollo tecnológico y la innovación en el país desde la demanda también estableciendo cuotas de CPI como porcentaje de las compras totales de un sector administrativo (CPC, 2020)³⁸.

Acción pública. Promover la política de datos abiertos a través de la adopción de prácticas de ciencia abierta.

De acuerdo con la Misión de Sabios (2020), los datos desempeñan un papel fundamental en las sociedades para “generar valor social y económico agregado”. Se han adelantado diversas acciones en el marco de “ciencia abierta” en los últimos años, pero no hay una política clara que las guíe y coordine³⁹. En 2019 Colciencias (ahora Minciencias) publicó la Resolución 0167 de

2019 con los lineamientos para una política de ciencia abierta, y actualmente el ministerio está formulando la política, tanto a partir de los lineamientos como de las recomendaciones de la Misión de Sabios y las tendencias actuales en esta materia. Dichos lineamientos deben estar orientados a favorecer “la democratización del conocimiento, la transparencia y el empoderamiento ciudadano y regional para una ciencia más dinámica al alcance de todos” (Misión de Sabios, 2020, p. 435)⁴⁰.

En 2019 se creó la Red Colombiana de Información Científica (RedCol) (Resolución 0166 de 2019) como la estrategia del Ministerio orientada a potenciar el acceso, la visibilidad, la circulación y la gestión de la información científica nacional a partir de la formulación de políticas y la coordinación de la implementación de componentes de ciencia abierta (Minciencias, comunicación personal)⁴¹. Más recientemente, se destaca la iniciativa del Atlas del Conocimiento: una herramienta de acceso abierto a la producción científica colombiana que lanzó el Observatorio de Ciencia y Tecnología (OCyT) en alianza con Minciencias a mediados de 2021. Allí se pueden consultar cuatro tableros de visualización interactiva sobre productos y colaboraciones del conocimiento y otros asociados a los Objetivos de Desarrollo Sostenible y al COVID-19.

La consolidación de diversas iniciativas de datos abiertos como las indicadas y su interoperabilidad debe ser una de las apuestas de la nueva política de ciencia y datos abiertos. Además, la publicación de bases de datos de las investigaciones es un elemento que sería necesario incluir en dicha política.

Acción pública. Utilizar el Índice Departamental de Innovación para Colombia (IDIC) como una herramienta para trabajar por cerrar las brechas de CTI en las regiones y priorizar el gasto desde el orden nacional.

Como señala el DNP (2021b), “Colombia es un país que presenta importantes brechas en las regiones tanto en sus

36. 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, Países Bajos, Irlanda, Francia, Italia, Letonia, Japón, Austria, Chile, Costa Rica, Alemania, Lituania, Portugal y Tailandia (CPC, 2020).

37. La Ley 1150 de 2007 y el Decreto 1510 de 2013, en el artículo 155, establecieron la desagregación tecnológica como instrumento para el desarrollo tecnológico de proveedores locales en los proyectos de inversión pública como el metro de Bogotá.

38. En línea con lo anterior, es conveniente actualizar la normatividad que habilita la contratación directa por actividad de CTI incluyendo el mecanismo de CPI, que de una mayor tranquilidad y seguridad jurídica para poderlo utilizar.

39. Finalizando 2018 Colciencias (hoy Minciencias) publicó unos lineamientos de una Política de Ciencia Abierta para Colombia que sentaban las bases para materializar en un plan de acción en 2019 con un horizonte de tiempo a 2030. Sin embargo, este plan no se presentó. Iniciativas académicas y ciudadanas que muestran un avance en materia de ciencia abierta en Colombia son descritas como antecedentes en estos lineamientos (Colciencias, 2018).

40. Se espera tener el documento preliminar de la política en el segundo semestre de 2021, y su aprobación está proyectada para el primer semestre 2022.

41. La RedCol ha vinculado entre 2019 y el primer semestre de 2021 a 68 instituciones de las diferentes regiones del país, a partir de la interacción entre los actores del SNCTI, logrando así consolidar y visibilizar más de 141.210 productos en acceso abierto.

estructuras políticas, económicas y sociales como en sus resultados de innovación” (p. 11). Esto es evidente para los subíndices y desagregaciones del IDIC, en las que se observan rezagos considerables⁴².

Así como para Colombia el Índice Mundial de Innovación de la OMPI da cuenta de las brechas existentes con diferentes países en el mundo, los departamentos pueden aprovechar la valiosa información que recoge el IDIC para identificar en cuáles pilares o indicadores deben focalizar sus acciones. Esto permitirá tomar medidas de política que contribuyan a mejorar su desempeño, impactando los sistemas regionales de innovación.

El IDIC puede también contribuir en la definición de contrapartidas de actores a la hora de acceder a la oferta de recursos del orden central. Por ejemplo, la brecha de Bogotá-Cundinamarca con Vichada invita por el lado de los insumos a fortalecer el sistema educativo de básica, media y superior en el departamento del Vichada, lo cual se esperaría ver reflejado en las pruebas Saber. También es clave que el acceso a las TIC sea uno de los criterios habilitantes para que el Vichada pueda generar innovación. Por el lado de los resultados del IDIC, se necesita trabajar en los indicadores de creación, impacto y difusión del conocimiento. Todo esto siempre reconociendo las heterogeneidades de cada uno de los territorios.

Coordinación pública-privada. Vincular al sector empresarial en programas relacionados con la apropiación social del conocimiento en el marco de la CTI.

La ASC en el marco de la CTI es un proceso que convoca a todos los actores del sistema de innovación, incluidas las empresas, a participar “de prácticas de intercambio, diálogo, análisis, reflexión y negociación” de acuerdo con los contextos donde se desenvuelven (Minciencias, 2021f, p. 20). Los programas A Ciencia Cierta e Ideas para el Cambio son una opción para que las empresas participen en este proceso con las comunidades a nivel regional. Estos ofrecen una plataforma con potencial transformador donde el sector empresarial puede vincularse favoreciendo la producción de externalidades positivas a través del fortalecimiento del capital social y el desarrollo de capacidades productivas a nivel local.

La participación de las empresas puede materializarse a través del apoyo a estos proyectos en calidad de padrinos tecnológicos, o con cofinanciación para el desarrollo de estas iniciativas en los sectores que se consideren estratégicos. En cualquiera de estos dos casos, este involucramiento puede contribuir a consolidar encadenamientos productivos o al desarrollo de esquemas de proveeduría beneficiando tanto a las comunidades como al sector empresarial, y promoviendo así el desarrollo de una competitividad más inclusiva y sostenible.

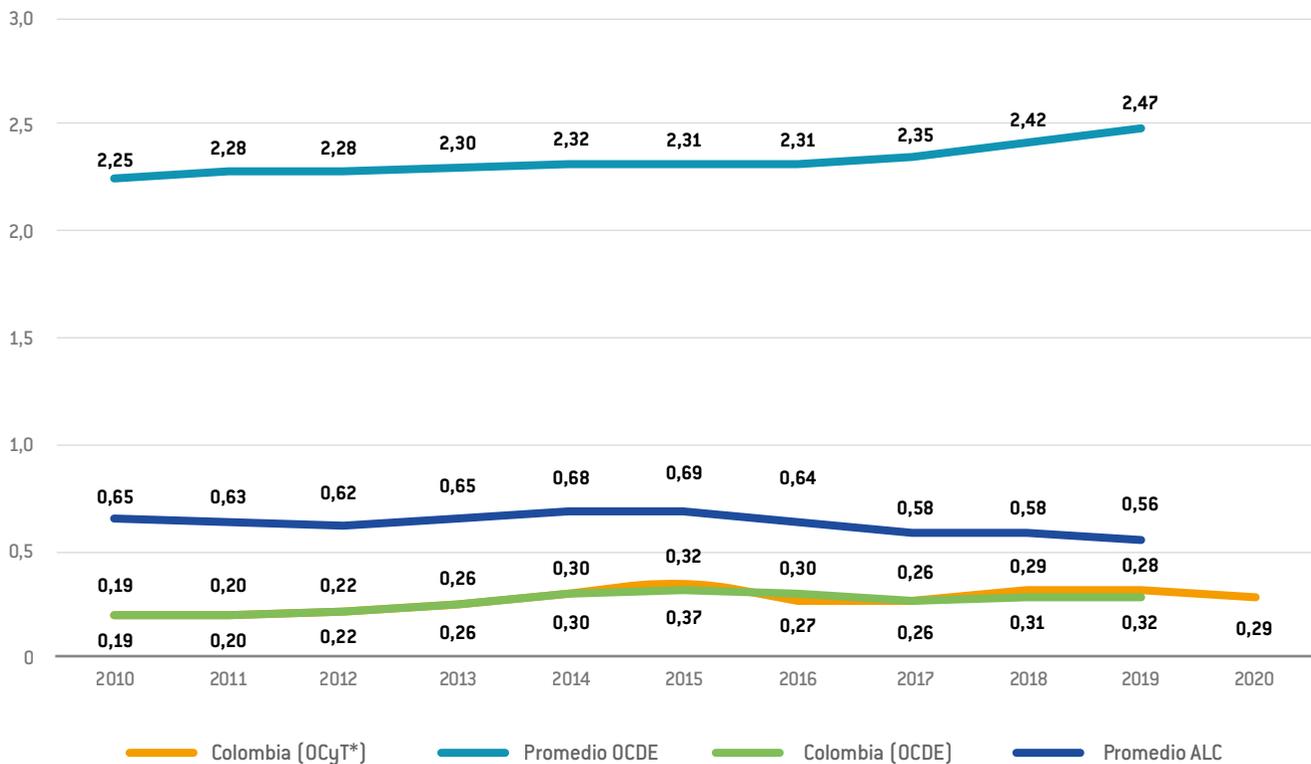
42. La herramienta del módulo de consulta de datos puesta a disposición en la lectura de 2020 permite hacer este tipo de comparaciones de una manera muy ilustrativa. Además, el mapeo de actores clave es muy útil para observar los buenos ejemplos de articulación en otros departamentos que contribuyan a cerrar estas brechas (DNP, 2021b).

OFERTA DE CONOCIMIENTO

En la medida en que el sector productivo y la sociedad busquen apalancar más el conocimiento y la tecnología para su crecimiento y desarrollo, es clave que el SNCTI responda de manera oportuna y pertinente. La oferta de conocimiento se da tanto a partir de la generación y transferencia de este como facilitando el flujo de conocimiento y tecnología ya existentes en el mundo hacia el país. Estas tareas requieren esfuerzos en investigación y desarrollo y una mayor conexión del SNCTI tanto con las redes internacionales de conocimiento como con los retos económicos, sociales y ambientales de las empresas y los ciudadanos colombianos. De esta manera se contribuirá a darle a la CTI el rol como fuente de crecimiento en el largo plazo para Colombia.

El esfuerzo económico y humano que hace Colombia por generar conocimiento es inferior al de la región y los países de la OCDE. Según las cifras más recientes, el país alcanzó en 2020 un nivel de inversión en I+D de 0,29 % del PIB⁴³ (Gráfica 3), inferior al promedio observado de la región (0,56 % del PIB para Latinoamérica y el Caribe en 2019 (RICYT, 2021) y lejos de Brasil (1,16 % del PIB en 2018) o de los líderes a nivel mundial, Israel y Corea del Sur, que invierten cerca de 5 % de su PIB en I+D. En particular, la participación de I+D pública en Colombia en 2020 fue de 0,098 % del PIB, y la del sector privado, de 0,192 % del PIB (OCyT, 2021)⁴⁴.

Gráfica 3. Inversión en I+D (% del PIB). Colombia, 2010-2020.



*Serie revisada por el OCyT y preliminar a la publicación del Informe de indicadores de ciencia y tecnología.

Fuente: OCDE (2021c), OCyT (2021) y RICYT (2021).

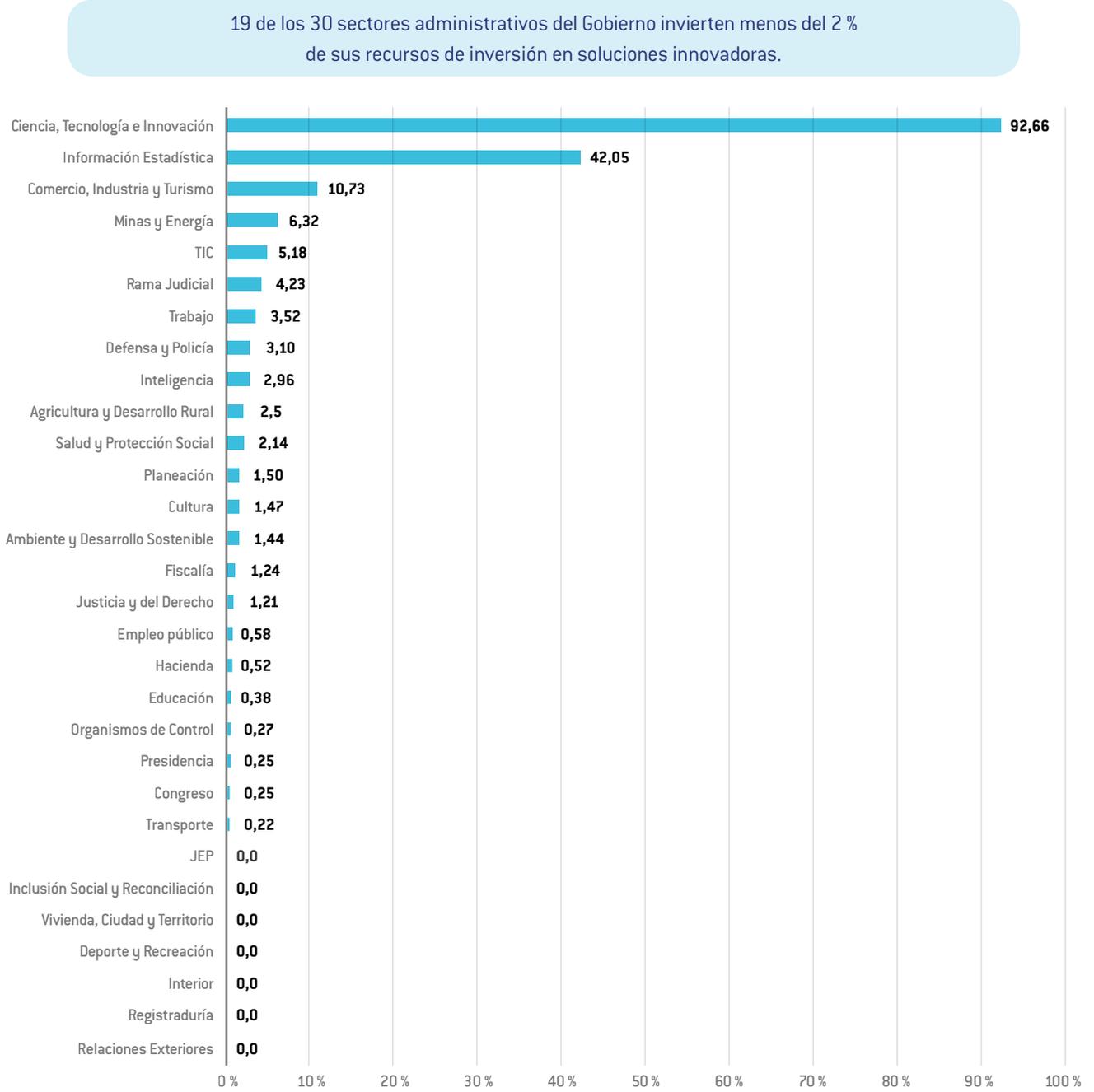
43. Desde 2015 no se ha superado el nivel de 0,37 % del PIB (OCyT, 2021). La inversión en I+D representó en promedio alrededor de 38,5 % del total de la inversión en ACTI entre 2015 y 2019.

44. La participación promedio de la inversión privada en I+D en los últimos cinco años fue 57,2 %; la pública, 37,6 %, y la inversión con recursos internacionales, 5,1 % según las cifras de OCyT (2021).

Este nivel de inversión en I+D pasa, por un lado, por su baja priorización en la inversión pública: el porcentaje del Presupuesto General de la Nación (PGN) destinado a actividades en ciencia, tecnología e innovación (ACTI) fue en promedio

2,6 % entre 2014 y 2019⁴⁵. El 84,3 % de esta inversión está concentrada en seis sectores (de treinta)⁴⁶, y la mayoría de los sectores invierten menos del 1 % de su presupuesto en ACTI (DNP, 2021d) (Gráfica 4).

Gráfica 4. Promedio de inversión en ACTI respecto al total de la inversión por sector administrativo (%). Colombia, 2014-2019.



Fuente: DNP (2021d).

45. No se incluyen en estos recursos fuentes como el SGR o el Sistema General de Participaciones (SGP).

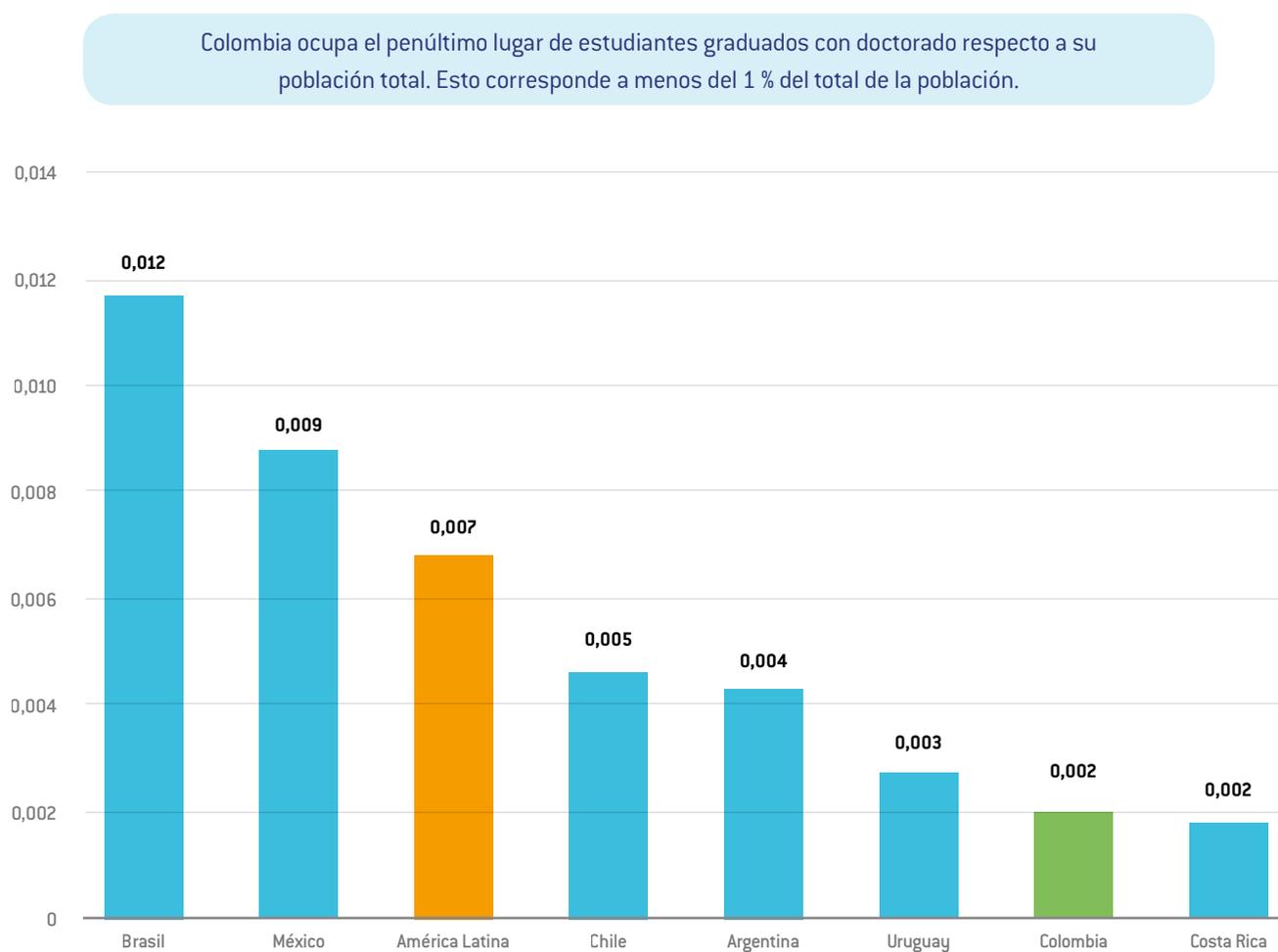
46. Estos son: ciencia, tecnología e innovación, minas y energía, información estadística, trabajo, agricultura y TIC.

Precisamente, en el proceso de edición final de este capítulo se publicó la Directiva Presidencial N.º 06 de 2021, Bases del Marco de inversión en CTI, que fija metas anuales de inversión mínima en ACTI calculadas en pesos para el año 2022 a los 24 sectores de la rama ejecutiva de orden nacional. Así, después de doce años se logró reglamentar el marco en el que se agrupan los sectores administrativos según su perfil de inversión en ACTI⁴⁷, clasificándolos en cuatro grupos distintos para los que se establece una meta mínima de inversión

en ACTI que puede ser cumplida mediante presupuesto de inversión o funcionamiento^{48,49}.

Ahora bien, aunque la I+D pública no contribuye directamente al crecimiento económico, es clave para estimular la I+D privada (Athreye y Wunsch-Vincent, 2021). Precisamente, una de las tareas más importantes que tiene el Gobierno para generar ese cambio radical que requiere la CTI⁵⁰ corresponde a activar la innovación del sector privado. Aunque la participación de este ha aumentado en los últimos años al

Gráfica 5. Estudiantes graduados con doctorado (% de la población total). Colombia y países de referencia, 2019.



Nota: Los datos de Costa Rica son para el año 2018.

Fuente: Red IndicES (2021) y RICYT (2021). Cálculos: CPC.

47. La clasificación se hace en: menor tamaño, sobresalientes, referentes y alto potencial.

48. Este se calcula dependiendo del perfil, sobre el presupuesto de inversión total del sector o sobre el promedio de inversión en ACTI 2014-2019 con un incremento de 10 %.

49. Para lograr las metas definidas se necesita que las entidades del orden nacional adopten las medidas pertinentes para implementar los montos presupuestales por medio de iniciativas basadas en ACTI permitiendo "el cumplimiento de la misionalidad y funciones de cada sector" (DAPRE, 2021, p. 4).

50. Entendida no solo como sector administrativo según las definiciones del Manual del Estado Colombiano de Función Pública, sino como sector transversal a todos los demás sectores administrativos.

pasar de 28,2 % en 2010 a 42,9 % en 2019⁵¹, contrasta con los niveles observados en los países de la OCDE, que en 2018 fue de 62,9 %⁵².

Así mismo, en 2017 por cada millón de habitantes en Colombia había 88 investigadores, muy por debajo de Argentina, que en 2018 tuvo 1.211, y Uruguay, con 696 (CPC, 2020). En Colombia la proporción de mujeres investigadoras se ha incrementado desde 33,9 % en 2013 a cerca de 38,1 % en 2019 (con 16.796 investigadores reconocidos según Minciencias, 2021d)⁵³.

Por otra parte, en el país ha aumentado de manera significativa el número de personas con maestría y doctorado. Entre 2015 y 2019 pasaron de 14.602 a 24.846 las personas graduadas anualmente de programas nacionales de maestría, y de 466 a 961 aquellas de doctorado⁵⁴. A su vez, los programas de doctorados activos en Colombia en 2019 ascendieron a 382 (Minciencias, 2021b). No obstante, el porcentaje de estudiantes graduados de educación superior con doctorado en 2019 era de los más bajos en la región (Gráfica 5).

Al analizar algunos indicadores de capacidad de investigación, como investigadores activos reconocidos y grupos de investigación (Tabla 2), se identifica que la participación de investigadores en las áreas de ingeniería y tecnología es inferior

al del resto de las áreas. Por lo demás, se observa que las ciencias sociales y las humanidades concentran la mayoría de las becas y créditos para doctorado o maestría (48,4 %) y gran parte de los programas nacionales de doctorado (42,3 %). En contraste, en el año 2019 el área de ciencias sociales y humanidades tuvo la menor proporción de grupos de investigación de alta calidad (aquellos clasificados por Minciencias como A1) respecto al total de grupos del área de estudio, con 8,7 %. Las más altas calificaciones las tuvieron las ciencias naturales y agrícolas con 16,2 %, e ingeniería y tecnología con 14,9 %⁵⁵.

Si el objetivo es generar capacidades de investigación en disciplinas de ciencia, ingeniería y matemáticas, se deben revisar las prioridades en la asignación de recursos públicos para becas o créditos de estudios superiores. La investigación en ciencia básica es clave para el crecimiento de la productividad y para promover la innovación en tecnologías limpias y reducir las emisiones de Gases Efecto Invernadero (FMI, 2021). Por ejemplo, conviene alinear criterios de desempeño de los grupos de investigación o examinar el rendimiento en las distintas áreas del conocimiento de modo que vayan de acuerdo con las necesidades y los retos prioritarios de desarrollo del país (CPC, 2020).

Tabla 2. Capacidad de investigación por área (participación, %), 2019.

Área de la ciencia y la tecnología	Investigadores reconocidos	Grupos de investigación
Ciencias naturales y agrícolas	25,8	22,8
Ciencias médicas y de la salud	19,8	16,8
Ciencias sociales y humanidades	38,4	41,0
Ingeniería y tecnología	13,4	19,5

Fuente: Minciencias (2021d). Cálculos: CPC.

51. Según las cifras del OCyT (2021), se pasó de una participación privada en la inversión en I+D de 50,6 % en 2017 a 61,1 % en 2020, acercándose al promedio de los países de la OCDE (62,9 % en 2018).

52. Según los últimos datos disponibles en la OCDE, en Japón, Corea del Sur, Alemania, Bélgica y Estados Unidos la participación en la financiación privada del gasto en innovación es superior a ese promedio.

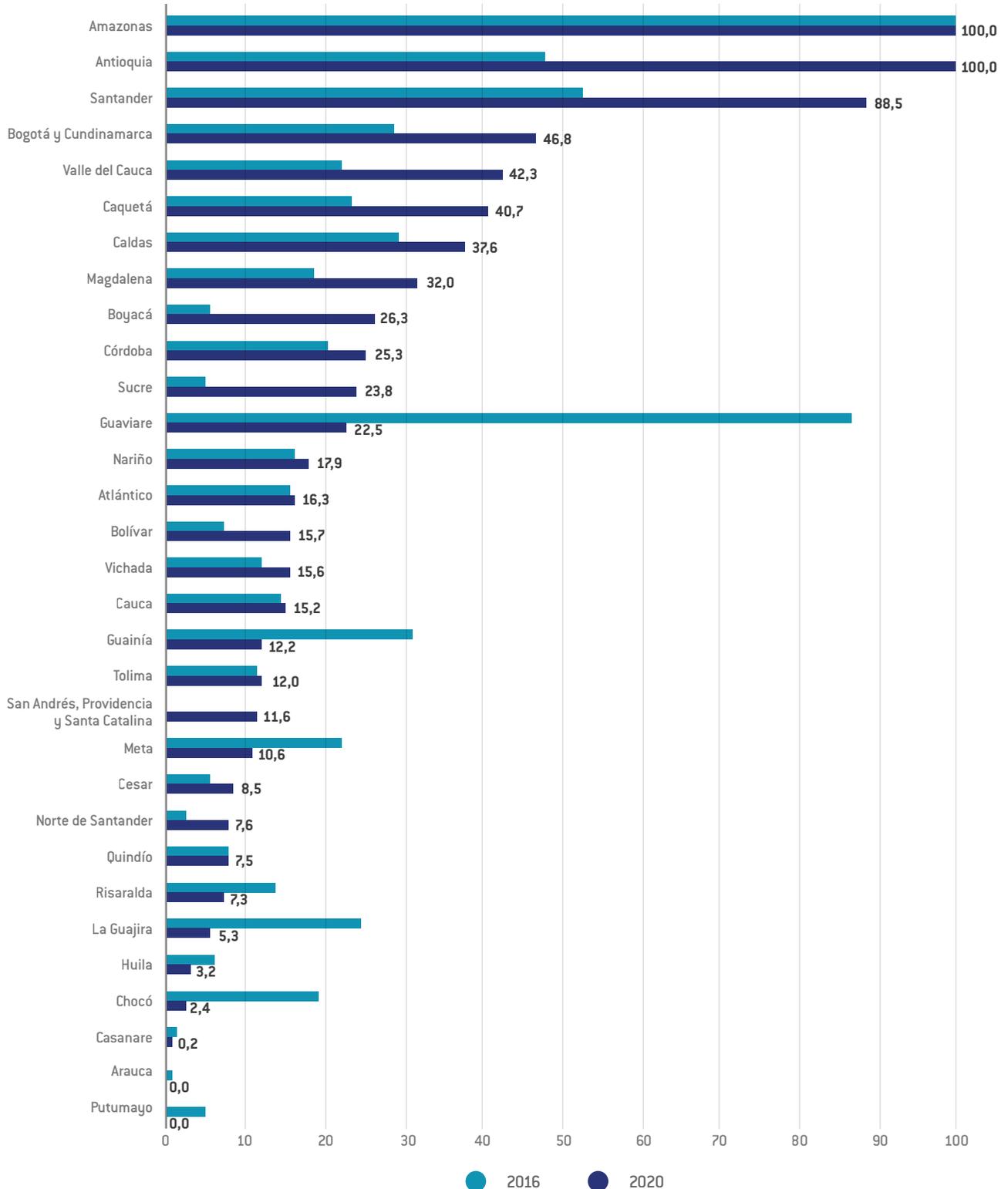
53. En 2018 las investigadoras mujeres a nivel global fueron alrededor del 33,3 % del total los investigadores, proporción que se ha incrementado desde 28,4 % cinco años atrás (Unesco, 2021).

54. Las personas graduadas de programas nacionales de doctorado son 27,3 % del total de personas graduadas de doctorado (CPC, 2020).

55. En ese año, la participación de los grupos de investigación en estas áreas fue 22,8 % para ciencias naturales y agrícolas y 19,5 % para ingeniería y tecnología.

Gráfica 6. Gasto bruto en investigación y desarrollo (I+D) como porcentaje del PIB (puntaje normalizado en el IDIC), 2016 y 2020.

Según el IDIC, la inversión en I+D en 2020 mostró mejoras en la mayoría de los departamentos frente a lo observado en la medición 2016.



Fuente: DNP y OCyT (2021).

Además, la capacidad de investigación por departamento es muy heterogénea, según el IDIC que publican DNP y el OCyT. Al observar el componente del número de investigadores según los resultados del IDIC 2020, Boyacá y Caldas lideraron el indicador, seguidos por Bogotá-Cundinamarca y Quindío, mientras que Vichada, Amazonas, Guaviare y Guainía presentaron un nulo o muy bajo número de investigadores (DNP y OCyT, 2021).

Por otra parte, Antioquia, Amazonas y Santander mostraron los puntajes más altos en la inversión en I+D, mientras que Casanare, Arauca y Putumayo se ubicaron los últimos tres lugares (Gráfica 6). Antioquia y la región Bogotá-Cundinamarca fueron los departamentos con el puntaje más alto en el pilar de generación (creación) del conocimiento, en tanto que 45,2 % de los departamentos se ubicaron en desempeño bajo, y 19 %, en medio bajo (DNP, 2021b).

En efecto, el tipo de innovación que se desarrolle y emane en los departamentos debe responder a necesidades propias de cada uno de ellos. No obstante, es posible que los departamentos con puntajes más altos jalonen a los departamentos con puntajes bajos.

Adicionalmente, las universidades colombianas tienen pocas conexiones con el mundo, tal y como lo señala la Misión de Internacionalización. Solo el 8,4 % de los investigadores registrados en Colombia han participado en redes internacionales de conocimiento especializado (DNP, 2019). El 47 % de artículos en Scopus involucraron colaboraciones con actores internacionales, por debajo de países como Chile (61,3 %) o Costa Rica (71,3 %) (DNP, 2021a). Finalmente, en 2018 menos del 0,04 % de los estudiantes en universidades colombianas eran extranjeros (Misión de Internacionalización, 2021a).

En relación con la producción de publicaciones por cada millón de habitantes, Colombia ocupó en 2020 el séptimo lugar en Latinoamérica⁵⁶, con un total de 2.412 documentos citables⁵⁷. Por su parte, Chile se ubicó en primer lugar con 8.750, seguido por Uruguay con 6.132, Brasil con 5.015, Argentina con 4.945, Costa Rica con 2.840 y México con 2.764. Esta productividad científica se puede medir con el Índice

H⁵⁸, en el cual Colombia se encontraba en el quinto puesto con 333 en 2020, por debajo de Brasil (649) y México (504), y superior al del promedio de América Latina (251). Sin embargo, este indicador es considerablemente inferior al del promedio de la OCDE (828). Además, el impacto de esta producción de conocimiento ha venido cayendo: Colombia ocupa el lugar 186 entre 240 países en citaciones por publicación (Scimago, s.f.).

En este marco es importante conocer los resultados del proceso de seguimiento y evaluación planteados en la política nacional para mejorar las publicaciones científicas nacionales que en su momento Colciencias (hoy Minciencias) publicó a través del Documento 1601 de 2016. Esta política cumplió cinco años en su proceso de implementación, y dicha evaluación no se menciona en el borrador del CONPES de CTI que se publicaría para comentarios en el cuarto trimestre de 2021.

Finalmente, respecto a los resultados en generación de conocimiento, en 2020 las solicitudes para registro de patentes de invención se ubicaron en 2.121, y efectivamente se concedieron 1.075, mostrando una tasa de concesión de 50,7 %, lo cual contrasta con el valor de 76,7 % observado en 2019⁵⁹. Las solicitudes de diseños industriales concedidas (81,1 % de las solicitudes) mostraron un crecimiento de 25,8 %, pasando de 511 a 642, mientras que las marcas concedidas (de 58,3 % solicitudes) disminuyeron 15,9 %, al pasar de 34.790 a 29.260.

Por otro lado, si bien las patentes son un indicador de invención por excelencia, es importante reconsiderar “los incentivos permanentes a patentes sin buscar la transferencia”, como lo sugirió la Misión de Sabios (2020, p. 250). Además, estas no dan cuenta de su explotación comercial o aplicación, visible en los pagos de propiedad intelectual (CPC, 2020). Haciendo una comparación internacional, en Colombia los ingresos por pagos de propiedad intelectual como porcentaje del comercio exterior de bienes y servicios fueron 0,11 % en 2019, cifra similar a la de Brasil y por encima del promedio de la región (0,05 %), aunque inferior a la observada en Argentina (0,19 %) y el promedio de la OCDE (0,80 %).

56. De acuerdo con la información recolectada de la base de datos de Scopus publicada por Scimago (s.f.) para el periodo 1996-2020.

57. Esta cifra corresponde a un acumulado del periodo entre 1996 y 2020, puesto que el número de publicaciones de solo 2020 se ubicó en 15.103, con un crecimiento de 9,3 % respecto a 2019, y una contribución a la producción científica mundial de 0,35 %.

58. Este índice identifica el número de artículos de un país (h) que han recibido al menos h citaciones.

59. Las patentes de invención son un título de protección jurídica para 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. Desarrollar habilidades de investigación y vocaciones científicas desde la educación básica, con un enfoque por oferta, incluyéndolas dentro de los currículos⁶⁰.

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; CPC, 2020). Por ejemplo, desde 2001 Minciencias cuenta con el programa Ondas, que busca apoyar y estimular la curiosidad científica de niños, niñas y adolescentes promoviendo y fomentando el interés por la investigación. La meta del cuatrienio es de 34.000 niños, niñas y adolescentes certificados, y con corte a 2020 su avance era de 26 % (Minciencias, 2021b). Este programa y el de Jóvenes Investigadores continúan siendo los programas líderes para la “generación de la cadena de valor del capital humano desde las vocaciones científicas” (p. 11). 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 (CPC, 2020)⁶¹.

Así mismo, integrar los proyectos y la experiencia en investigación a las apuestas pedagógicas de los colegios procuraría la articulación de estas instituciones educativas con otros actores del SNCTI como universidades y centros de investigación. En esa medida, resulta preciso involucrar a los grupos de investigación con el desarrollo de actividades en educación básica, acercándose a la realidad de las aulas, sirviendo de referente para fomentar las capacidades científicas de los jóvenes. Este acercamiento debe permitir que los niños, las niñas y jóvenes conozcan de primera mano las dinámicas propias del SNCTI vinculadas a los procesos de producción, circulación y apropiación del conocimiento en relación con los retos de cada región en CTI (Minciencias, comunicación personal)⁶².

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

Los estereotipos de género persisten en un ambiente que debería ser competitivo en conocimiento. En efecto, desde temprana edad estos tienen influencia en la elección de educación superior y en las expectativas de carrera (CPC, 2020). Es así como, a nivel global, las mujeres graduadas están sobrerrepresentadas en las artes y humanidades, periodismo e información, ciencias sociales y salud y bienestar (Unesco, 2021). Para el caso específico de Colombia, este comportamiento es similar, con una representación de 58,5 % en artes, 70,6 % en periodismo, 62,7 % en negocios y derecho y 72,8 % en salud y bienestar. Infortunadamente, la proporción de mujeres en ingeniería es de apenas 34,6 %, y en TIC, de 23,3 %. Esta situación revela que existe margen suficiente para incentivar a más mujeres desde la educación básica a estudiar en campos base para la investigación, tecnología e innovación.

En este sentido, iniciativas como el programa “+ Mujer + Ciencia + Equidad” de Minciencias, en asocio con la Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura (OEI), es un paso en la dirección correcta para contribuir a remover estas barreras de género en ciencia. En su primera fase, este programa busca fortalecer las habilidades para el desarrollo de competencias en ciencia, tecnología, artes, matemáticas y segunda lengua para 10.000 jóvenes entre 18 y 28 años. La segunda fase se orienta a la formulación de proyectos y mentorías. La inscripción para participar cerró en julio de 2021.

Con el propósito de indagar cómo este tipo de iniciativas contribuyen efectivamente al cierre de brechas, será clave hacer un seguimiento a las beneficiarias del programa y hacer una evaluación posterior del programa.

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

Esta es una recomendación que se reitera dada la urgencia de actualizar el Decreto 1279 de 2002 del Ministerio de Educación, que

60. El enfoque por oferta se limita en función de los recursos disponibles para llevar a cabo la tarea, de tal forma que podrían plantearse maneras alternativas de llegar a los territorios, como puede ser el caso de procesos de financiación compartidos con los actores regionales (por ejemplo, a través de responsabilidad social empresarial o apuestas regionales por fuera del SGR) (Minciencias, comunicación personal).

61. Debe tenerse en cuenta que este proceso es responsabilidad directa del Ministerio de Educación Nacional y que debe revisarse considerando la autonomía pedagógica dada a los colegios en el marco de la Ley General de Educación (ver capítulo *Educación*).

62. Es importante impulsar en los territorios la inclusión de las actividades de CTI vinculadas al fomento de vocaciones científicas de niños, niñas y jóvenes, en espacios como los CODECTI, con el fin de potenciar desde el sector público y el privado la financiación de programas de acercamiento a la ciencia a partir de edades tempranas.

establece el régimen salarial y prestacional de los docentes de las universidades públicas y además es utilizado como referencia en muchas universidades privadas. Es necesario que los estímulos a la productividad académica estén fundamentados en métodos objetivos y aceptados internacionalmente para la medición de la calidad y el impacto de la producción científica (CPC, 2020). También resulta clave revisar los incentivos existentes para su régimen pensional especial actual. Ahora bien, resulta positivo y esperanzador que el borrador del documento CONPES de la política de CTI menciona una acción en este sentido que se esperaría cumplir al finalizar el año 2024. Será tarea del siguiente Gobierno dar un adecuado manejo a la conciliación de intereses y a las partes involucradas en este decreto para que tenga una amplia aceptación.

Además, cabe esperar que estos incentivos reflejen, como lo señaló la Misión de Internacionalización, que las universidades deben ir más allá de la docencia y buscar ser canales que faciliten el flujo, la adopción y la adaptación de conocimiento y tecnología por parte de la economía y la sociedad, ya sea conocimiento generado en Colombia o en el resto del mundo. Esto permitiría además impulsar la relación universidad-empresa.

Se recomienda realizar un estudio sobre el impacto fiscal de las disposiciones actuales que sirva como insumo para la actualización del decreto, de modo que cualquier reforma que se haga a los estímulos para la productividad académica, así como su régimen pensional especial, no solo brinde los incentivos correctos a los investigadores, sino que reduzca posibles distorsiones en el gasto.

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

La investigación pública tiene un rol central en los sistemas de innovación. Es una necesidad del Estado pues genera conocimiento por fuera de las demandas del mercado (Misión de Sabios, 2020). Por lo general, dicha investigación es de largo plazo y con un mayor nivel de riesgo que la que realizan actores privados (OCDE, 2011). Particularmente, a través de los institutos públicos de investigación (IPI) y algunos de los centros de desarrollo tecnológico (CDT), Colombia puede promover el desarrollo de tecnologías emergentes y facilitadoras necesarias para aumentar la productividad de la industria y resolver desafíos sociales y ambientales (CPC, 2020).

Con corte a junio de 2021, Colombia cuenta con doce IPI⁶³ especializados en temas como: salud (cuatro), ambiente (dos) y defensa (dos); los otros cuatro institutos pertenecen cada uno a agro, geociencias, ingenierías y ciencias básicas. Usualmente, los IPI tienen asociada una misión específica; sin embargo, podrían trabajar también de la mano con el sector empresarial local (Banco Mundial, 2020). Por tanto, es necesario revisar el mandato de las IPI para hacerlo más acorde a las necesidades de la sociedad y reducir la fragmentación, bien 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; CPC, 2020).

Además de revisar la misión de los institutos, se debe asegurar su funcionamiento a través de financiación adecuada y gobierno corporativo robusto para promover su alineación con: (1) los retos sociales y económicos en el país; (2) un programa de investigación que responda a las necesidades industriales (Intarakumnerd y Goto, 2018), y (3) la colaboración con institutos internacionales (CPC, 2020).

En esa línea, también es fundamental encontrar formas de conectar y de incrementar la colaboración con los CDT privados en el país en su tarea para promover procesos de difusión y absorción entre academia y empresas, teniendo en cuenta su experiencia específica y su agilidad administrativa. De igual modo, se requiere promover la internacionalización de la ciencia y su movilidad, como lo sugirió la Misión de Sabios.

Acción pública. Fortalecer las capacidades de las entidades de enlace de transferencia del conocimiento y la tecnología (TCT) asegurando una financiación base y visibilizando el tipo de logros alcanzados.

Las oficinas de transferencia de resultados de investigación (OTRI) tienen la misión de vincular la demanda de tecnologías de las empresas con la oferta de las universidades y centros de investigación (CPC, 2020). Según información sobre el reconocimiento de actores de Minciencias con corte a julio de 2021, cuatro de ellas están ubicadas en Antioquia, una en Bogotá y otra en el Valle; también cuatro estarán vigentes hasta 2023, y una hasta 2024.

Es necesario fortalecer las capacidades de las OTRI estableciendo un mayor número de enlaces con universidades a nivel nacional y regional, y visibilizándose también frente al sector empresarial por su misión y logros en su funcionamiento⁶⁴. En

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

64. Por ejemplo, en el estudio de barreras de la innovación las empresas manifestaron que la cooperación con actores del área de I+D (como universidades, centros de desarrollo tecnológico, etc.) ha mitigado los efectos de los obstáculos financieros (CPC y Swisscontact, 2020).

línea con esto, se necesita asegurar los recursos de estas entidades con personal y un portafolio de servicios estable, de manera que no dependan de proyectos temporales (CPC, 2020). Por último, es también importante impulsar que las novedades desarrolladas o resultantes —por ejemplo, patentes— se incorporen al mercado nacional e internacional yendo más allá de la mera transferencia.

Acción pública. Reglamentar e impulsar la implementación de la Ley 1838 de 2017 (Ley Spin-Off).

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 colombianas (CPC, 2020). Si bien se han lanzado algunas convocatorias relacionadas con la figura de los *spin-offs*, al cierre de edición de este informe se había publicado para comentarios el decreto para reglamentar esta ley, cuya implementación debe estar acompañada de un mecanismo de evaluación que permita monitorear y hacer seguimiento exhaustivo a los resultados que se deriven.

Infelizmente, sin una implementación efectiva de la ley será imposible en un futuro evaluar sus resultados y conocer el efecto de las empresas tipo *spin-off* creadas, el número de beneficiarios, así como la cantidad de empleos generados, la vinculación de los servidores públicos docentes y su articulación con los planes regionales de competitividad y con el SNCTI.

Acción pública. Asegurar la implementación de las acciones que queden aprobadas en el CONPES de la Política Nacional de Propiedad Intelectual, considerando su territorialización.

En el primer semestre de 2021 se publicó para comentarios un borrador del CONPES de propiedad intelectual (PI), que menciona en su diagnóstico importantes retos para el país en este campo como la baja generación y gestión de activos de PI y la desconexión entre la oferta y demanda de PI (DNP, 2021a).

Aunque a la fecha de cierre de edición de este informe no se ha aprobado el CONPES de PI, se destacan las actividades propuestas relacionadas con: (1) fortalecer el conocimiento sobre

la existencia, beneficios y cultura de derechos de PI; (2) fomentar acciones para que las mipymes tengan un mejor aprovechamiento de los procesos de PI, y (3) fortalecer el conocimiento y la capacidad del sistema para adelantar la valoración de intangibles.

Sin embargo, se deben incluir acciones que respondan a la territorialización de la política pues se identifican retos en la presencia y conexión con el territorio en su diagnóstico (DNP, 2021a) que se debería procurar atender. Por último, es necesario brindar claridad sobre cómo se articula la política de PI con la política de CTI, cuyo documento de política se esperaría también aprobar finalizando el año 2021. Una vez aprobado este documento CONPES, es trascendental que se avance inmediatamente en su implementación.

Acción pública. Incrementar el apalancamiento de contrapartidas en la Asignación para Ciencia, Tecnología e Innovación del Sistema General de Regalías.

La Asignación para CTI⁶⁵ es un instrumento poderoso en las regiones que permite cerrar las brechas existentes dentro del país. Su operación ha mejorado gracias a las convocatorias abiertas, públicas y competitivas desde el año 2020 (Misión de Internacionalización, 2021a). En efecto, ese año se aprobaron recursos para 290 proyectos por un monto de COP 1,1 billones de la Asignación para CTI, el más alto en su historia (Minciencias, 2021c)⁶⁶. Sin embargo, los recursos de esta fuente apalancan muy poco los recursos privados, y en promedio durante el periodo 2012 a 2020, por cada peso del fondo invertido, los proponentes solo apalancaban COP 0,18⁶⁷.

Se sugiere en este sentido ajustar los criterios de selección⁶⁸. Por ejemplo, requiriendo que quienes se postulen inviertan al menos un peso de sus recursos por cada peso que reciban de la Asignación para CTI, de manera que se sientan más comprometidos en el proyecto. También, promover y premiar la colaboración con actores internacionales y empresas privadas, de forma tal que las soluciones propuestas tengan una mayor probabilidad de volverse comercializables. Por último, debido a que la Asignación para CTI no va a ser departamentalizada a partir del próximo año, se deben buscar proyectos ambiciosos con un mayor alcance e impacto nacional.

65. La Ley 2056 de 2020, Por la cual se regula la organización y el funcionamiento del sistema general de regalías, homologa lo que correspondía al "Fondo de Ciencia Tecnología e Innovación" a la "Asignación para la Ciencia, Tecnología e Innovación".

66. 75,5 % de estos proyectos estaban clasificados como "de investigación y desarrollo experimental", y 15,8 %, en innovación, según la tipología definida por Minciencias (antes Colciencias). Incluyendo contrapartidas, los recursos totales aprobados para inversión fueron COP 1,28 billones (Minciencias, 2021c).

67. Esto contrasta con otros instrumentos como los BT, en los que dicho apalancamiento es de 1 a 4.

68. La Misión de Sabios y la comunidad científica han sugerido reiteradamente que las herramientas para formulación y seguimiento de los proyectos de CTI de regalías se adapten a las características de estos, considerando que no son proyectos de infraestructura y que su formulación, seguimiento y evaluación no puede llevarse a cabo con estos mismos criterios.

INSTITUCIONALIDAD

Adelantar la ambiciosa agenda que se propone en las secciones anteriores exige fortalecer el marco institucional y de política pública de la CTI en Colombia. De esa manera esta apuesta país por la CTI será la principal fuente de crecimiento en el mediano y largo plazo. La institucionalidad en esta materia es clave para un funcionamiento óptimo y efectivo de la política a nivel nacional, regional y municipal.

A pesar de la creación del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación (Minciencias) a través de la Ley 1951 de 2019, la Corte Constitucional, en su Sentencia C-047-21, declaró inexecutable su creación por vicio de trámite, y Minciencias tiene hasta el 20 de julio de 2023 para definir su estructura orgánica, parte de la cual se había establecido en el Decreto 2226 de 2019. El Gobierno y el Congreso deben enmendar errores con el proyecto de ley, radicado a finales de septiembre, al cual se le debe dar celeridad para dar fin a la incertidumbre actual.

Este proyecto de ley busca darle continuidad a Minciencias y contiene 20 artículos que subsanan las falencias señaladas por la Corte, también respecto a los artículos 125 y 126 de la Ley 1955 de 2019 del Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022 “Pacto por Colombia, Pacto por Equidad”, por haber incluido medidas que no correspondían a la función de planeación y no tenían la finalidad de impulsar el PND de este periodo presidencial (Minciencias, 2021g). El proyecto de Ley 218 de Senado-340 de Cámara, que esperaba aprobarse antes de finalizar el año, y el posterior decreto que se expida detallando la estructura de Minciencias deberían también aprovecharse para asegurar que en la estructura del Ministerio se garantice e incluya la conexión con la “empresa” para que la apuesta que se hace por la CTI en el país potencie e impulse el rol de la innovación empresarial.

Por otra parte, el decreto para reglamentar el SNCTI está en mora de ser presentado, aunque hace parte del Marco Regulatorio para la CTI según el informe de gestión de 2020 de Minciencias (2021b). Luego de una versión para comentarios que se publicó en noviembre de 2020, se continúa trabajando en el proyecto de decreto que resulta fundamental, aún más en este periodo de interés, que debe ser visto como una oportunidad para que se propicien ajustes radicales y significativos que le den forma al sector de CTI.

Además, el Ministerio debe aprovechar la capacidad que le brinda su iniciativa legislativa para definir los lineamientos de una política de Estado de la CTI que, además de implementar las recomendaciones sugeridas en este capítulo, fortalezca el sector de CTI “asegurando un diálogo continuo y amplio con ac-

tores e implementando la medición de su impacto para lograr apoyo y legitimidad social” (Misión de Sabios, 2020, p. 190).

La Misión de Sabios (2020) había identificado la interacción limitada entre los distintos actores del sistema de innovación colombiano. Por ejemplo, señaló un punto importante respecto a la inexistencia de mecanismos claros “para transferir los desarrollos de las universidades o centros de investigación a la sociedad” (p. 138). Si bien este es un diagnóstico que ha acompañado al país por décadas, se requiere con urgencia promover las interacciones y mediaciones necesarias de todos los actores para alcanzar “las transformaciones radicales en la sociedad” (p. 100) que el nuevo rol de la CTI contempla y que Colombia demanda⁶⁹.

Son muchas las expectativas de los todos los actores y partes interesadas sobre el documento CONPES que se apruebe próximamente como hoja de ruta para el sector de CTI en los próximos diez años. De las acciones que se aprueben en su plan de acción y del compromiso, voluntad y coordinación política de sus ejecutores dependerá que se contribuya a un cambio real, de orden de magnitud, en el sector de CTI para que este se convierta en el propulsor para el desarrollo sostenible, inclusivo y resiliente que necesita el país. En medio del actual proceso de recuperación y la necesidad de poner el foco en la innovación, resulta determinante el fortalecimiento de la institucionalidad del sector de CTI en Colombia.

Recomendaciones

Acción pública. Establecer una política de CTI que fortalezca el portafolio de instrumentos de política e incremente la inversión pública y privada en actividades de ciencia, tecnología e innovación de manera sostenida hacia los niveles recomendados por la Misión de Sabios.

Desde el CPC se ha insistido en la necesidad de contar con una política de largo plazo para la CTI. En el documento CONPES que se aprobaría próximamente se debe definir una hoja de ruta para llevar a cabo las recomendaciones propuestas en este capítulo. Sin embargo, también es fundamental que las acciones aprobadas sean lo suficientemente ambiciosas para responder al reto que existe.

Para consolidar el SNCTI en Colombia se requiere de mayores inversiones en ACTI por parte del sector público, así como una adecuada articulación entre los diferentes actores del sistema a nivel nacional y regional. Esta política de CTI de largo plazo debe definir los instrumentos de política pública que es necesario escalar en caso de que

69. En este sentido, conviene hacer esfuerzos mancomunados que le permitan al país incorporar y tener en cuenta las recomendaciones de la Misión de Sabios de 2019, especialmente con la perspectiva del cambio de gobierno, para evitar que suceda lo mismo que con la Misión de Ciencia, Educación y Desarrollo de hace 25 años. También se debe buscar que su impacto se logre materializar en la agenda de política pública de largo plazo de Colombia.

ya existan o crearse en caso de que no estén presentes para poder canalizar una mayor inversión pública en ACTI. Además, es preciso que la política esté acompañada por una declaratoria de importancia estratégica que asegure vigencias futuras para el escalamiento o la creación de los instrumentos de política más importantes.

Otro elemento clave de dicha política es que no se concentre solo en aumentar la inversión pública en CTI, haciéndola más eficiente a través de herramientas como ArCo⁷⁰, sino que genere incentivos efectivos para que las empresas inviertan más en tecnología e innovación, y así cumplir con la apuesta de país por la CTI. Para ello es necesario trabajar en remover distintas barreras a la innovación que actualmente existen [CPC y Swisscontact, 2020].

Acción pública. Implementar el Marco de Inversión en CTI para lograr incrementar los recursos públicos hacia la CTI y apropiarse su rol transversal en los distintos sectores.

Si bien los recursos de regalías han sido una fuente importante para el desarrollo de capacidades en las regiones, por su naturaleza, no deben ser el componente principal de la inversión pública en ACTI [OCDE, 2014]. En este sentido, la reglamentación en septiembre de 2021 del Marco de Inversión en CTI definido en la Ley 1286 de 2009 es un gran triunfo después de doce años de haberse querido dejar en firme.

El marco aprobado es un elemento central de la metodología ArCo para lograr mayor articulación [CPC, 2020], y se espera permita elevar el porcentaje de inversión en CTI para los sectores que hoy invierten menos del 1 % de su presupuesto. Para darle estabilidad, es fundamental que los recursos de PGN para la implementación de la política de CTI de largo plazo no puedan ser inferiores a los invertidos en la vigencia inmediatamente anterior.

Adicional a esto, la Directiva Presidencial N.º 06 de 2021 señala que para el presupuesto de inversión se identificarán, mediante el trazador presupuestal especial, las asignaciones presupuestales para las ACTI. Sin embargo, se requiere fortalecer este trazador y, por parte del DNP, asegurar que se esté utilizando de acuerdo con definiciones estandarizadas. Para los rubros de funcionamiento, la directiva indica que el DNP y Minhacienda construirán un trazador presupuestal para el seguimiento de ACTI [DAPRE, 2021]. Establecerlo permitirá fortalecer y visibilizar con mayor claridad el presupuesto total asignado para CTI en todos los sectores administrativos.

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.

En el segundo semestre de 2021 se conocerán los resultados de la evaluación de impacto de la herramienta de beneficios tributarios para los años 2012-2018 que se adelantó en el año 2020 [Minciencias, 2020]. También se encuentra en curso una evaluación sobre la Asignación de CTI (antes Fondo de CTI), que realiza una caracterización a escala nacional y subnacional [DNP y Sinergia, 2021]. Si las evaluaciones así lo indican o concluyen, es necesario hacer los ajustes correspondientes en estos instrumentos.

Además, se recomienda realizar evaluaciones de resultados e impacto a otros instrumentos de gran escala para la CTI como el programa Ondas o el programa de becas doctorales de Minciencias. En efecto, al cierre de edición de este informe se está llevando a cabo la evaluación de impacto del programa de créditos educativos condonables para la formación doctoral de Minciencias, cuyos resultados se esperaría recibir en el primer semestre de 2022⁷¹. Es necesario considerar tanto los resultados derivados de su uso como el nivel de satisfacción por parte de los usuarios e implementarlos dentro de ArCo para continuar optimizando la oferta de instrumentos de política pública en materia de competitividad e innovación.

Acción pública. Enfocar al Minciencias en la definición de política pública y crear una agencia independiente adscrita a dicho ministerio encargada de la financiación y estructuración de proyectos.

El sector de CTI requiere un fortalecimiento estructural en su institucionalidad. Por tanto, el proyecto de ley que estará en discusión durante los últimos meses del año debe incluir la creación de una agencia que funcione como un brazo implementador de su política. Esta tendría las capacidades de planear y estructurar financieramente, contratar y ejecutar proyectos de CTI.

Este cambio podría impulsar de manera decisiva la construcción de una sociedad del conocimiento en Colombia, porque en la transición de Colciencias a MinCiencias esta figura de ejecutor de política se quedó por fuera de la arquitectura institucional. Precisamente, la Misión de Sabios [2020] propuso la separación de la formulación de política y la ejecución de esta como primer principio para que Minciencias se organizara.

⁷⁰ La metodología ArCo del DNP es una iniciativa trascendental para el país por su propósito de elevar la calidad del gasto público mediante la articulación y coordinación de instrumentos de política, mejorando la gobernanza del Sistema Nacional de Competitividad e Innovación (SNCI), y poniendo las necesidades de diferentes partes interesadas como eje central. A su vez, busca mejorar el alcance e impacto de los instrumentos de intervención en materia de competitividad e innovación. A través de un primer piloto y tres iteraciones durante 2020, se ha ido robusteciendo el uso de esta metodología, y sus resultados se han pulido a partir de las recomendaciones que se han generado [DNP y Swisscontact, 2021]. Es importante seguir fortaleciendo e implementando ArCo (ver capítulo *Productividad y emprendimiento*).

⁷¹ Esta evaluación es de los beneficiarios y no beneficiarios para las vigencias 1992 al 2018, en el marco de las recomendaciones del CONPES 3981 de 2019, Declaración de importancia estratégica del proyecto "Capacitación de recursos humanos para la investigación nacional".

Ciencia, tecnología e innovación en la recuperación económica y social

La OCDE (2021b) destaca la ciencia como “la única estrategia de salida del COVID-19” y subraya el rol de los sistemas de innovación a nivel mundial en el aporte de soluciones para responder a las presiones de la pandemia. Estas afirmaciones obedecen a las inversiones considerables en investigación para las vacunas y el tratamiento del virus, así como en medidas para afrontar el distanciamiento social, las nuevas condiciones de bioseguridad y la digitalización. Resulta fundamental entonces que los países faciliten la generación de conocimiento y su efectiva transferencia a través de sistemas de innovación robustos que logren adaptarse al cambio y mantengan altos estándares de vida para sus habitantes (OCDE, 2018). En este sentido, la forma como los Gobiernos incentivan e influyen la investigación y el desarrollo en las empresas tiene importantes implicaciones para el futuro de la población.

La pandemia ha desencadenado dos desafíos en términos del gasto en CTI, según lo ha planteado la OCDE (2021a). El primero de ellos corresponde a la inversión desigual en I+D en sectores con impacto directo para la atención de la pandemia. El segundo, a que la financiación pública para CTI puede estar bajo mayor presión en los años que vienen como consecuencia del incremento en la deuda pública (OCDE, 2021a, p. 3). Por lo tanto, resultará necesario buscar el balance en la definición de las sendas de inversión en I+D para apoyar la recuperación integral del tejido empresarial. Así mismo, es imperativo promover la inversión privada en I+D evaluando alternativas adicionales a los beneficios tributarios.

Los sistemas de innovación están evolucionando hacia un modelo de cambio transformativo (OCDE, 2021b), en donde se complementa el apoyo para el desarrollo empresarial con la atención de desafíos sociales y ambientales. Uno de los instrumentos utilizados por Minciencias en

el segundo semestre de 2020 que coinciden con este modelo fue “A Ciencia Cierta: desarrollo local para transformar realidades”. Con un monto disponible de COP 2.700 millones, se eligieron 30 organizaciones de base comunitaria que recibirán apoyo en el fortalecimiento de ASC mediante ciencia, tecnología e innovación como alternativa en la fase de pospandemia COVID-19⁷². Los resultados que se obtengan de este tipo de estrategias son claves para hacer los programas más escalables con miras a apoyar la recuperación económica y social del país.

También, en el primer semestre de 2021 Minciencias estructuró un nuevo beneficio llamado Colinnova, que apoya iniciativas de innovación colaborativa de alianzas entre empresas para contribuir a la “repotenciación y reconversión del sector empresarial” (Minciencias, 2021b). Este programa tendrá una inversión de más de COP 3.400 millones con un enfoque regional, y espera apoyar a 135 empresas en 15 departamentos del país “haciendo de la innovación la base de la estrategia de negocios” de las empresas beneficiarias (Minciencias, 2021e).

Las respuestas de política a la crisis desencadenada por el COVID-19 desde el sector de CTI en Colombia han tenido distintas características. Algunas medidas continúan incorporándose este año. Sin embargo, en términos presupuestales las inversiones son reducidas y podrían incrementarse para los programas de poder transformador de la CTI en las comunidades locales.

Los retos derivados de la pandemia y los desafíos que Colombia viene asumiendo en el proceso de recuperación actual son un llamado a realizar ejercicios de prospectiva en términos de política pública de innovación frente a incertidumbres y cambios imprevistos. Así, el andamiaje del sistema de innovación colombiano podrá anticiparse y contribuir efectivamente a la atención de necesidades de la sociedad y de todos los actores que la integran.

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 OTRI regionales, y hasta 2018 les dio financiación base.	Es necesario seguir fortaleciendo estas entidades con recursos de base.
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.	Resulta preciso continuar su fortalecimiento como se indica en el capítulo <i>Productividad y emprendimiento</i> .
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) ⁷³ , y ha aumentado el número de empresas que acceden, así como los sectores y regiones que se benefician. Actualmente, el cupo es de COP 1,9 billones.	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 FCTI	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 SGR. Es importante mantener los recursos destinados a CTI.
Generar información sobre capacidades gerenciales en las empresas del país	2018	Contar con mejor información que permita diseñar instrumentos de política pública más adecuados a la realidad de las empresas del país.	Las capacidades gerenciales son un elemento clave que se discute en el capítulo <i>Productividad y emprendimiento</i> .
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 ha mostrado resultados positivos. 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.	
Diseñar instrumentos de apoyo a la innovación en empresas basados en la demanda	2021	En el marco de la metodología ArCo se publicó la guía para diseño de instrumentos de innovación basados en la demanda, que se espera sea utilizada para cumplir a cabalidad con esta recomendación.	El diseño de mejores instrumentos de innovación no requiere necesariamente crear nuevos instrumentos, sino ajustar muchos de los existentes.
Reglamentar un Marco de Inversión para la CTI como mecanismo vinculante para la articulación entre entidades y optimización de la oferta de instrumentos	2021	Tener el soporte normativo para poder incrementar los niveles de inversión pública en ACTI y dar estabilidad a su financiación para fomentar la articulación entre sectores.	El Marco es un gran triunfo. De su implementación efectiva a nivel sectorial dependerá que sea posible incrementar los niveles de inversión pública en ACTI.

73. 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.

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
Escalar programas de cofinanciación de proyectos de desarrollo tecnológico e innovación empresarial	Establecer instrumentos adicionales 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
Fortalecer la relación universidad-empresa a través de alianzas público-privadas	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
Promover el uso de la compra pública innovadora (CPI)	Promover el desarrollo de soluciones innovadoras para los retos del Estado.	Colombia Compra Eficiente, DNP y Contraloría General de la Nación	Acción pública
Promover la política de datos abiertos a través de la adopción de prácticas de ciencia abierta	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
Utilizar el Índice Departamental de Innovación para Colombia (IDIC) como una herramienta para trabajar por cerrar las brechas de CTI en las regiones y priorizar el gasto desde el orden nacional	Promover la generación y posterior transferencia de conocimiento en departamentos que ya cuentan con el entorno para la innovación, y así fortalecer los sistemas regionales de innovación.	Presidencia, DNP, Minciencias y entidades del SNCI	Acción pública
Desarrollar habilidades de investigación y vocaciones científicas desde la educación básica, con un enfoque por oferta, incluyéndolas dentro de los currículos	Generar vocaciones y habilidades en investigación que en el mediano plazo contribuyan al desarrollo científico y tecnológico del país.	Mineducación y Minciencias	Acción pública
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

Recomendación	Impacto/costo de oportunidad	¿Quién puede hacer la diferencia?	Tipo de recomendación
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 de investigación y a los centros de desarrollo tecnológico públicos y privados	Incrementar la capacidad de investigación y generación de capital humano en los temas más relevantes para el país, medida por sus productos y resultados de investigación.	Minciencias, Minhacienda, entidades del SNCI y sector privado	Acción pública
Fortalecer las capacidades de las entidades de enlace de TCT asegurando una financiación base y visibilizando el tipo de logros alcanzados	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
Reglamentar e impulsar la implementación 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.	Minciencias y DNP	Acción pública
Establecer una política de CTI que fortalezca el portafolio de instrumentos de política e incremente la inversión pública y privada en ACTI de manera sostenida hacia los niveles recomendados por la Misión de Sabios	Tener una hoja de ruta clara para el sector CTI en los próximos diez años que permita un fortalecimiento institucional y la interacción efectiva entre los actores, incentivando la innovación empresarial.	Minciencias, Minhacienda, DNP y SENA	Acción pública
Implementar el Marco de Inversión para la CTI de cara a la articulación entre entidades y la optimización de la oferta de instrumentos	Incrementar los niveles de inversión en ACTI y dar estabilidad a su financiación para fomentar la articulación entre sectores.	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	Ajustar y establecer una oferta de instrumentos para CTI con resultados o impactos comprobados.	DNP, Minciencias, Mincomercio, iNNpulsa y SIC	Acción pública

Nuevas recomendaciones

Recomendación	Impacto esperado	¿Quién puede hacer la diferencia?	Tipo de recomendación
Diseñar y poner en marcha un sistema de vigilancia tecnológica orientado a cerrar las brechas tecnológicas de las empresas	Conocer con mayor claridad las necesidades tecnológicas de las empresas y así lograr cerrar la brecha tecnológica existente.	Mincomercio e iNNpulsa	Acción pública
Fortalecer y escalar el esquema nacional de vouchers de innovación	Movilizar recursos para fondear y financiar inversiones de innovación y tecnología.	Mincomercio e iNNpulsa	Acción pública
Promover el uso de beneficios tributarios en CTI por parte de las pymes de base tecnológica	Aumentar el uso de este tipo de alternativas para promover la inversión en CTI a lo largo y ancho del tejido empresarial colombiano.	DIAN y Minciencias	Acción pública
Vincular al sector empresarial en programas relacionados con la apropiación social del conocimiento en el marco de la CTI	Crear capacidades de innovación, en un ambiente de coproducción y transferencia del conocimiento. Interacción con la sociedad para empoderar las comunidades a través de la ASC en el marco de la CTI en el territorio.	Minciencias y sector privado	Coordinación pública-privada
Asegurar la implementación de las acciones que queden aprobadas en el CONPES de la Política Nacional de Propiedad Intelectual, considerando su territorialización	Usar más activamente la PI a nivel nacional considerando su implementación a nivel regional. Mejorar los mecanismos de difusión y formación sobre la PI, así como el sistema para su gestión.	Mincomercio, DNP y Minciencias	Acción pública
Incrementar el apalancamiento de contrapartidas en la Asignación para Ciencia, Tecnología e Innovación del Sistema General de Regalías	Generar mayor impacto en los proyectos que sean aprobados, apalancar mayores recursos por parte de los proponentes y mejorar la colaboración con los actores del SNCTI.	Minciencias y DNP	Acción pública
Enfocar al Minciencias en la definición de política pública de CTI y crear una agencia independiente adscrita a dicho ministerio encargada de la financiación y estructuración de proyectos	Tener una hoja de ruta más clara del sector CTI separando la formulación y ejecución de políticas. También garantizar y asegurar un brazo implementador de la política de CTI.	Minciencias, Minciencia, Función Pública, DNP y Presidencia	Acción pública
Implementar el Marco de Inversión en CTI para lograr incrementar los recursos públicos hacia la CTI y apropiar su rol transversal en los distintos sectores	Incrementar el nivel de inversión pública en ACTI en los 24 sectores administrativos, dándole un impulso a la CTI como apuesta de país.	Ministerios	Acción pública

REFERENCIAS

- 1 Athreye, S. y Wunsch-Vincent, S. (2021). Harnessing Public Research for Innovation in the 21st Century: An International. En: Arundel, A., *Harnessing Public Research for Innovation in the 21st Century: An International Assessment of Knowledge Transfer Policies (Intellectual Property, Innovation and Economic Development)* [pp. 3-24]. Cambridge University Press.
- 2 Banco Mundial. (2020). *Assessing the Effectiveness of Public Research Institutions: Fostering Knowledge Linkages and Transferring Technology in Malaysia*. World Bank Group.
- 3 Banco Mundial. (2021). *World Development Indicators*.
- 4 CAF (2019). Diagnóstico y recomendaciones para fortalecer el espacio GovTech en el ecosistema de innovación pública colombiano.
- 5 Cirera, X. y Maloney, W. F. (2017). *The Innovation Paradox: Developing-Country Capabilities and the Unrealized Promise of Technological Catch-Up*. Banco Mundial.
- 6 Cirera, X., Frías, J., Hill, J. y Li, Y. (2020). *A Practitioner's Guide to Innovation Policy. Instruments to Build Firm Capabilities and Accelerate Instruments to Build Firm Capabilities and Accelerate*. World Bank.
- 7 Colciencias. (2018). *Lineamientos Para Una Política De Ciencia Abierta en Colombia* [Archivo pdf]. https://minciencias.gov.co/sites/default/files/ckeditor_files/Lineamientos%20ciencia%20abierta%2017-dic-2018-doc.pdf
- 8 CPC. (2021). *Informe nacional de competitividad 2020-2021*.
- 9 CPC y Swisscontact. (2020). *Obstáculos a la innovación en empresas de Colombia y oferta pública de instrumentos* [Archivo pdf]. https://compite.com.co/wp-content/uploads/2021/08/Obst%C3%A1culos-a-la-innovaci%C3%B3n-en-las-empresas-de-Colombia-y-oferta-p%C3%BAblica-de-instrumentos_Documento-completo.pdf
- 10 CPC, Swisscontact e Inventta Colombia. (2021). *Guía para el diseño de instrumentos de innovación* [Archivo pdf]. <https://compite.com.co/wp-content/uploads/2021/08/Gu%C3%ADa-para-el-dise%C3%B1o-de-instrumentos-de-innovaci%C3%B3n.pdf>
- 11 DANE. (2018a). *Boletín Técnico Indicadores básicos de tenencia y uso de Tecnologías de la información y Comunicación en empresas (TIC empresas)* [Archivo pdf]. https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/tic/bol_empresas_2018.pdf
- 12 DANE. (2018b). *Encuesta de desarrollo e innovación tecnológica (EDIT)*.
- 13 DANE. (2019). *Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica. Industria Manufacturera - EDIT IX* [Archivo pdf]. https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/edit/boletin_EDIT_manufacturera_2017_2018.pdf
- 14 DANE. (2020). *Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica. Servicios y comercio (EDITS VII)*. <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/tecnologia-e-innovacion/encuesta-de-desarrollo-e-innovacion-tecnologica-edit/informacion-historica-edit>
- 15 DAPRE. (2021). *Directiva presidencial 06 del 7 de septiembre de 2021. Bases del marco de inversión en ciencia, tecnología e innovación* [Archivo pdf]. <https://dapre.presidencia.gov.co/normativa/normativa/DIRECTIVA%20PRESIDENCIAL%2006%20DEL%207%20DE%20SEPTIEMBRE%20DE%202021.pdf>
- 16 Daza-Caicedo, S., Márquez, S., Rocha, F. y Orduz, D. (2020a). *Evaluación del Programa A Ciencia Cierta. Informe Final de Evaluación de Resultados*.
- 17 Daza-Caicedo, S., Márquez, S., Rocha, F. y Orduz, D. (2020b). *Evaluación del Programa Ideas para el Cambio. Informe Final de Evaluación*.
- 18 DNP. (2019). *Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022. Pacto por la Ciencia, la Tecnología y la Innovación* [Archivo pdf]. <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Prensa/BasesPND2018-2022n.pdf>
- 19 DNP. (2020). *Situación de las capacidades gerenciales en Colombia* [Archivo pdf]. <https://www.dnp.gov.co/DNPN/mision-internacionalizacion/Documents/Mision-Internacionalizacion-Situacion-Capacidades-Gerenciales-Colombia.pdf>
- 20 DNP. (2021a). *Borrador CONPES Política Nacional de Propiedad Intelectual*. <https://www.dnp.gov.co/CONPES/Paginas/CONPES-Elaboracion.aspx>
- 21 DNP. (2021b). *Índice Departamental para Colombia 2020*. Módulo de consulta IDIC 2020. Bogotá.
- 22 DNP. (2021c). *Índice Departamental para Colombia 2020. Reporte* [Archivo pdf]. <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Desarrollo%20Empresarial/IDIC-2020.pdf>
- 23 DNP. (2021d). *Presentación en Comité Técnico de Ciencia, Tecnología e Innovación*.
- 24 DNP y OCyT. (2021). *Índice Departamental de Innovación para Colombia (IDIC) 2020*. Bogotá.
- 25 DNP y Sinergia. (2021). *Evaluaciones en curso*. <https://sinergia.dnp.gov.co/Paginas/Internas/Evaluaciones/Evaluaciones-en-Curso.aspx>
- 26 DNP y Swisscontact. (2021). *Metodología de Articulación para la Competitividad - ArCo. Manual de herramientas*.
- 27 Elnasri, A. y Fox, K. J. (2017). The contribution of research and innovation to productivity. *Journal of Productivity Analysis*, 47(4).
- 28 FMI. (octubre de 2021). *World Economic Outlook: Recovery during a Pandemic Health Concerns, Supply Disruptions, Price Pressures*. <https://www.imf.org/en/Publications/WEO/Issues/2021/10/12/world-economic-outlook-october-2021>
- 29 Hall, B. y Lerner, J. (2009). *The Financing of R&D and Innovation* (NBER Working Paper N.o 15325).
- 30 Intarakumnerd, P. y Goto, A. (2018). Role of public research institutes in national innovation systems in industrialized countries: The cases of Fraunhofer, NIST, CSIRO, AIST, and ITRI. *Research Policy*, 47, 1309-1320.

- 31** Iloitty, M., Pop, G., Pena, J. y Stinshoff, C. A. (2021). *Competition, Productivity and Exports: a quick assessment of underlying trends and policy drivers for Colombia* [Archivo pdf]. https://www.dnp.gov.co/DNPN/mision-internacionalizacion/Documents/English_version_studies/Competition_Productivity_and_Exports.pdf
- 32** Jaramillo, A., Gómez, A. M., Betancur, A., Patiño, C., Peñaranda, D., Ramírez, E., Beltrán, H., García, J. P., Mora, J., Sanabria, L., López, L. A., Bayter, M. P. y Pachón, O. (2021). *Revisión de la productividad en las empresas en Colombia* [Archivo pdf]. https://www.dnp.gov.co/DNPN/mision-internacionalizacion/Documents/English_Politics_Notes/Review_of_firm_productivity_in_Colombia.pdf
- 33** Kreiling, L., Paunov, C. y OECD. (2021). *Knowledge co-creation in the 21st century - An international experience-based policy report*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/c067606f-en>.
- 34** Minciencias. (2020). *Informe de Gestión y Resultados. Rendición de Cuentas 2019* [Archivo pdf]. https://minciencias.gov.co/sites/default/files/upload/planeacion/informe_de_gestion_y_resultados_-_rendicion_de_cuentas_vig_2019_v02.pdf
- 35** Minciencias. (2021a). *Beneficios Tributarios. Comité Técnico de CTI, 9 de junio de 2021*.
- 36** Minciencias. (2021b). *Informe de Gestión. Vigencia 2020. Rendición de cuentas 2020*.
- 37** Minciencias. (2021c). *Informe de Rendición de Cuentas del FCTI del Sistema General de Regalías* [Archivo pdf]. https://minciencias.gov.co/sites/default/files/upload/paginas/rendicion_de_cuentas_fondo_ctei_2020.pdf
- 38** Minciencias. (2021d). *Investigadores Reconocidos, 2013, 2017 y 2019*. <https://minciencias.gov.co/ciudadano/datosabiertos>
- 39** Minciencias. (2021e). *Minciencias lanza Colinnova: programa de innovación colaborativa para las regiones*. https://minciencias.gov.co/sala_de_prensa/minciencias-lanza-colinnova-programa-innovacion-colaborativa-para-las-regiones
- 40** Minciencias. (2021f). *Resolución 0643 de 2021. "Por la cual se adopta la Política Pública de Apropiación Social del Conocimiento en el marco de la Ciencia, Tecnología e Innovación"* [Archivo pdf]. https://minciencias.gov.co/sites/default/files/upload/reglamentacion/resolucion_0643-2021.pdf
- 41** Minciencias. (septiembre de 2021g). *Proyecto de Ley 218 de Senado "Por el cual se transforma el Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación-Colciencias y se dictan otras disposiciones"*. <http://leyes.senado.gov.co/proyectos/index.php/textos-radicados-senado/p-ley-2021-2022/2421-proyecto-de-ley-218-de-2021>
- 42** Mincomercio. (2019). *Ministro Restrepo reitera el compromiso de su cartera para diversificar y sofisticar el aparato productivo del Casanare*. <https://www.mincit.gov.co/prensa/noticias/industria/ministro-restrepo-reitera-el-compromiso-de-su-cartera>
- 43** Misión de Internacionalización. (2021a). *Documento inédito para la Misión de Internacionalización*.
- 44** Misión de Internacionalización (2021b). *Estrategia de reactivación económica, crecimiento e inclusión* [Archivo pdf]. <https://www.dnp.gov.co/DNPN/mision-internacionalizacion/Documents/Mision-Internacionalizacion-Informe.pdf>
- 45** Misión de Sabios. (2020). *Colombia hacia una sociedad del conocimiento. Reflexiones y Propuestas* (Vol. I) [Archivo pdf]. https://minciencias.gov.co/sites/default/files/upload/paginas/ebook_colombia_hacia_una_sociedad_del_conocimiento.pdf
- 46** OCDE. (2011). *Public research institutions in national innovation systems*. En: OCDE, *Public Research Institutions: Mapping Sector Trends*. OECD Publishing.
- 47** OCDE. (2013). *Estudios de la OCDE de las Políticas de Innovación: Colombia*. <http://repositorio.colciencias.gov.co/bitstream/handle/11146/535/1137-Estudios%20de%20la%20OCDE%20de%20las%20pol%C3%ADticas%20de%20innovaci%C3%B3n%20Colombia%201.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- 48** OCDE. (2014). *OECD Reviews of Innovation Policy: Colombia 2014*. En: OCDE, *OECD Reviews of Innovation Policy*. OECD Publishing.
- 49** OCDE. (2015a). *The Future of Productivity* [Archivo pdf]. OECD Publishing. <https://www.oecd.org/economy/growth/OECD-2015-The-future-of-productivity-book.pdf>
- 50** OCDE. (2015b). *The Innovation Imperative: Contributing to Productivity, Growth and Well-Being*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/9789264239814-en>
- 51** OCDE. (2016). *Strategic public/private partnerships in science, technology and innovation*.
- 52** OCDE. (2018). *Science, Technology and Innovation Outlook 2018: Adapting to Technological and Societal Disruption*. OECD Publishing.
- 53** OCDE. (2021a). *How will COVID-19 reshape science, technology and innovation?* <https://www.oecd.org/coronavirus/policy-responses/how-will-covid-19-reshape-science-technology-and-innovation-2332334d/>
- 54** OCDE. (2021b). *OECD Science, Technology and Innovation Outlook 2021*. París.: OECD. <https://www.oecd.org/sti/oecd-science-technology-and-innovation-outlook-25186167.htm>
- 55** OCDE. (2021c). *OECD Statistics. MSTI Main Science and Technology Indicators*. <https://stats.oecd.org/>
- 56** OCyT. (2019). *Informe Anual de Indicadores de Ciencia y Tecnología 2018*.
- 57** OCyT. (2020). *Indicadores de Ciencia y Tecnología. Colombia 2019*.
- 58** OCyT. (2021). *Indicadores de Ciencia y Tecnología. Colombia 2020*.
- 59** OMPI. (20 de septiembre de 2021). *Global Innovation Index 2021*. <https://www.globalinnovationindex.org/analysis-indicator>
- 60** Ordóñez-Matamoras, G., Centeno, J. P., Andrade-Sastoque, E. y Pinzón-Camargo, M. A. (2021). *Innovation Policies with Transformative Potential in the Global South: The case of the Social Appropriation Policy in Colom-*

- bia. *Eu-SPRI Annual Conference: Science and innovation – an uneasy relationship? Rethinking the roles and relations of STI policies*. Eu-SPRI.
- 61** Ospina, M. J., García, C., Moñux, D. y Juganaru, A. (2021). *Compra pública de innovación en Brasil: El sector de agua y saneamiento*. BID. <http://dx.doi.org/10.18235/0003006>
- 62** Pabón, R. (2018). Apropiación social del conocimiento: una aproximación teórica y perspectivas para Colombia. *Educación y Humanismo*.
- 63** Paunov, C., Planes-Satorrai, S. y OCDE. (2021). *What future for science, technology and innovation after COVID-19?* <https://doi.org/10.1787/de9eb127-en>
- 64** Perry, G. (2003). Closing the Gap in Education and Technology. *En Breve* (25). <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/10384>
- 65** Red IndicES. (2021). *Estudiantes. Contexto*. <http://www.redindices.org/indicadores>
- 66** RICYT. (2021). *Indicadores de Insumo*. <http://www.ricyt.org/category/indicadores/>
- 67** Rogers, J. (2013). *Technology extension services*.
- 68** Schot, J. y Steinmueller, W. E. (2018). *Tres marcos de política de innovación: I+D, Sistemas de innovación y Cambio transformativo*. <https://www.tipconsortium.net/publication/tres-marcos-de-politica-de-innovacion-id-sistemas-de-innovacion-y-cambio-transformativo/>
- 69** Scimago. [s.f.]. *Scimago Journal & Country Rank*. <http://www.scimagojr.com>
- 70** TIPC. (2020). *Transformando nuestro mundo: Implementación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Informe extendido para la Misión de Sabios - Consorcio* [Archivo pdf]. https://www.tipconsortium.net/wp-content/uploads/2020/03/Informe-Extendido-para-la-Misi%C3%B3n-de-Sabios_TIPC_March-2020.pdf
- 71** UNCTAD. (2021). *Technology and Innovation Report 2021*. United Nations Publications. <https://unctad.org/webflyer/technology-and-innovation-report-2021>
- 72** Unesco. (2021). *To be smart, the digital revolution will need to be inclusive: excerpt from the Unesco science report*. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000375429.locale=en>
- 73** WIPO Statistics Database. (2020). *World Intellectual Property Organization*. <https://www.wipo.int/ipstats/en/>
- 74** WMS. (2014). *Informe Anual Manufacturero* [Archivo pdf]. <https://worldmanagementsurvey.org/wp-content/images/2015/06/Manufacturing-Report-2014-LATIN-AMERICA-SPANISH.pdf>