



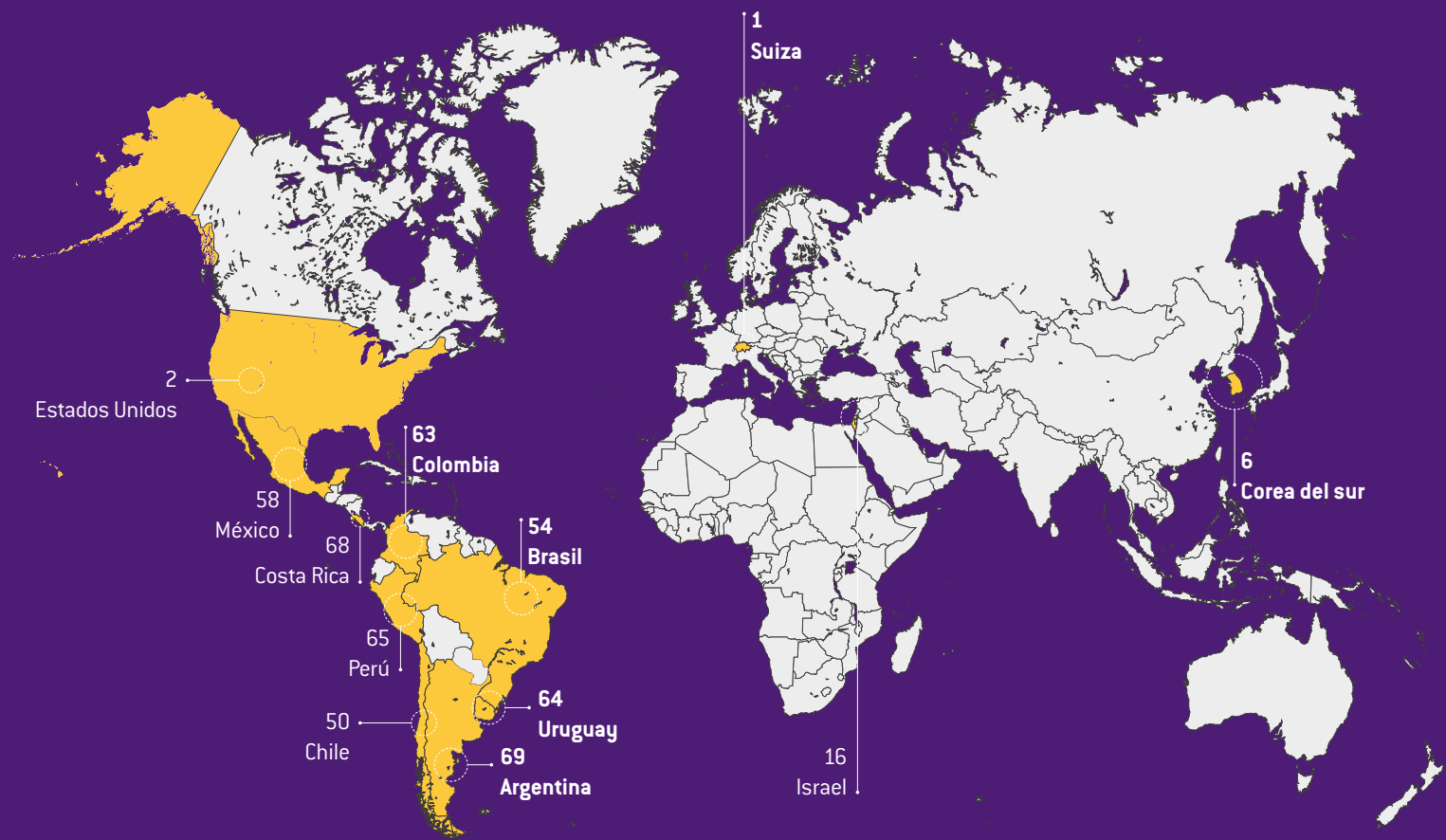
Dos chicas jóvenes haciendo un microscopio de juguete con material reciclable



Mujer latina joven con uniforme científico usando vidrio de lupa en laboratorio



CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN



Índice Global de Innovación. Puesto entre 132 países.
Fuente: Organización Mundial de Propiedad Intelectual-OMPI (2022).

ÁRBOL DE PROBLEMAS



ÁRBOL DE SOLUCIONES



PERFIL DE COLOMBIA EN CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN

Tema	Indicador	Valor Colombia	Ranking en América Latina	Mejor país en América Latina (Valor)	Promedio 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 ¹ (1.211)	4.329	UNESCO (2022)
	Colaboración multiactor para desarrollar investigación (puntaje de 1 a 7, donde 7 representa mayor colaboración)	3,7	3 de 17	Costa Rica (3,8)	4,4	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 %)	0,80 %	Banco Mundial (2019)
	Inversión en ACTI (% del PIB)	0,32 %	9 de 11	Costa Rica (2,67 %) ²	-	RICYT; OCYT (2022)
	Inversión en I+D (% del PIB)	0,6 %	8 de 14	Brasil (1,17 %)	2,67 %	RICYT; OCDE (2022)
	Índice mundial de innovación	29,2	4 de 15	Chile (34)	46,8	OMPI (2022)
	Tasa de eficiencia de la innovación ³	0,44	7 de 15	México (0,65)	0,71	OMPI (2022)

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

¹ El escalafón de América Latina se hizo tomando el último dato disponible para cada uno de los países.

² Este dato corresponde al año 2018.

³ Calculada como la razón de resultados de innovación/insumos de innovación.

INTRODUCCIÓN

En este capítulo se propone como tesis que el principal problema en relación con la ciencia, tecnología e innovación (CTI) en Colombia son los bajos niveles de innovación a pesar de los esfuerzos en inversión que distintos actores realizan⁴. Por una parte, el país no está logrando que su sociedad innove lo suficiente debido a la existencia de diferentes desincentivos tales como trabas regulatorias y barreras a la competencia, que impiden que las iniciativas de las empresas, la academia o las comunidades mismas (quienes deberían jalonar la innovación) se materialicen en efectos positivos.

Por otra parte, la inversión pública en innovación ha tenido una revisión importante en los últimos años a través de la metodología de Articulación para la Competitividad (ArCo), que ha permitido optimizar recursos, evitar duplicación de esfuerzos y mejorar la eficiencia del gasto público. Así, se están examinando distintos instrumentos a través de los cuales opera la inversión pública para innovación (que también se dirige a incentivar la innovación del sector privado). Un paso importante en este sentido es la directiva presidencial del 6 de septiembre de 2021 que sienta las bases del marco de inversión en CTI para garantizar una inversión mínima en actividades de CTI a nivel sectorial público. De esta manera se están evaluando incentivos, ajustando la institucionalidad y mejorando la oferta de instrumentos para mejorar las capacidades de los actores.

Como se planteó en el *Informe Nacional de Competitividad 2021-2022* (INC), desde el Consejo Privado de Competitividad (CPC) suscribimos a la visión que plantearon tanto la Misión de Sabios como la Misión de Internacionalización, esto es, la necesidad de que Colombia haga una apuesta por la CTI para evitar rezagos fundamentales de productividad en el entorno global y enfrentar los retos sociales y ambientales existentes, adaptando y adoptando tecnologías en el sector productivo y la sociedad en general. Por esta vía será posible avanzar hacia la sociedad del

conocimiento que desde hace décadas se anhela, logrando cerrar las brechas socioeconómicas frente al mundo desarrollado.

La CTI como herramienta para solucionar los problemas sociales y ambientales, así como motor para potenciar la productividad e impulsar la competitividad del país, debe estar en el centro de la estrategia de desarrollo de Colombia. Incluso ahora que se adelanta la construcción del Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026 del nuevo Gobierno, es necesario continuar posicionando la CTI en la agenda pública, privada y académica. En esa medida, se requiere impulsar y asegurar la ejecución de las políticas de largo plazo en la materia aprobadas en el último año y la Política Nacional de Propiedad Intelectual⁵. Además, es necesario situar a la CTI como protagonista en la priorización de política y de presupuesto hecha en décadas pasadas para otros sectores como la infraestructura vial, la seguridad, la energía o la salud.

Así, este capítulo analiza algunos desafíos y hace recomendaciones para avanzar hacia ese posicionamiento de la CTI en la estrategia de desarrollo del país, de forma que permita incrementar los niveles de innovación actuales. Para ello, aborda tres frentes: (1) la demanda por conocimiento y tecnología con un enfoque en la innovación empresarial, los obstáculos regulatorios y la forma en que la regulación afecta esa demanda y la apropiación social del conocimiento; (2) la oferta de conocimiento con los retos para que la sociedad y el Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SNCTI) respondan a esa demanda procurando una mejor interacción entre los actores mismos a niveles nacional y regional, y (3) la institucionalidad actual, su evolución reciente y desafíos. Como cierre, se describe una iniciativa público-privada destacada en materia de CTI.

La versión 2021 del capítulo incluyó 23 recomendaciones, de las cuales tres fueron acogidas. En la presente edición se formulan 22 recomendaciones que buscan contribuir a aumentar los niveles de innovación, junto con su eficiencia y eficacia.

⁴ Este problema tiene diversas causas de primer orden, y este capítulo se concentra en cuatro de ellas: (1) los obstáculos a innovación empresarial; (2) bajos uso y apropiación social del conocimiento; (3) el débil entorno habilitante para generar conocimiento, y (4) la débil gobernanza y relacionamiento entre actores del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación.

⁵ Documento CONPES 4069, Política Nacional de CTI 2022-2031, y Documento CONPES 4062, Política Nacional de Propiedad Intelectual, así como otras disposiciones como el Decreto 1666 de 2021, que modifica y establece el actual Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación, y el Decreto 961 de 2022, que designa los miembros del Consejo Científico Nacional (CCN).

DEMANDA POR CONOCIMIENTO Y TECNOLOGÍA

Identificar, utilizar y producir nuevo conocimiento y tecnología para afrontar los retos y problemas económicos, sociales y ambientales del país es una tarea conjunta de los ciudadanos, la academia, las empresas y el sector público. En ese sentido, encontramos innovación que se realiza desde el sector privado (principalmente las empresas⁶, la academia y las comunidades) y otra que ejecuta o jalona el sector público.

Una de las funciones más importantes del Estado es alinear incentivos para que la innovación sea posible y brinde los retornos para que la sociedad se motive a realizarla. Existe un consenso según el cual el Estado debe enfocarse en proveer un ambiente habilitante, que incluye un marco legal, infraestructura, habilidades y competencia justa (Aghion *et al.*, 2021). Otras tareas en las que el Estado actúa como impulsor de innovaciones en etapas tempranas o como inversionista de riesgo pueden ser claves, como lo señalan los enfoques de políticas de innovación orientadas por misiones o políticas de innovación transformativa⁷. Sin embargo, un cúmulo de trámites y requisitos que se deben cumplir para ser formales en Colombia impiden que, en un amplio margen, desde el sector privado haya una urgencia manifiesta por realizar innovaciones que conduzcan a una mayor productividad y, por tanto, a mayores crecimiento económico y bienestar.

En línea con lo anterior, Núñez *et al.* (2022) señalan la necesidad de “una ciencia con impacto y utilidad social más allá de los indicadores de productividad científica, y en esa medida es que los actores de la sociedad deben tener participación en las definiciones de las prioridades de la ciencia” (p. 168). Esta propuesta es relevante porque se necesita que el apoyo del Estado a la ciencia

auge considerablemente para usarla de manera activa y efectiva en los laboratorios, en las empresas, en la academia y en la atención de problemas que tienen las comunidades locales y que requieren de soluciones a través de la CTI⁸ para que la innovación se convierta en una fuente de riqueza para el país.

En este contexto, los procesos de generación, adopción y adaptación del conocimiento e innovación son esenciales para lograr los incrementos en productividad que el país requiere (CPC, 2021a) y para que su población pueda gozar de mayor bienestar, dado que son pocas las empresas que en Colombia adoptan tecnología o innovan⁹. Estos procesos no excluyen el hecho de que en Colombia se tengan capacidades propias para la generación de nueva tecnología y materializar la apuesta del país por la CTI¹⁰.

INNOVACIÓN EMPRESARIAL EN COLOMBIA Y SUS OBSTÁCULOS

La innovación empresarial es uno de los engranajes esenciales para que la CTI logre posicionarse dentro de la estrategia de desarrollo del país señalada en la introducción de este capítulo. Si bien la innovación es un mecanismo para ser productivo y competitivo, en Colombia, según los resultados más recientes de la Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica (EDIT) en la industria manufacturera para el bienio 2019-2020, menos del 0,5 % de las empresas de dicho sector innovan en sentido estricto, apenas 25,8 % lo hacen en sentido amplio (5 puntos porcentuales

[pp] más frente a lo observado en el bienio 2017-2018: 20,7 %, y 70,9 % fueron clasificadas como no innovadoras (Departamento Administrativo Nacional de Estadística [DANE], 2021)^{11,12}.

De manera similar, en el caso del sector servicios y comercio, para el bienio 2018-2019, 0,1 % innovaron en sentido estricto; 28,9 %, en sentido amplio (con un incremento de cerca de 10 pp respecto al bienio 2016-2017: 18,9 %), y 67,7 % se calificaron como no innovadoras (DANE, 2020). Cuando se indagó por la razón principal debido a la cual las empresas no innovadoras no introdujeron ni tuvieron proyectos o tampoco la intención de introducir o implementar nuevos o mejorados productos en la industria manufacturera, 40,7 % tuvieron prioridades diferentes a la innovación y 18,5 % no mani-

festaron una razón convincente para innovar (Tabla 1). Frecuentemente, las empresas desconocen sus necesidades de innovación y los procedimientos sistemáticos para su desarrollo.

De modo similar, en el sector de servicios y comercio, estos porcentajes fueron 34,2 % y 19,6 % respectivamente (Tabla 2). En este caso, la tercera razón principal para no innovar fue no necesitarlo por innovaciones en periodos anteriores (13,9 %). Esta radiografía del sentir del empresariado permite inferir que, al parecer, las empresas de los dos sectores referidos no están innovando porque no hay suficientes retornos a la innovación debido a falta de incentivos o incluso desincentivos existentes que no hacen atractiva la innovación.

Tabla 1. Principal razón por las cuales las empresas no innovaron, industria manufacturera.

Razón	Porcentaje (%)
La empresa tuvo prioridades diferentes a la innovación	40,7
No hay una razón convincente para innovar	18,5
No se cuenta con infraestructura para desarrollar una innovación	13,6
No fue necesario innovar debido a innovaciones realizadas en periodos anteriores	8,3
No hay incentivos a innovar debido a demasiada competencia en el mercado	4,5
Falta de ideas para introducir innovaciones	3,3
No fue necesario innovar debido a poca competencia en el mercado	3,2
No fue claro identificar las necesidades de innovación	3,1
Otras razones ¹³	4,8

Nota: Respuestas de 4.128 empresas. Información para el bienio 2019-2020.

Fuente: elaboración propia con base en DANE (2021).

¹¹ Cuando las empresas innovan en sentido amplio, “introdujeron un producto nuevo o mejorado en el mercado nacional, o para la empresa; o la implementación de un proceso nuevo o mejorado, que difieren significativamente de aquellos realizados previamente por la empresa” (DANE, 2021, p. 65).

¹² Las empresas innovadoras en sentido estricto “obtuvieron al menos un bien o servicio nuevo o mejorado en el mercado internacional” (DANE, 2021, p. 65).

¹³ Las otras razones incluyen: suposición de que la innovación cuesta demasiado, falta de personal calificado para realizar una innovación, falta de comprensión del concepto de innovación y falta de información disponible sobre metodología para realizar una innovación.

⁶ La Misión de Empleo aproximó el número de empresas y condiciones de empleo en 2019. De esta forma encontró que en Colombia existían alrededor de 7,2 millones de empresas, de las cuales 96,9 % tenían de uno a tres trabajadores, y cerca de 81,7 % eran informales.

⁷ En el primer caso, estas misiones buscan superar retos de la sociedad que son complejos, sistémicos, interconectados y urgentes a nivel social, ambiental y económico (Mazzucato, 2018), como la contaminación ambiental, fomentar la movilidad sostenible, manejar correctamente los residuos sólidos, reducir la inseguridad, la desigualdad y el desempleo, entre otras, reconociendo las debilidades en direccionalidad, la falta de coordinación y la fragmentación del *policy mix* en las políticas de innovación tradicionales (OCDE, 2021d). En el segundo caso, la innovación transformativa, la política de innovación se usa para abordar grandes retos “caracterizados por tener interdependencias complejas que requieren reemplazar prácticas insostenibles y van más allá de los avances técnicos para incluir cambios culturales y comportamentales” (Haddad *et al.*, 2022). La agenda de innovación se centra en transiciones sociotécnicas, cuenta con una aproximación *bottom-up* que complementa las políticas *top-down* e involucra a un conjunto más amplio de actores, entre otras características.

⁸ A esta cuádruple hélice es importante añadirle un quinto elemento: el medio ambiente o, en otras palabras, la transición socioecológica necesaria de la sociedad y la economía, como lo mencionó la Misión de Sabios y como se estableció en la nueva hoja de ruta de la CTI en Colombia, CONPES 4069 de 2021.

⁹ Colombia tenía el peor desempeño en el pilar de “actividad industrial” del índice de “alistamiento” para las tecnologías de frontera de UNCTAD (2021). Dicha métrica captura precisamente “las actividades en una industria relacionadas con el uso, adopción y adaptación de tecnologías de frontera” (puesto 99 entre 158 países).

¹⁰ Uno de los objetivos del Documento CONPES 4085, Política de Internacionalización para el Desarrollo Productivo Regional, se enfoca en fortalecer el papel del ecosistema de innovación en la adopción y adaptación de la tecnología a través de acciones que buscan incrementar productividad y el desarrollo de nuevos mercados y productos.

Tabla 2. Principal razón por las cuales las empresas no innovaron, comercio y servicios.

Razón	Porcentaje (%)
La empresa tuvo prioridades diferentes a la innovación	34,2
No hay una razón convincente para innovar	19,6
No fue necesario innovar debido a innovaciones realizadas en periodos anteriores	13,9
No se cuenta con infraestructura para desarrollar una innovación	11,4
No fue claro identificar las necesidades de innovación	4,6
No hay incentivos a innovar debido a demasiada competencia en el mercado	4,5
Falta de ideas para introducir innovaciones	3,6
No fue necesario innovar debido a poca competencia en el mercado	2,5
Otras razones ¹⁴	5,6

Nota: Respuestas de 6.006 empresas. Información para el bienio 2018-2019.

Fuente: elaboración propia con base en DANE (2020).

Ahora bien, la EDIT de la industria manufacturera más reciente también indagó por la importancia de los obstáculos a la innovación que enfrentaron las empresas innovadoras y potencialmente innovadoras (29,1 % del total de las encuestadas). Específicamente, se preguntó si se percibían dificultades para cumplir con regulaciones o para proteger la propiedad intelectual de las innovaciones.

La importancia de la dificultad de cumplir regulaciones era nula para 54,2 %, mientras que 36,5 % asignaba una importancia media y 9,3 % otorgaba una relevancia alta (DANE, 2021). Porcentajes similares se observaron para caso del sector servicios y comercio (32,3 % del total de empresas encuestadas), cuya importancia fue nula para 54,8 %, media para 36,7 % y alta para apenas 8,5 % (DANE, 2020). Aunque para la porción de empresas que innovan la regulación no es la principal dificultad que enfrentan, la forma en que la carga regulatoria impacta diferentes áreas

de la competitividad es el hilo conductor de los capítulos de este informe sobre los cuales queremos hacer énfasis.

En contraste, la escasez de recursos propios, las dificultades para acceder a financiamiento externo de la empresa y la competencia desleal en el mercado cobraban mayor relevancia como obstáculos tanto en la industria manufacturera como en el sector servicios y comercio (DANE, 2020; 2021). Se identifica también un componente de aversión al riesgo en estos dos sectores por incertidumbres frente a: (1) la demanda de bienes y servicios innovadores y (2) el éxito en la ejecución del proyecto. En efecto, la propensión a tomar riesgos es uno de los motores de la innovación pues motiva nuevas ideas, a veces inciertas, y “tiene como antecedentes la disponibilidad de recursos en las organizaciones, las actividades de apoyo a la innovación, los objetivos claros de innovación, un proceso bien establecido para innovación y colaboración” (Giaccone y Magnusson, 2021, p. 95).

Si las empresas no están innovando y los retornos sociales a innovar son tan altos, es necesario volver prioridad en las empresas la innovación para poder percibir los beneficios que en productividad y competitividad pueden generarse. Es posible lograr esto, como lo han señalado Cirera y Maloney (2017), a través del fortalecimiento de las capacidades gerenciales de los empresarios que resultan claves para innovar, porque permiten identificar nuevas tendencias tecnológicas, desarrollar planes para aprovecharlas y entrenar al capital humano para ejecutar tales planes.

De hecho, esa debilidad en las capacidades gerenciales hace que muchas veces las empresas estén enfocadas en el corto plazo. Por eso, es necesario revisar capacidades y subcapacidades asociadas como estrategia (estrategia, visión, liderazgo, financiación), cultura (gestión del conocimiento, gestión del talento, gestión de la innovación, crecimiento, redes), procesos (ideación, validación, escalamiento, inteligencia competitiva, disrupción), e instrumentos (metodologías, herramientas digitales y automatización). Adicionalmente, en este contexto, el consumidor y la sociedad en general, así como un mercado en el que hay mayor competencia y que exige la innovación, son importantes habilitadores de la demanda por innovación para orientar en esa dirección al sector productivo.

MAYOR COMPETENCIA PARA INNOVAR

Entre las razones principales para no innovar (Tabla 1 y Tabla 2), el tema de la competencia fue identificado en dos vías (por un porcentaje menor al 5 % en cada caso): por un lado, no había incentivos para innovar por demasiada competencia en el mercado y, por otro lado, debido a la poca competencia no fue necesario innovar. De hecho, la literatura económica ha identificado que la relación entre competencia e innovación sigue una U invertida en cuanto a que dados los “bajos niveles de competencia, mayor competencia llevará a más innovación y lo contrario sucedería dados altos niveles de competencia” (Aghion *et al.*, 2021, p. 14).

El mercado colombiano requiere mayor competencia debido a que esta es un disparador y un motor tradicional para la innovación (Casanova *et al.*, 2019; Crespi *et al.*, 2016). A ello se suma que cuanto más abierta sea una economía y a mayor tamaño de mercado, los costos fijos de innovar se esparcirán por más empresas y se motivará mayor innovación (Griffith y Reenen, 2021).

Específicamente, Benavente y Zúñiga (2022) muestran que la competencia en el mercado puede incrementar el compromiso con la innovación. Ahora bien, esa respuesta difiere entre las empresas y se manifiesta de manera distinta entre Colombia y

Chile (sus países de análisis) debido a la heterogeneidad de la industria y a la distancia de la frontera tecnológica. Los autores también señalan que las políticas procompetencia, así como su efectividad y cumplimiento, son críticas no solo en términos de proteger el bienestar de los consumidores, sino de apoyar e impulsar los esfuerzos de innovación en las empresas. Sin embargo, la generación de incentivos que aumenten la competencia en determinadas industrias podría ser contraproducente si prevalecen: (1) fallas de mercado; (2) fallas del sistema como bajos nivel de conocimiento y financiamiento dentro de las empresas parte de la industria, y (3) barreras de entrada y salida de innovación producidas por diseños regulatorios.

Sin duda, la concentración en el mercado cambia los beneficios que allí se perciben. Es decir, la competencia influye en el mercado afectando los incentivos para invertir en investigación y desarrollo (Marshall y Parra, 2019). A la vez, “motiva la nueva entrada y obliga a las firmas incumbentes a innovar para estar adelante de sus rivales” (Griffith y Reenen, 2021). Además, se ha encontrado que menos competencia contribuye a incrementar las desigualdades y a menor crecimiento inclusivo (Aghion *et al.*, 2021).

Por tanto, se esperaría que remover trabas a la competencia hará que en el mercado colombiano las empresas identifiquen incentivos para innovar, lo cual redundará en incrementos en eficiencia y productividad, así como en el bienestar general de su población. En este sentido, una mayor competencia en el mercado llevaría a que las empresas sean más innovadoras no solo a nivel doméstico, sino a nivel internacional, como condición para articularse a cadenas globales de valor. Valga la aclaración: los resultados más recientes de la EDIT en la Tabla 1 (industria manufacturera) y en la Tabla 2 (comercio y servicios) muestran la percepción de que las empresas no ven necesidad de innovar por mucha competencia.

Para avanzar en la línea descrita, se requieren ejercicios más granulares que permitan evaluar el papel que desempeña la competencia como dinamizador de la innovación empresarial en Colombia. Así también se podrá comprender con mayor profundidad la relación entre competencia e innovación en el país (CPC y Swisscontact, 2020)¹⁵. Lo anterior permitirá, a su vez, hacer los ajustes de política a que haya lugar para alinear los incentivos y proponer acciones puntuales –sujetas a evaluación futura– que efectivamente reduzcan barreras de entrada y faciliten la competencia en los mercados, logrando impulsar la productividad y competitividad de Colombia frente al mundo.

¹⁴ Las otras razones incluyen: suposición de que la innovación cuesta demasiado, falta de personal calificado para realizar una innovación, falta de comprensión del concepto de innovación y falta de información disponible sobre metodología para realizar una innovación.

¹⁵ En el estudio de CPC y Swisscontact (2020) se menciona que “la pregunta de cuál es relación entre la competencia y la innovación sigue abierta” (p. 53).

UNA MIRADA A LOS OBSTÁCULOS A LA INNOVACIÓN EMPRESARIAL: OBSTÁCULOS REGULATORIOS

Un rasgo característico de la innovación en Colombia es que está concentrada en empresas grandes, y se han identificado distintos obstáculos que varían de acuerdo con la edad, el tamaño de las organizaciones, la actividad económica, el departamento donde se ubican, entre otras variables (CPC, 2021a). En el estudio de CPC y Swisscontact (2020) se encontró que los obstáculos catalogados como “de conocimiento” y los “regulatorios” fueron percibidos como los más preponderantes tanto para las empresas manufactureras como para las de servicios y comercio.

Para este *Informe Nacional de Competitividad 2022-2023*, que tiene una separata especial donde se analiza la forma en que la carga regulatoria segmenta mercados creando umbrales de formalidad e informalidad, vale la pena conocer el detalle detrás de estos obstáculos regulatorios a la innovación empresarial^{16,17}. En este sentido, las barreras están relacionadas con la ausencia de regulación; específicamente, de “un marco legal e institucional que promueva unas “reglas de juego” estables y adecuadas en materia de protección de la propiedad intelectual, de regulaciones y reglamentos técnicos, exigencias técnicas de calidad de los productos, y en general al ambiente de negocios del ecosistema en el cual la empresa se desenvuelve” (CPC y Swisscontact, 2020, p. 43).

No obstante, y aunque la regulación es diferente en cada sector, como se indica también en la separata especial del *Informe Nacional de Competitividad 2022-2023*, cuando todo está hiperregulado puede ser difícil innovar ya que, al definir soluciones específicas, precisas y al detalle, hay posibilidad de restringir la innovación y se pueden dejar por fuera posibles candidatos disruptores que luego, por la falta de regulación misma, no pueden abrirse paso. Por esta razón se necesitan marcos regulatorios flexibles, sin ponerle freno a la innovación.

Siguiendo con los hallazgos de CPC y Swisscontact (2020), una de las percepciones de los empresarios era que los instrumentos de apoyo público a la innovación no estaban enfocados en solucionar los problemas relacionados con las regulaciones (incluyendo los derechos de propiedad intelectual y formalización de acuerdos de cooperación). Por ende, es importante revisar este tema considerando los efectos que la regulación puede tener para la innovación y para los mercados en los que se incorpore.

En efecto, el estudio señala que la desarticulación entre entidades hace que el regulatorio sea un obstáculo y que el actual sistema de propiedad intelectual sea insuficiente pues causa gastos adicionales en tiempo y dinero. Además, se manifiesta que las dificultades para la cooperación están relacionadas con el tema regulatorio o incluso la falta de conocimiento mismo: “hay empresas que no se atreven fácilmente a cooperar por desconocimiento de cómo proceder legalmente para asegurarse de no arriesgar sus ideas y recursos, lo que genera temor y desconfianza para realizarlo” (CPC y Swisscontact, 2020, p. 59).

Por último, varios de los obstáculos que reportan CPC y Swisscontact también han sido identificados por la encuesta de innovación de la Asociación Nacional de Empresarios de Colombia (ANDI), a través de la cual se establece desde el 2016 el *ranking* de las empresas más innovadoras del país. Si bien este instrumento tiene una escala y alcance diferente a la EDIT del DANE y por tanto al estudio de CPC y Swisscontact, algunos comportamientos identificados enriquecen la discusión sobre los obstáculos a la innovación empresarial. Específicamente, allí se indican obstáculos culturales, relacionados con la cultura organizacional de las empresas mismas (y en últimas de las capacidades gerenciales de la organización): algunas compañías están “poco dispuestas a lidiar con el riesgo y la incertidumbre que implican los proyectos de innovación” (ANDI, 2020, p. 19), prefiriendo el *statu quo*. A ello se suman “la preocupación permanente por el desempeño y los resultados en el corto plazo” (p. 19) y no poder materializar los resultados de los esfuerzos por innovación de manera inmediata.

REGULACIÓN EN LOS PROCESOS DE INNOVACIÓN EN COLOMBIA

En Colombia, los inconvenientes y obstáculos regulatorios se presentan en dos sentidos. Por una parte, hay regulación excesiva, y por ejemplo los tiempos para procesos de legalización y nacionalización de equipos importados para realizar investigación científica son significativamente largos. De tal modo, importar maquinaria toma lapsos demasiado prolongados, por lo que las oportunidades de mercado se pierden rápidamente¹⁸. Por otra parte, la falta de regulación no permite desarrollar productos o servicios o, incluso, realizar proyectos.

En este punto vale la pena indagar de qué manera los obstáculos regulatorios, cuya discusión puede hacerse más profunda al evaluar disposiciones regulatorias específicas, se deben a capacidades insuficientes o inadecuadas en el sector privado y en los actores del SNCTI para superarlas, o si se trata también de problemas en el diseño e implementación de la regulación, lo que termina siendo una falla de gobierno.

Por ejemplo, la actualización del Decreto 591 de 1991, en cuanto a la definición de las “actividades científicas y tecnológicas”, sería de gran utilidad para: (1) realizar contratación pública directa para actividades de CTI; (2) fomentar la compra pública innovadora (CPI), y (3) importar equipos para CTI. Esto se debe a que, al no tener definidas con precisión las actividades científicas y tecnológicas para la contratación pública¹⁹, se ha utilizado la figura en algunos casos para lo que no es, o en su defecto existe un temor para usarla por posibles investigaciones futuras de los entes de control.

Respecto a este punto, es imprescindible considerar la forma como se define el riesgo asociado a la inversión en CTI. Es necesario que los entes de control comprendan que hay un riesgo inherente, y cuando no se llega al resultado planteado inicialmente esto no se traduce en detrimento patrimonial. Si este raciocinio persiste, difícilmente se van a lograr mayores tasas de inversión, pues existe una aversión al riesgo muy alta. Por tanto, actualizar esta limitante jurídica podría facilitar diferentes procesos relacionados con la contratación directa por actividad de CTI debido a la mayor tranquilidad y seguridad jurídica para poderla utilizar (CPC, 2021a).

De hecho, revisar los marcos legales en Colombia que sostienen las políticas públicas de CTI puede generar un entorno de seguridad jurídica para que más empresas inviertan en investigación y desarrollo. Incluso, la Misión de Sabios (2020) había identificado la necesidad de reducir barreras normativas que dificultan el desarrollo de los proyectos, así como de promover la eficiencia en lugar de prevenir lo que no está correcto o los delitos. Simplificar y también optimizar la normatividad en Colombia es parte de todo el andamiaje para potenciar la productividad a través de la CTI e impulsar la competitividad del país.

APROPIACIÓN SOCIAL DEL CONOCIMIENTO EN EL MARCO DE LA CTI EN COLOMBIA

La segunda causa asociada al problema principal de la baja innovación identificado al inicio de este capítulo está relacionada con el bajo uso y apropiación del conocimiento. En efecto, la apropiación social del conocimiento (ASC) —que hace parte de la nueva hoja de ruta del CONPES 4069, Política Nacional de CTI— busca fomentar el uso, la valoración, la gestión

y la apropiación del conocimiento por parte de la sociedad en general a través de tres tipos de proyectos: (1) de intercambio de conocimientos y saberes que integran estrategias de comunicación y divulgación, (2) ciencia ciudadana, y (3) centros de ciencia (Minciencias, 2022a).

Desde hace once años, Minciencias ha liderado, en alianza con distintos actores, el fomento de la ASC en el país. En particular, desde hace ocho años, funcionan dos programas que hacen parte del primer grupo de proyectos mencionados anteriormente: (1) A Ciencia Cierta (ACC), que procura fortalecer “experiencias a nivel nacional desarrolladas por organizaciones de base comunitaria que postulan sus proyectos e identifican los puntos en los que requieren fortalecimiento” (CPC, 2021a, p. 406), y (2) Ideas para el Cambio (ICC), que busca proponer “soluciones a través de un investigador y padrino tecnológico a las problemáticas expresadas por las comunidades, haciendo un emparejamiento entre problemas y ofertas de solución” (CPC, 2021a, p. 406).

Las evaluaciones de estos dos programas, elaboradas por Daza-Caicedo *et al.* (2020a; 2020b), son de corte cualitativo, pero es deseable realizar evaluaciones más estructuradas que brinden evidencia para poder fortalecerlos (CPC, 2021a). En ese sentido, conviene tener una batería de indicadores que se puedan monitorear desde que se eligen las experiencias para financiar, considerando las oportunidades que les ha brindado a las comunidades receptoras 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. Asimismo, para potenciar el desarrollo económico hacia la economía del conocimiento y de los datos, es necesario contar con infraestructura física y digital neutral y equitativa que propenda a democratizar el acceso a la información y a las oportunidades que esto brinda.




Por último, Pinzón-Camargo (2022) discute sobre el potencial transformador que tienen estos dos programas. Por una parte, brinda una serie de recomendaciones de política para escalarlos y hacer los ajustes institucionales para adecuar el SNCTI en línea con la ASC y en consonancia con la propuesta de la Misión de Sabios para avanzar hacia la construcción de una cuádruple hélice. Por otra parte, evidencia la importancia de ACC e ICC para avanzar en la reconstrucción del capital social necesario que permita desarrollar y consolidar los sistemas regionales de competitividad. La aproximación de este autor, usando los lentes de las políticas de desarrollo productivo, podría reinterpretarse como el estudio de las estrategias y acciones que, desde el punto de vista del emprendimiento institucional, se deben apoyar en el marco de los programas mencionados para el desarrollo de capacidades locales que permitan incrementar la complejidad de sus sistemas productivos (Hidalgo y Hausmann, 2009).

¹⁶ Cuando se analizaron los instrumentos que en ese momento respondían a las cuatro categorías de obstáculos identificados, se concluyó que para los obstáculos regulatorios no había diferencias entre el tipo de empresas beneficiarias (CPC y Swisscontact, 2020, p. 76).

¹⁷ Por ejemplo, una empresa, bien sea pequeña, mediana o grande, está absorta en diversos requisitos regulatorios con los que debe cumplir para alcanzar un mínimo umbral de calidad; de lo contrario, es imposible continuar funcionando dentro de la formalidad. Infortunadamente, se le quita tiempo a la empresa para poder innovar y al final estas compañías tampoco encuentran una razón convincente para innovar.

¹⁸ Es necesario “definir normas técnicas que permitan certificar equipos nuevos de alta tecnología, electrónicos y mecánicos para promover la competitividad nacional e internacional de las empresas colombianas” (Minciencias, comunicación personal).

Recomendaciones

-  Nueva recomendación
-  Recomendación relacionada
-  Recomendación priorizada

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

Cerrar las brechas tecnológicas, tanto entre las regiones de Colombia como entre los sectores industriales del país y las fronteras internacionales, es indispensable para poder aumentar los niveles de innovación del país²⁰. El documento de cierre de brechas tecnológicas desarrollado por iNNpulsa y ANDI (2018) para ocho sectores (automotriz, *Business Process Outsourcing* [BPO], cosméticos y aseo, electrodomésticos, dispositivos médicos, siderúrgico y metalmeccánico, posconsumo y confección textil) es un insumo que puede continuar utilizándose en este sentido. Entender cómo se usa y distribuye la tecnología entre las firmas es clave para poder diseñar políticas que puedan ayudar a acelerar la adopción y convergencia a la frontera tecnológica (Cirera *et al.*, 2022).

El sistema de vigilancia tecnológica aquí propuesto se enfoca en la demanda por tecnología (sobre todo de las empresas) y puede ser un complemento a la acción de registro de necesidades específicas de I+D+i de los actores del SNCTI del CONPES 4069. Esto, dada la necesidad de tener una mayor claridad sobre las necesidades y los requerimientos tecnológicos de las compañías de forma sistemática y permanente aprovechando instrumentos que se piensan implementar próximamente en el marco de esta nueva hoja de ruta.

También podría incluirse una herramienta de autodiagnóstico que beneficiaría a las micro y pequeñas empresas (CPC, 2021a), teniendo en cuenta la importancia de incentivar la innovación en todo el tejido empresarial toda vez que 96,9 % de ellas son empresas de uno a tres trabajadores (Misión de Empleo, 2022)²¹.

Realizar ajustes necesarios a la normativa de los procesos y condiciones habilitantes para la producción del conocimiento y las actividades de ciencia, tecnología e innovación (ACTI) para fomentar la investigación, innovación y comercialización de la I+D+i.

Diversos ejercicios del sector público, el sector empresarial y la academia han evidenciado la necesidad de realizar ajustes en diferentes áreas relacionadas con la CTI, como por ejemplo: la importación de equipos e insumos para la investigación, el licenciamiento y la certificación, la transferencia de tecnología, entre otros.

Si bien uno de los objetivos del CONPES 4069 es mejorar el marco regulatorio y se contempla una actividad relacionada con la agenda regulatoria del sector CTI a corto y mediano plazo en armonía con los lineamientos en materia de mejora regulatoria, es necesario darle celeridad a este tipo de ajustes que hacen la investigación costosa, les restan competitividad a las empresas colombianas y muchas veces dificultan la transfe-

rencia de tecnología. Para ello, se deben aprovechar los resultados de la consultoría que fue entregada a Minciencias para un nuevo marco regulatorio de CTI en el segundo semestre de 2022 (Univalle, 2022).

Esta recomendación también se orienta a reducir barreras a la competencia para fomentar la innovación en Colombia, pues a lo largo de esta sección se hace énfasis en que la falta de competencia es inhibitoria de la innovación. De tal manera, es necesario realizar acciones puntuales que efectivamente disminuyan las barreras de entrada y faciliten más competencia en los mercados. Al mismo tiempo, es preciso que tales acciones se puedan evaluar y que se conozca con mayor claridad en Colombia su efecto sobre la innovación.

Escalar programas de cofinanciación de proyectos de desarrollo tecnológico e innovación empresarial.

Uno de los siete objetivos estratégicos de Minciencias es impulsar el desarrollo tecnológico para fomentar el proceso de innovación de las empresas. Frente a ello, la escasez de recursos propios y las dificultades para acceder a financiamiento externo a la empresa se identifican como obstáculos de alta relevancia, en particular para las empresas manufactureras que innovaron en sentido amplio o estricto o se catalogaron como potencialmente innovadoras (DANE, 2021). Por ende, los modelos de cofinanciación se erigen como una solución para promover el desarrollo conjunto de programas y proyectos de I+D+i entre empresas y universidades o centros de investigación (CPC, 2021a). De hecho, una de las acciones para mejorar las capacidades y condiciones para innovar y emprender del CONPES 4069 incluye “rediseñar e implementar el instrumen-

to de cofinanciación de programas y proyectos de I+D+i (*matching grants*) enfocado en fomentar el desarrollo de proyectos de I+D+i y de innovación empresarial”.

La asignación de montos de financiación acordes a la etapa de desarrollo o maduración de la empresa (CPC, 2020) debe ser también uno de los elementos por incorporar en este tipo de instrumentos. De igual manera, se propone evaluar los programas existentes y aquellos que implementen en el futuro este tipo de iniciativas para determinar qué tipo de impacto están generando sobre los esfuerzos de innovación de las empresas, evidenciar si se están produciendo vínculos duraderos y positivos entre empresas y otros actores del SNCTI, así como medir la eficiencia y efectividad de la cofinanciación.

Fortalecer y escalar el esquema nacional de vouchers de innovación.

Los vouchers pueden contribuir a financiar la inversión en tecnología e innovación, a pesar de ser un apoyo de menor cuantía para solucionar algún problema u obstáculo. iNNpulsa Tec 2.0 fue la segunda convocatoria que buscaba fortalecer las capacidades en las pymes a través de estos instrumentos. Con esta iniciativa, que cerró finalizando mayo de 2022, se buscaba fortalecer a 25 entidades de soporte al ecosistema de innovación (ESEI) y 400 pymes, y articular la conexión de estas organizaciones con el sector empresarial.

Es necesario conocer cifras y resultados sobre la evolución de este tipo de iniciativas y programas que permitan evidenciar tanto los niveles de los montos cofinanciados como el tipo de proyectos que se pudieron realizar o que están en curso, de forma que se conozca si se está logrando cumplir con el objetivo de dichos esfuerzos. Estas evaluaciones de resultado e impacto son una de las 21 herramientas que plantea la *Guía para el diseño de instrumentos de innovación* elaborada por CPC *et al.* (2021).

Contar con una infraestructura digital neutra y equitativa para potenciar el desarrollo económico hacia la economía del conocimiento que propenda a democratizar el acceso a la información y a las oportunidades que esto brinda.

Es necesario definir la factibilidad técnica, política, legal, financiera y de mercado de brindar infraestructura de telecomunicaciones neutral como servicio para las áreas urbanas y rurales del país. El liderazgo de esta tarea debe recaer en MinTIC, como cabeza del sector de tecnologías de la información y las comunicaciones, y abarca tanto lo que se refiere a las redes de banda ancha, estrecha, fija, móvil y centros de datos como a los esquemas de absorción y apropiación ciudadana y empresarial de dichas tecnologías. Esto se requiere con miras a lograr una economía nacional movida por los datos (*data driven*).

En versiones anteriores del capítulo de *Economía digital* del INC se ha enfatizado en la necesidad de mejorar el acceso y la velocidad a internet pues aumentar la penetración de internet banda ancha ha mostrado efectos positivos en el producto interno bruto (PIB), en la productividad factorial y en la generación de empleo (García Zaballo y López-Rivas, 2012). Lograr en Colombia el mayor nivel posible de digitalización debe estar enfocado en mejorar la equidad y la competitividad del país respecto al mundo. Revisar las experiencias de ciudades como Estocolmo (a través de la creación de Stokab), Nueva York y otras municipalidades agrupadas en MuniNetworks en los Estados Unidos puede ser útil en este propósito.

²⁰ En Colombia puede ser más provechoso cerrar brechas de conocimiento y tecnologías que la misma generación de conocimiento, sin descartar lo segundo. La transferencia de conocimiento existente y la adopción de tecnologías disponibles son claves en este contexto.

²¹ Si bien la iniciativa de pactos por innovación incluía este autodiagnóstico, no se tenía un sistema de vigilancia tecnológica, que es lo que se propone.

+ **+** **☆** Fortalecer las capacidades gerenciales para potenciar la innovación en las empresas colombianas.

En este capítulo y en versiones anteriores del INC se ha destacado la importancia de las capacidades o prácticas gerenciales para que las empresas innoven o tengan el interés de hacerlo, pues existe un desconocimiento en la materia que conduce a bajos niveles de innovación empresarial. Estas habilidades permitirían identificar proyectos potenciales con alto retornos, llevar a cabo su planeación y movilizar el talento humano para ejecutarlos (CPC, 2020).

En este contexto, la cultura organizacional es también fundamental y requiere desarrollar capacidades para: (1) capturar,

mantener y transferir el conocimiento; (2) identificar, atraer y retener el talento esencial para innovar; (3) gestionar la innovación desde la idea hasta el producto; (4) utilizar señales de mercado e información del cliente, y (5) identificar y participar efectivamente en redes de colaboración. Estas capacidades se han venido mejorando a través de programas como Fábricas de Productividad, y es necesario que se continúe impulsando este tipo de transformaciones organizacionales que permitan generar una cultura de la innovación en el interior del tejido empresarial colombiano.

+ **+** **☆** Revisar y escalar la estrategia para la vinculación de doctores en empresas.

La evaluación de Núñez *et al.* (2022) invita a hacer ajustes que redunden en un “emparejamiento efectivo entre las necesidades del sector productivo y los doctores (PhD) graduados, así como de quienes están culminando su formación doctoral” (CPC, 2021a). Además, por un lado, es clave que estos programas para doctorados (y ojalá también para maestrías) fomenten la formación en temáticas de interés para potenciar el sector productivo; por otro lado, conviene que estén complementados con iniciativas de inserción laboral una vez se concluyan los estudios, procurando fomentar la contratación por periodos no limitados a estancias doctorales de un año, pues el acompañamiento posterior es fundamental.

De igual modo, es importante conocer los efectos del Decreto 1011 de 2020, que daba incentivos tributarios para la contratación de personas con doctorado en las empresas después de dos años de encontrarse en operación²². En consonancia con esto, el portafolio en línea de doctores de Minciencias—para profesionales con título de doctor y nacionalidad colombiana— es una forma de incentivar la contratación de profesionales de alto nivel y visibilizarlos para empresarios,

potenciales empleadores o *headhunters* según seis áreas del conocimiento: ciencias agrícolas, ciencias sociales, humanidades, ciencias naturales, ingeniería y tecnología y ciencias médicas y de salud²³.

Ahora bien, para que las empresas del país absorban el capital humano descrito, es necesario transformar varios factores (Núñez *et al.*, 2022) y fomentar una cultura de innovación. Por ejemplo, debería haber consciencia de los beneficios de vincular a este personal en términos de innovación y competitividad, comprender mejor su rol en la organización, e incluso incorporar una escala diferencial salarial según formación que no siempre opera en las empresas²⁴. También es importante que los empresarios postulen sus empleados a doctorados en temas claves para sus empresas, lo cual ayudaría a que el sector privado empiece a dar señales sobre los conocimientos que busca y las habilidades que demanda. Adicionalmente, es clave acercar la lógica empresarial a la científica y tener claro que los tiempos de producción del conocimiento pueden no acoplarse a generar ganancias inmediatas, así como que la inversión en innovación no genera resultados automáticos.

+ **+** **☆** Vincular al sector empresarial en programas relacionados con la apropiación social del conocimiento en el marco de la CTI.

Vincular al sector privado a las grandes problemáticas del país, generando proyectos y oportunidades de investigación conectados a ellas, es un canal de entrada para su participación en la apropiación social del conocimiento en el marco de la CTI²⁵. En marzo de 2021 se adoptó la política ASC a través de la Resolución 0643 de 2021 de Minciencias y, luego de más de 18 meses de su promulgación, hay algunos avances como la Escuela Virtual de Apropiación Social del Conocimiento para la generación y mejoramiento de capacidades y el reconocimiento de siete centros de ciencia como parte del SNCTI, entre otros (Lugo, 2022).

Sin embargo, es importante que desde Minciencias se acerque al empresariado a participar de las diferentes iniciativas

asociadas a la política de ASC, guiando y sensibilizando a empresarios, inversionistas innovadores o emprendedores en esta dimensión de la CTI que no es familiar para muchos y que va más allá de un programa de responsabilidad social empresarial (RSE). Esto requiere considerar las condiciones diferenciales de las regiones y su incidencia en la ASC. Por ejemplo, se pueden utilizar los aprendizajes de la convocatoria de Ideas para el Cambio “Pacífico Pura Energía” del año 2014, que buscó dar soluciones a las necesidades de energía de las comunidades del Pacífico colombiano y en la que participó el sector privado de una forma activa como padrino tecnológico. Uno de los criterios de evaluación para las soluciones científico-tecnológicas comprendía precisamente este tipo de alianzas (Minciencias, 2014; 2016).

²² La evaluación de resultados del componente de estancias posdoctorales por parte de Minciencias está en mora de realizarse. Sin embargo, en 2021, como parte de los indicadores que contribuyen al fortalecimiento de capacidades regionales, se reportaron 200 nuevas estancias posdoctorales apoyadas por Minciencias y aliados (Minciencias, 2022b). Es relevante hacerles un seguimiento a dichas estancias posdoctorales para hacer los ajustes a que haya lugar al instrumento y poder escalar la estrategia.

²³ Esta plataforma se puede consultar en: https://scienti.minciencias.gov.co/convocatorias/buscador/inscripciones_309/personas/areas#

²⁴ Valga la aclaración: hay sectores que pueden ser altamente competitivos e innovadores con personal con formación técnica y tecnológica (sector de las tecnologías de la información y desarrollo de software); sin embargo, en Colombia la oferta de ese tipo de personal no es suficiente.

²⁵ Los programas ACC e ICC son un camino para que las empresas participen en este proceso con las comunidades a nivel regional, procurando fortalecer el capital social y el desarrollo de capacidades productivas a nivel local (CPC, 2021a).

OFERTA DE CONOCIMIENTO

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 (CPC, 2021a). El reconocimiento de actores en este contexto es relevante para entender quiénes componen el SNCTI en Colombia y de qué manera interactúan para que tengan lugar la investigación y el desarrollo, y se genere el conocimiento, que debería gozar de un entorno habilitante favorable.

Además, la construcción de redes es uno de los habilitantes que hacen posible la innovación. A pesar de que cierta proporción de la sociedad no considera que innovar sea rentable, como se señaló en la sección anterior, lo cierto es que la coordinación institucional permite ser más productivos en la sociedad y asentarse en cadenas globales de producción. En este marco, la construcción de confianza entre el sector público y el privado es importante.

Así pues, entre las actividades del CONPES 4069 para ser ejecutadas en los próximos dos años se destaca el diseño e implementación de una estrategia para “el registro de necesidades específicas de I+D+i de los actores del SNCTI, que permita identificar y priorizar un portafolio focalizado a solucionar problemáticas y necesidades a través de la CTI”, en cabeza de Minciencias (Departamento Nacional de Planeación [DNP], 2021a). Esta recolección de información permitiría, en efecto, tener claridad sobre necesidades puntuales dentro del ecosistema de innovación según el actor que las expresa y generar soluciones efectivas para las múltiples barreras que se enfrentan²⁶. De tal forma se puede contribuir a generar los incentivos adecuados para que las empresas inviertan más en CTI con miras a cumplir la apuesta de país en este ámbito (CPC, 2021a).

Dentro de las falencias institucionales del SNCTI se ha señalado que “el funcionamiento del sistema padece de una burocratización y tramitología excesivas que no contribuyen a la labor de los distintos actores allí involucrados” (Núñez et

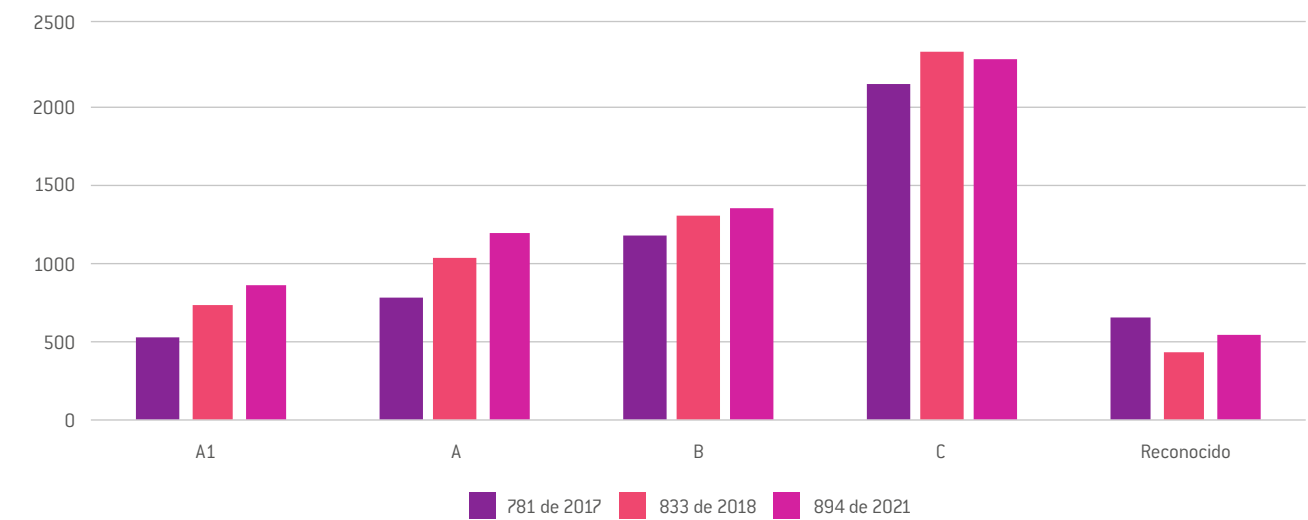
al., 2022, p. 45). De manera similar, en el caso de la innovación empresarial, hay trámites innecesarios que consumen tiempo y que desembocan en que en las entidades del SNCTI se concentre “demasiada energía en regulación y control” sin conectar con incentivos y el fortalecimiento del sistema. A esto se le suma la necesidad de articulación de Minciencias con el resto de los actores del SNCTI y de que se incentive el relacionamiento entre los actores propiamente del sistema de ciencia en Colombia.

CAPACIDAD DE INVESTIGACIÓN

Con corte a agosto de 2022, había por ejemplo 131 actores reconocidos divididos en aproximadamente 10 categorías. Cuatro de ellas sumaban casi el 71,9 %: los centros de investigación (30,5 %), las unidades de I+D+i de empresas (18,3 %), los centros de ciencia (12,2 %) y los institutos públicos (10,7 %). También se concentraban en Bogotá (37,4 %), Antioquia (23,7 %), Valle del Cauca (12 %), Caldas (6,1 %) y Atlántico (4,6 %), y pertenecen a diferentes sectores, incluidos salud, apropiación social de CTI, consultoría, financiero, energía-servicios, ingenierías, ambiente y agro²⁷.

Asimismo, la más reciente convocatoria nacional para el reconocimiento y medición de grupos de investigación, desarrollo tecnológico o de innovación y para el reconocimiento de investigadores del SNCTI 2021 (Convocatoria 894 de 2021) revela que el número total de grupos de investigación se ha incrementado 18,3 % desde la convocatoria de 2017 (Gráfica 1). Además, la calidad de estos grupos ha mejorado, pues proporcionalmente aquellos calificados como A1 pasaron de ser el 10 % de los grupos reconocidos a 16,3 %; igualmente, aquellos clasificados como A pasaron del 14 % del total de grupos a ser el 22,5 %. Cabe anotar que en esta oportunidad se aumentó la ponderación de productos de apropiación social de conocimiento y divulgación pública de la ciencia en la clasificación.

Gráfica 1. Evolución reciente de los grupos de investigación según su clasificación por convocatoria de reconocimiento.

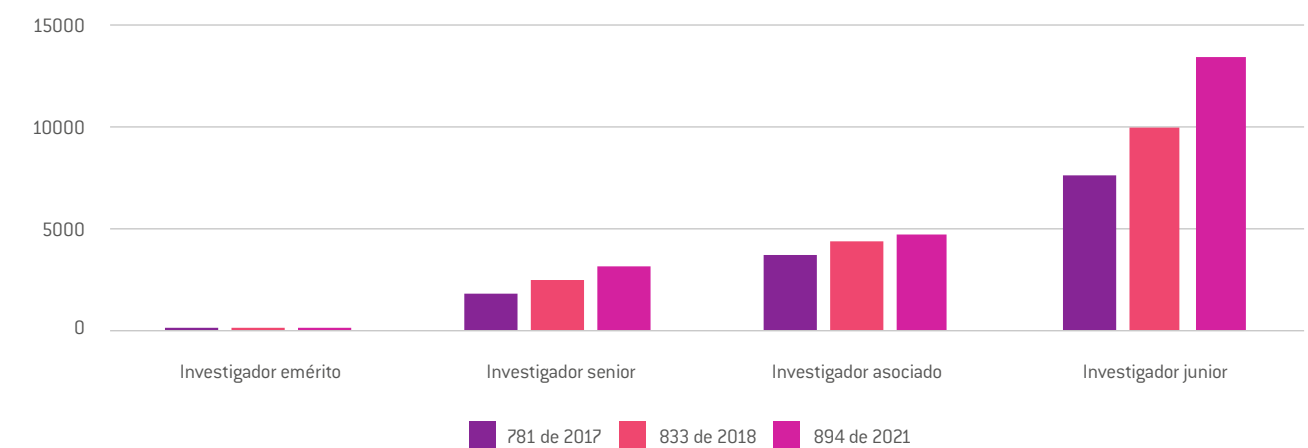


Fuente: elaboración propia con base en Colciencias (2017; 2019) y Minciencias (2022f).

A través de este reconocimiento de grupos de investigación e investigadores, se pueden conocer las actividades y los resultados que ellos han logrado y así tener claridad sobre las capacidades, las fortalezas, las debilidades y las potencialidades de quienes integran el SNCTI. Además, estos indicadores son insumo para la política pública, pues también per-

miten establecer áreas prioritarias de acción. En los últimos cuatro años, el número total de investigadores ha aumentado 62,2 %, y crecimientos superiores al 75 % se observan en los investigadores *junior* y *senior*. Proporcionalmente, los investigadores *junior* tienen una mayor participación (63,4 %), seguidos por los investigadores asociados (21,8 %).

Gráfica 2. Evolución reciente de los investigadores según su clasificación por convocatoria de reconocimiento, 2017, 2018 y 2021.



Fuente: elaboración propia con base en Colciencias (2017; 2019) y Minciencias (2022f).

No obstante, en el proceso de elaboración de este informe se han dado discusiones en torno a la necesidad de revisar el modelo de reconocimiento de grupos e investigadores para que se considere dentro de las mediciones el impacto de las investigaciones, lo que haría posible evaluar cuánto de ese conocimiento producido está

contribuyendo a resolver los problemas del país. Actualmente, no se tienen ese tipo de mediciones y es importante comenzar a incorporarlas. De igual forma se ha llamado la atención sobre la necesidad de acercar a los grupos de investigación al tejido empresarial y al sector productivo.

²⁶ El SNCTI está integrado por: centros de investigación, centros de innovación y productividad, unidades de I+D+i de empresas, institutos públicos, centros de ciencia, centros de desarrollo tecnológico (CDT), oficinas de transferencia de la investigación (OTRI), empresas altamente innovadoras, entre otros.

²⁷ En efecto, las capacidades de investigación a nivel departamental son muy heterogéneas, lo cual se refleja en el IDIC. Los actores reconocidos tienen diferentes prioridades, entre las cuales puede figurar la generación de productos de nuevo conocimiento, pero no es la única.

EVOLUCIÓN DE LAS MAESTRÍAS Y DOCTORADOS EN COLOMBIA

Por otra parte, en el país en los últimos veinte años aumentó de manera significativa el número de personas graduadas con maestría y doctorado (vale la pena mencionar que las órdenes de magnitud son diferentes). Mientras que las personas graduadas con programas nacionales de maestría se multiplicaron casi por 13, alcanzando 25.045 graduados en 2020, aquellas de doctorado se multiplicaron casi por 29 al pasar de 33 a 986 en 2020 (Mineducación, 2022)²⁸. A su vez, la cantidad de programas de doctorado vigentes en Colombia ha aumentado, y los programas de doctorado activos en Colombia ascendieron a 382 en 2019 (Minciencias, 2021d). No obstante, el porcentaje de estudiantes graduados de educación superior con doctorado en 2019 era de los más bajos en la región (CPC, 2021a).

Las estadísticas descriptivas de la información obtenida para la evaluación de los créditos condonables de Minciencias entre 1992 y 2018 mostraban un universo de 6.820 beneficiarios que en su gran mayoría hicieron su doctorado en el territorio colombiano (58,5 %), mientras que el 41,5 % lo hizo en el exterior. Las principales áreas de estudio de dichos beneficiarios en este periodo habían sido: ingeniería y tecnología (30,8 %), ciencias naturales (31,1 %) y ciencias sociales (17,9 %)²⁹ (Núñez *et al.*, 2022). Ahora bien, 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 (CPC, 2021a).

EVALUACIONES RECIENTES DE LOS INSTRUMENTOS DE POLÍTICA DE LA CTI

Desde el CPC se considera que la evaluación de los instrumentos para determinar si pueden ser escalables o ajustados es fundamental en política pública. En ese sentido, es importante considerar tanto los resultados derivados de su uso como el nivel de satisfacción por parte de los usuarios (CPC, 2021a). A continuación, se traen a la discusión dos evaluaciones recientes cuyos resultados y conclusiones es preciso implementar dentro de la metodología ArCo para continuar optimizando la oferta de instrumentos de política pública en materia de competitividad e innovación. Esta se encuentra en su tercera iteración e incluye 20 sectores,

70 entidades dentro del Sistema Nacional de Competitividad de Innovación y 376 instrumentos.

FONDO DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN (FCTI) DEL SISTEMA GENERAL DE REGALÍAS (SGR)

Por una parte, los resultados de la evaluación del antiguo FCTI (hoy llamado Asignación de CTI) muestran entre las principales motivaciones para acceder a recursos: (1) el avance científico tecnológico; (2) el desarrollo y progreso regional; (3) los montos altos y significativos de recursos (motivaciones financieras), y (4) las necesidades de alianzas estratégicas.

Una de las oportunidades identificadas tiene que ver con la articulación entre actores: aquellos que tienen un desarrollo básico de investigación y quienes lo tienen más especializado. También se manifestó que el cambio de esquemas de asignación de recursos es más transparente y competitivo para acceder al FCTI. Adicionalmente, la Ley 1923 de 2018 ya había cambiado el esquema de ejecutores de proyectos de regalías y permitió que cualquier actor del SNCTI fuese ejecutor, pues anteriormente solo los “actores públicos estaban habilitados para ser ejecutores de proyectos de CTI financiados con regalías” (Econometría Consultores y Technopolis Group, 2021, p. 76). Ampliando la base de ejecutores, se esperaba fortalecer las capacidades regionales para CTI.

En efecto, algunos consideran que el cambio de esquema es una oportunidad para las instituciones privadas de participar por recursos del FCTI, sobre todo en departamentos con pocas capacidades o con muy pocas o ninguna universidad pública en su territorio (Econometría Consultores y Technopolis Group, 2021, p. 78). Adicional a esto, con la aprobación del Decreto 625 de 2022 se habilita el giro directo a ejecutores del SGR, lo cual en términos prácticos se refiere a ejecutores privados de CTI o a los beneficiarios finales del uso de los recursos.

PROGRAMA DE CRÉDITOS CONDONABLES (PCC) PARA FORMACIÓN DOCTORAL 1992-2018

La evaluación de impacto del PCC para la formación doctoral de Minciencias se conoció en el primer semestre de 2022. Al comparar a los beneficiarios y no beneficiarios del programa en dos aspectos —ingresos y número de publicaciones—, se observó un mayor salario mensual (cerca de COP 280.000 más que los que

no lo son) y 2,9 publicaciones adicionales en promedio³⁰. Además, los impactos del PCC no siguen una trayectoria lineal, sino que pueden variar con el grupo de interés³¹: “los beneficios son crecientes a medida que las personas han culminado sus estudios, mostrando un crecimiento sostenido en el IBC promedio hasta cinco años después de haber culminado sus estudios para luego estabilizarse” (Núñez *et al.*, 2022, pp. 143-144).

Esta evaluación también realizó un análisis costo-beneficio del programa que buscó establecer la rentabilidad del proyecto. Para ello se estimó el valor presente, a lo largo del tiempo, de los beneficios recibidos por quienes obtuvieron las becas de doctorado y se compararon con los costos en los que incurre el Minciencias. Asimismo, se proyectaron los “flujos de ingresos por salario adicional y bonificaciones por publicaciones de los beneficiarios del programa” (Núñez *et al.*, 2022, p. 148). De este modo se calculó una tasa interna de retorno de 10,22 %.

Algunas recomendaciones de la evaluación de Núñez *et al.* (2022) son: (1) ampliar la financiación a los programas de formación doctoral y fortalecer la oferta de doctorados; (2) trabajar en la articulación institucional “impulsando el desarrollo de agendas de investigación y acuerdos interinstitucionales” (p. 12), y (3) fortalecer la vinculación de doctores al sector productivo y al sector público. De allí también se deriva la necesidad de generar conexiones reales de empresarios y beneficiarios, de manera que también el sector productivo logre conectarse con los beneficios asociados al programa de créditos condonables, y que paralelamente los titulados tengan la obligación de “contribuir a la solución de las problemáticas estructurales que afectan a nuestro país” (p. 89)³².

INNOVACIÓN A NIVEL DEPARTAMENTAL

Ahora bien, se ha mencionado a lo largo de esta sección que la mayoría de las empresas no innovan, no tienen los incentivos para hacerlo y no logran apropiarse los retornos a la CTI. En ese sentido, conviene precisar que ellas están inmersas en sistemas regionales de innovación heterogéneos con diferentes niveles de desarrollo y capacidades territoriales, en donde puede existir o no un ecosistema de innovación que responda a sus necesidades.

Específicamente, la Gráfica 3 presenta los resultados del país en términos de innovación a nivel departamental, obtenidos a tra-

vés del índice departamental de innovación para Colombia (IDIC) producido por el DNP y el Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología (OCyT). Los desempeños alto y medio-alto en el IDIC están concentrados en ocho de los 32 departamentos que se analizan. Así pues, en efecto, existen importantes brechas en los componentes de insumos y resultados del índice.

Frente a la medición del año 2020, y respecto a la región Bogotá-Cundinamarca, en 16 departamentos se redujo la brecha en el componente de insumos, y se destacaron las mejoras en las posiciones de Cauca y Tolima. En el componente de resultados, 25 de los 31 departamentos mostraron una menor brecha frente a Bogotá-Cundinamarca respecto a la medición anterior, y Santander, Magdalena, Cesar y Guainía tuvieron avances. Este subíndice de resultados recoge información respecto a creación, difusión e impacto del conocimiento y también evalúa aspectos como la creatividad, los intangibles y la economía digital (DNP, 2022); 15 de los 32 departamentos tienen un desempeño bajo este componente.

Por su parte, la razón de eficiencia (RE) mide la capacidad de transformar insumos presentes en el territorio en resultados. En Bogotá-Cundinamarca, este parámetro ha superado el 100 % a lo largo de los cinco años de medición del IDIC, y solo San Andrés tuvo una RE superior al 100 % en el año 2019. En los ocho departamentos que tienen un desempeño alto y medio-alto en el IDIC 2021, esta RE se ha mantenido en promedio por encima del 60 %, con niveles más favorables en los departamentos de Antioquia, Risaralda, Quindío y Santander (por encima del 75 %).

Precisamente, las heterogeneidades en las capacidades regionales exigen diseñar e implementar instrumentos apropiados para el territorio que respondan a las necesidades presentes para mejorar las características de su sistema de innovación (CPC, 2021a). Enhorabuena, uno de los objetivos del CONPES 4069 le apunta a las capacidades regionales en CTI y la cooperación regional para consolidar los sistemas regionales de innovación. Sus acciones contemplan definir un plan de acción para regionalizar la oferta de instrumentos de intervención en materia de CTI, el diseño de instrumentos de relacionamiento y coordinación entre departamentos y regiones, y estrategias para promover políticas de CTI acordes con el ámbito regional y en consonancia con la política nacional (DNP, 2021a).

³⁰ Este retorno se calcula respecto a los beneficiarios PCC de Minciencias usando como grupo de control a no beneficiarios del programa (de los cuales muchos fueron a hacer su doctorado con otros recursos) y respecto a otros niveles de educación (típicamente, maestría).

³¹ Esto significa al considerar áreas de conocimiento o el sexo de los beneficiarios.

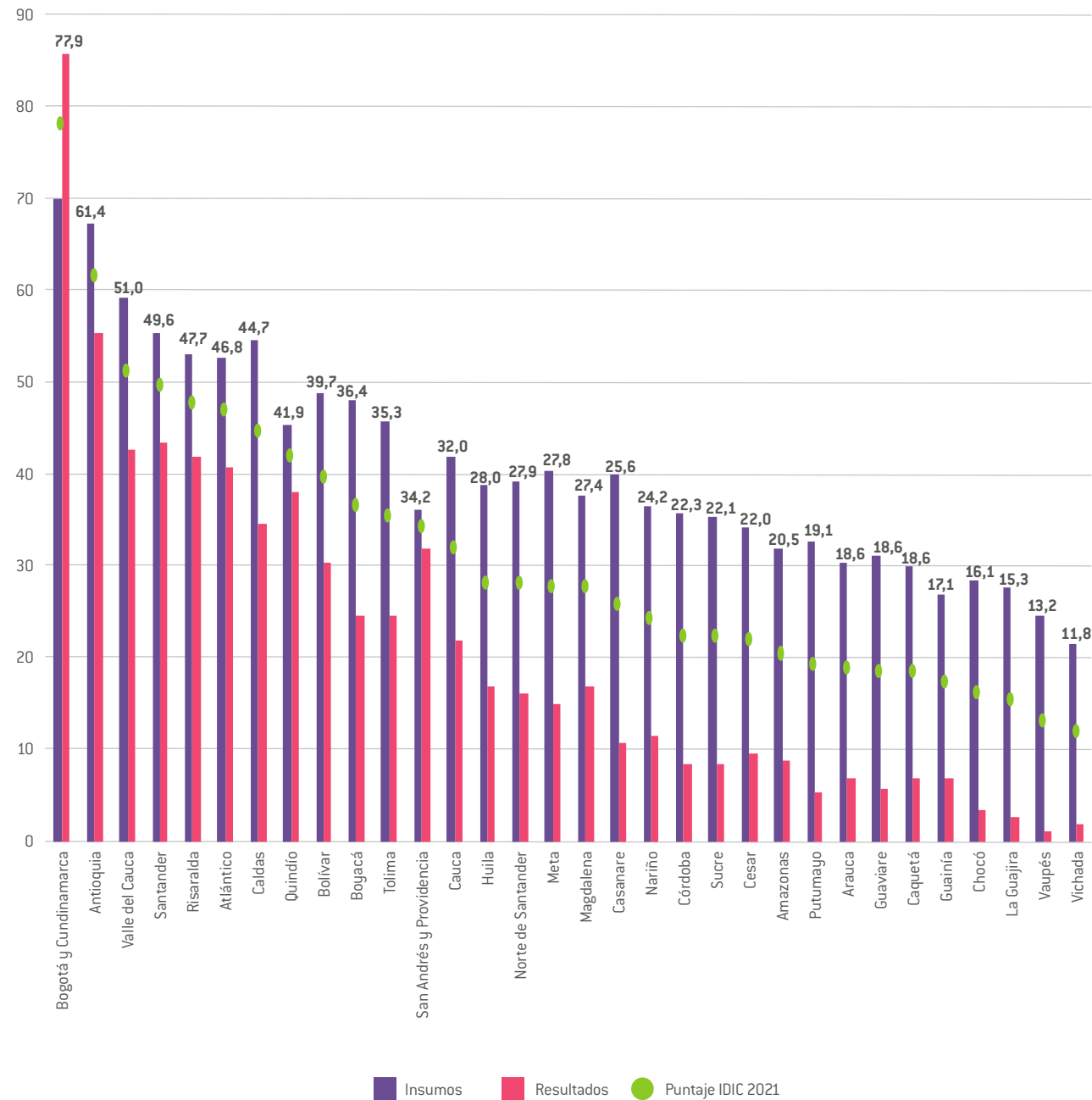
³² En la evaluación se reconoce la resistencia que con frecuencia se observa frente a las propuestas de “modernización e innovación en favor del bienestar y progreso colombiano” por parte de los titulados del PCC.

²⁸ Las personas graduadas de programas nacionales de doctorado son 27,3 % del total de personas graduadas de doctorado (CPC, 2020).

²⁹ Las otras áreas de estudio fueron: ciencias médicas y de la salud (11,4 %), humanidades (4,6 %) y ciencias agrícolas (4,2 %).

Gráfica 3. IDIC, índice de insumos e índice de resultados por departamento, 2021.

En el IDIC 2021, Bogotá-Cundinamarca y Antioquia continúan ocupando los primeros puestos (77,9 y 61,4 sobre 100). No obstante, la brecha entre ellos se amplió respecto a 2020. La brecha entre el departamento líder y los departamentos de bajo desempeño es considerable: frente a Vichada es de 66,1 puntos.



Nota: Las cifras que se se indican corresponden al puntaje en el IDIC 2021 por departamento.
Fuente: DNP y OCyT (2022).

INVERSIÓN EN I+D

Los bajos niveles de inversión en I+D de Colombia frente a la región y el mundo han sido un común denominador en el país. El esfuerzo económico y humano que hace Colombia por generar conocimiento es también inferior al de los países de la OCDE (Gráfica 4). Según las cifras más recientes, el país alcanzó en 2021 un nivel de inversión en I+D de 0,26 % del PIB, que es similar al observado en 2020, de 0,24 % del PIB³³. En particular, la inversión en I+D pública en Colombia en 2021 fue de 0,11 % del PIB, y la del sector privado, de 0,14 % del PIB (OCyT, 2022).

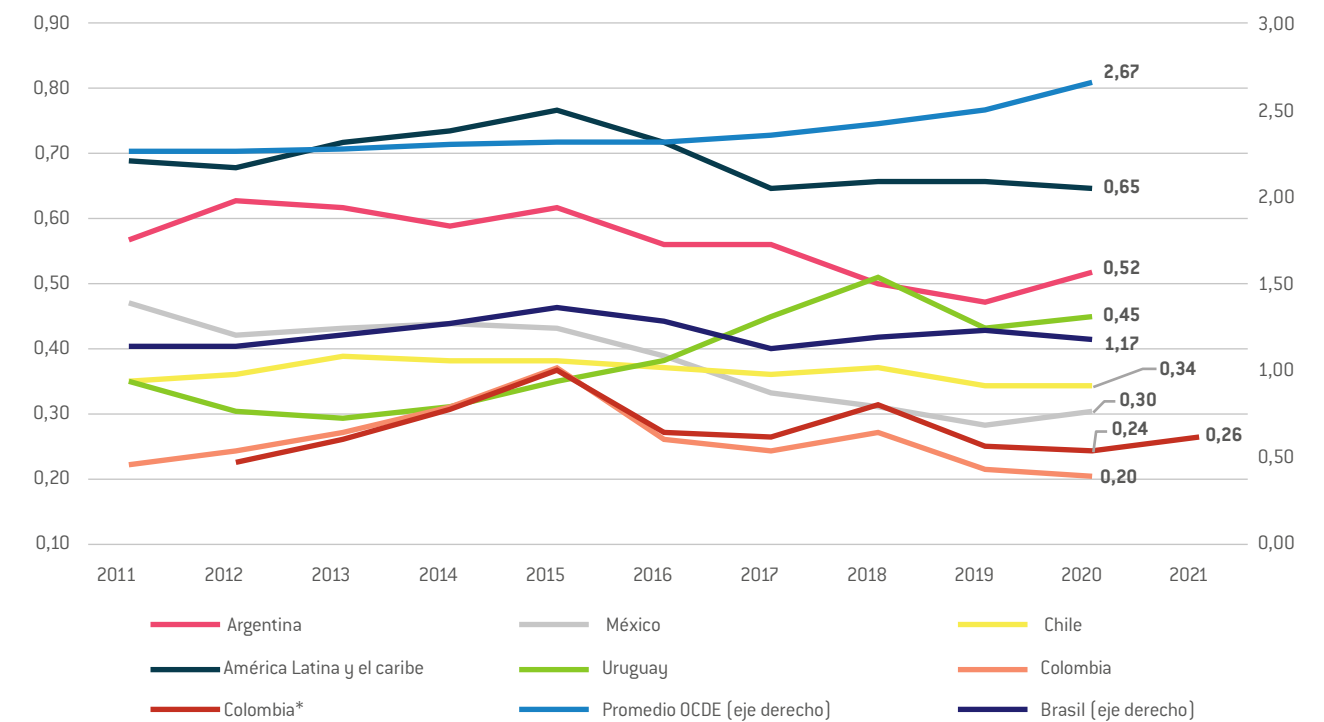
En la nueva hoja de ruta para la CTI, CONPES 4069, se plantea la necesidad de incrementar la financiación de la CTI y de las inversiones contenidas en dicho documento (DNP, 2021a).

Relacionado con esto, y durante el proceso de edición de este capítulo, se adelanta la elaboración de un documento CONPES de importancia estratégica que busca asegurar la financiación de ocho proyectos de inversión priorizados a través de vigen- cias futuras en los próximos diez años. Con ello, se espera dar- les cumplimiento a once acciones estratégicas del documento CONPES 4069 y a una acción del CONPES 4062, Política Nacional de Propiedad Intelectual.

En este punto se reitera la importancia de que la inversión pú- blica en CTI dé un salto en órdenes de magnitud para alcanzar la sociedad de conocimiento en línea con la visión que la Misión de Sabios de 2019 propuso y que el Gobierno ha establecido como una de sus prioridades. Continuar en los mismos niveles de inver- sión pública en CTI esperando resultados diferentes puede no ser la decisión más acertada.

Gráfica 4. Inversión en I+D (% del PIB). Colombia, 2010-2020.

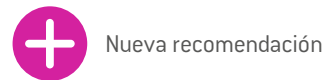
La inversión en investigación y desarrollo en Colombia se ha mantenido en la última década en niveles entre 0,20 % y 0,37 % del PIB, alcanzando un máximo en el año 2015 y por debajo del promedio de la región. En Brasil se ha logrado alcanzar niveles de inversión en I+D de 1 % del PIB



Fuente: OCDE (2022) y Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología [RICYT] (2022).

³³ La inversión en I+D representó en promedio alrededor de 25 % del total de la inversión en ACTI entre 2020 y 2021 (OCyT, 2022).

Recomendaciones



Nueva recomendación



Recomendación relacionada



Recomendación priorizada

+ + + Desarrollar habilidades de investigación y vocaciones científicas desde la educación básica, con un enfoque por oferta, incluyéndolas dentro de los currículos³⁴.

Apoyar y estimular la curiosidad científica de niños, niñas y adolescentes promoviendo y fomentando el interés por la investigación es el objetivo del programa Ondas (Minciencias, 2022b). Con corte a 2021, por esta vía se habían atendido a 25.776 niños, niñas y adolescentes, con un avance de 75,8 % respecto a la meta del cuatrienio. Este programa desarrolló la estrategia “Ondas en casa” para continuar con el fomento de las vocaciones científicas a pesar de la pandemia, y actualmente se está implementado en 186 municipios de 11 departamentos, impactando a 39.150 niños (Minciencias, 2022b)³⁵.

En línea con ello, para asegurar el desarrollo de las habilidades de largo plazo en este segmento poblacional es necesario que los proyectos y la experiencia en investigación se incorporen al

currículo en los colegios³⁶. De igual forma, una vía útil de articulación de las instituciones educativas con otros actores del SNCTI puede ser integrar la experiencia en investigación a las apuestas pedagógicas de los colegios, acercando a la realidad de las aulas a los grupos de investigación de universidades y centros de investigación (CPC, 2021a).

Precisamente, en el Plan de Acción y Seguimiento (PAS) del CONPES 4069 se incluyó el diseño e implementación de una ruta estratégica para “dinamizar las vocaciones de CTI en niñas, niños, adolescentes y jóvenes, incluyendo acciones de armonización con las entidades territoriales, los planes de desarrollo locales y la gestión de los recursos asociados en los 33 CODECTI del país” (DNP, 2021a).

+ + + 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 (CPC, 2021a). A nivel global, las mujeres graduadas están sobrerrepresentadas en artes y humanidades, periodismo e información, ciencias sociales, y salud y bienestar (Bello *et al.*, 2021). En efecto, al revisar las cifras del Sistema Nacional de Información de Educación Superior (SNIES) de las mujeres graduadas según área de conocimiento para 2020, la proporción de mujeres en ingeniería era de apenas 34,9 %, y en agronomía, veterinaria y afines, 47,7%. En cambio, son más las mujeres graduadas en ciencias de la educación (66 %), ciencias de la salud (70,3 %) y economía, administración, contaduría y afines (62,8 %). Por tanto, existe margen suficiente para incentivar a más mujeres desde la educación básica a estudiar en campos

base para la investigación y tecnología que conducen a la innovación (CPC, 2021a).

En el documento CONPES 4069 se estableció una actividad relacionada con diseñar e implementar una serie de acciones “para reducir las barreras de género en la formación de capital humano y al interior [sic] de la comunidad científica”, cuyo horizonte de cumplimiento es hasta finalizar 2031. No obstante, es necesario tener acciones complementarias y tempranas que apunten a remover esas barreras de género en ciencia, incorporando desde antes de su implementación indicadores que permitan evaluar el éxito de la intervención y cumplimiento del objetivo principal del o los instrumentos. En Argentina, Chile y Costa Rica se han implementado en los últimos años políticas intersectoriales que abordan la igualdad de género en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (Muñoz Rojas, 2021).



Reformar los estímulos a la productividad académica para aumentar su calidad e impacto en innovación.

Esta es una recomendación que se reitera dada la urgencia de actualizar el Decreto 1279 de 2002 del Ministerio de Educación, que establece el régimen salarial y prestacional de los docentes de las universidades públicas y que también se usa como referencia en muchas universidades privadas (CPC, 2021a). Los estímulos a la productividad académica deben estar fundamentados en métodos objetivos y aceptados internacionalmente para medir su calidad y el impacto de la producción científica. También conviene revisar los incentivos existentes para su régimen pensional especial actual.

El CONPES 4069 no incluyó acciones sobre el Decreto 1279 de 2002, como sí las incluía una de sus versiones borrador, aunque se menciona dos veces en el diagnóstico. El Gobierno actual po-

dría añadir a su hoja de tareas de mediano plazo la actualización de este decreto dándole un manejo adecuado a la conciliación de intereses de las partes involucradas.

A su vez, las universidades deben ir más allá de la docencia y facilitar el flujo, la adopción y la adaptación de conocimiento y tecnología local o que se trae al país, como lo señaló la Misión de Internacionalización. También se continúa recomendando realizar un estudio sobre el impacto fiscal de las disposiciones actuales, que debería servir como insumo para la actualización del decreto para brindar los incentivos correctos a los investigadores y procurar reducir simultáneamente posibles distorsiones en el gasto (CPC, 2021a).



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

Para que el sistema de innovación colombiano trabaje en conjunto y no de manera aislada (Misión de Sabios, 2020), es esencial la articulación entre sus actores. En ese sentido, el relacionamiento universidad-empresa mediado por la confianza continúa siendo imperante. Hace un par de años se había identificado que uno de los problemas para desarrollar proyectos entre estos dos actores radicaba en que los tiempos de respuesta de las universidades no lograban acompañar el ritmo de las necesidades y retos empresariales (ANDI, 2020, p. 24)³⁷.

De hecho, el Minciencias, como ente rector de la política de CTI,

tiene entre sus funciones consolidar las relaciones entre universidad, empresa, Estado y sociedad “para la generación de conocimiento, desarrollo tecnológico, innovación y la capacidad de transferencia de la tecnología y el conocimiento entre estos”. Si bien hay algunos avances a través de los ocho focos de trabajo (o programas) en el marco del ecosistema científico de Colombia Científica (así como también se evidencia en el recuadro al final del capítulo), es clave fortalecer mucho más esa conexión de la cuádruple hélice en la que interactúan academia, Estado, sector privado/empresa y sociedad.



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

La investigación pública genera conocimiento por fuera de las demandas del mercado (Misión de Sabios, 2020) y por lo general es de largo plazo, con un mayor nivel de riesgo que los actores privados (OCDE, 2011). Colombia puede promover el desarrollo de tecnologías emergentes necesarias para aumentar la productividad de la industria y resolver desafíos sociales y ambientales a través de los institutos públicos de investigación (IPI) y algunos de los centros de desarrollo tecnológico (CDT) que operan dentro del SNCTI (CPC, 2021a).

Con corte a agosto de 2022, Colombia cuenta con catorce IPI especializados en temas como salud (tres) y ambiente (tres); los otros ocho institutos pertenecen cada uno a agro, geociencias, defensa, ingenierías y ciencias básicas (Minciencias, 2022d). Aunque los IPI tienen asociada una misión específica, pueden trabajar también de la mano con el sector empresarial local (World Bank, 2020) y alinearse con prioridades de largo plazo previamente definidas y no con agendas particulares como se ha hecho tradicionalmente. En este sentido, se sugiere revisar el mandato de estos institutos para conectarlos otras necesidades de la sociedad y a las necesidades del sector empresarial³⁸.

³⁴ Podrían plantearse maneras alternativas de llegar a los territorios considerando que el enfoque por oferta está en función de los recursos disponibles. Por ejemplo, la financiación compartida con actores regionales (Minciencias, comunicación personal).

³⁵ El programa Ondas, a través de una estrategia descentralizada que les da autonomía a los territorios, se implementó en 21 departamentos del territorio nacional en el periodo 2019-2022, beneficiando a 120.698 niños, niñas y adolescentes. De este grupo, 34.276 fueron certificados en procesos de fortalecimiento de sus capacidades en investigación y creación luego de una permanencia de dos años en el programa, con el apoyo de Minciencias y aliados (Minciencias, comunicación personal).

³⁶ Sin embargo, este proceso es responsabilidad directa de Mineducación y debe revisarse considerando la autonomía pedagógica dada a los colegios en el marco de la Ley General de Educación [ver capítulo Educación].

Adicionalmente, se debe asegurar el funcionamiento de los IPI a través de financiación adecuada y de un gobierno corporativo robusto para promover 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 de desarrollar proyectos de

investigación aplicada, promover procesos de difusión y absorción entre academia y empresas, teniendo en cuenta su experiencia específica y su agilidad administrativa (CPC, 2021a). Esto es necesario en la medida en que los CDT “transfieren capacidades tecnológicas que requieren capacitación especializada debido a su complejidad” (Núñez *et al.*, 2022, p. 132)³⁹.

+ + + 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) se dedican a promover la TCT “a organizaciones productivas o sociales que así lo demandan” (Minciencias, s.f.). Dicha tarea incluye conectar la demanda de tecnologías de las empresas con la oferta de las universidades y centros de investigación (CPC, 2020). Al respecto, se observa que, con corte a agosto de 2022, cuatro oficinas se ubican en Antioquia; dos, en el Valle del Cauca; una, en Bogotá, y otra, en Chía. También cuatro estarán vigentes hasta 2023; dos, hasta 2024, y las dos restantes terminan su reconocimiento en 2025.

Sin embargo, existen algunas deficiencias en cuanto a: (1) los enlaces de estas oficinas con universidades a nivel nacional

y regional, (2) capacidades de prospectiva tecnológica, (3) construcción de portafolios de propiedad intelectual, y (4) servicios especializados (DNP, 2021d). En ese sentido, es importante hacer una evaluación de los logros alcanzados por las ocho OTRI que actualmente son reconocidas por Minciencias para validar si están cumpliendo con su actividad “nuclear” y con los resultados principales que se esperan según los lineamientos de dicho ministerio: (1) tecnologías incorporadas en el aparato productivo; (2) licenciamientos de tecnología, y (3) procesos de patentamiento (Minciencias, s.f.). Paralelo a ello, es clave que en las empresas haya capacidades y talento relacionado con la TCT.

+ + + Impulsar la implementación de la Ley 1838 de 2017 (Ley Spin-Off).

En el proceso de edición de este informe se aprobó el Decreto 1556 de 2022, pues estaba en mora de reglamentarse la Ley 1838 de 2017, que eliminó las barreras a la posesión y explotación de invenciones y desarrollos tecnológicos por académicos en instituciones del país. De esta forma se definieron las empresas de base tecnológica (*spin-off*), sus tipos y participación, y también se especificaron detalles sobre las etapas de validación, planeación y puesta en operación de estas compañías. Asimismo se explican fuentes de financiación y la

participación de los docentes, investigadores o estudiantes en estas organizaciones.

La implementación de esta regulación debe estar acompañada de una estrategia de evaluación que permita monitorear y hacer seguimiento exhaustivo a los resultados que se deriven. Por ejemplo, pueden evaluarse la cantidad de 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 (CPC, 2021a).

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

La CPI está siendo utilizada mundialmente para dinamizar los ecosistemas de innovación (CPC, 2021a). Este es uno de los instrumentos que permiten al Gobierno ser pionero y contribuir

directamente como codesarrollador de tecnologías innovadoras (Ospina *et al.*, 2021), aunque en Colombia necesita fortalecerse y aumentar su uso, para lo cual se requiere actualizar el marco

normativo de modalidades contractuales de CTI. Actualmente, está en ejecución una acción del CONPES 4069 para desarrollar e implementar una hoja de ruta para impulsar la CPI, donde se podrían establecer cuotas de CPI como porcentaje de las compras totales de los sectores administrativos para impulsar la demanda por innovación⁴⁰.

En este sentido, uno de los avances recientes es el Decreto 442 de 2022, que promueve las CPI (Gobierno de Colombia, 2022a). En esta norma se especifica que las entidades estatales pueden realizar una convocatoria para soluciones

innovadoras luego de determinar una necesidad que puede ser atendida por medio de una compra pública de tecnología e innovación. También se establecen los detalles sobre el documento de las necesidades funcionales que se debe publicar en el Sistema Electrónico para la Contratación Pública (SECOPI) sobre esta convocatoria y el posterior diálogo técnico que debe tener la entidad con los oferentes. Además, se indica que Colombia Compra Eficiente deberá generar los lineamientos para este tipo de compras en coordinación con el DNP.

+ + + Utilizar el IDIC como una herramienta para cerrar las brechas de CTI en las regiones y priorizar el gasto desde el orden nacional.

El IDIC es un instrumento potente que permite identificar en cuáles pilares o indicadores los departamentos deben focalizar sus acciones para mejorar de manera agregada tanto en los componentes del subíndice de insumos como en el de resultados, y en su desempeño agregado en términos de innovación para poder impactar su sistema a nivel regional. Es una herramienta útil para la toma de decisiones a nivel territorial y “puede también contribuir en la definición de contrapartidas de actores a la hora de acceder a la oferta de recursos del orden central” (CPC, 2021a).

La importancia de reconocer las heterogeneidades de cada

uno de los territorios y de diseñar instrumentos que respondan a las necesidades propias de las regiones invita también a utilizar la metodología ArCo a nivel regional pues es necesario revisar instrumentos, así como roles de entidades para no duplicar esfuerzos y más bien optimizar recursos. En ese sentido, entre 2023 y 2025 se definirá “un plan de acción para regionalizar la oferta de instrumentos de las entidades públicas del orden nacional que hacen parte del SNCTI y el Sistema Nacional de Competitividad e Innovación (SNCI) en materia de CTI” (DNP, 2021d) como parte de la nueva hoja de ruta para el sector utilizando como insumo el IDIC.

+ + + Incrementar el apalancamiento de contrapartidas en la Asignación para CTI del SGR.

La Asignación para CTI es un instrumento poderoso en las regiones que permite cerrar las brechas existentes en el del país (CPC, 2021a). No obstante, los proponentes solo apalancaron en promedio COP 0,18 por cada peso invertido en el FCTI entre 2012 y 2020. Esta razón se esperaría aumente dada la mayor participación en el proceso del sector privado después de la Ley 1923 de 2018 y del reciente Decreto 625 de 2022, que habilita el giro directo a ejecutores de proyectos del SGR.

En este sentido, se puede requerir que quienes se postulan inviertan al menos un peso de sus recursos por cada peso que reciban del FCTI, de manera que no solo sea una cuestión de fondeo de proyectos, sino que se estén formulando proyectos que generen un retorno *per se* con el que todas las partes involucradas están comprometidas. También se puede promover y premiar la colaboración con actores internacionales y empresas privadas, para que las soluciones propuestas puedan ser más fácilmente comercializables (CPC, 2021a).

³⁹ Con corte a agosto de 2022 había siete CDT autónomos y tres independientes. La acción 2.7 del PAS del CONPES 4069 busca consolidar un programa de financiamiento basal dirigido a los centros de I+D del país, incluidos los que pertenecen a las instituciones de educación superior (IES).

⁴⁰ La CPI es un instrumento que contribuye a generar demanda por innovación. Para que la oferta logre cumplir esa demanda, se requiere fortalecer las instituciones locales de apoyo a la innovación, con miras a ofrecer servicios de consultoría y conocimientos prácticos a los diferentes actores que realizan actividades de CTI (incluyendo tanto grupos y centros de investigación y desarrollo como empresas) en torno a la gestión de la innovación, al mismo tiempo que se fortalece el ecosistema de CTI.

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

Los BT son uno de los instrumentos bandera para fomentar la inversión privada en proyectos de CTI. Con una trayectoria de cerca de 30 años, junto con el programa de becas en 2021 concentraba el 75 % de los recursos de los instrumentos de política de CTI (DNP, 2021d). Hoy operan BT en CTI por: (1) inversión; (2) vinculación de capital humano de alto nivel en las empresas; (3) ingresos no constitutivos de renta y/o ganancia ocasional; (4) exención de IVA por importación de equipos y elementos, y (5) donación en CTI (Minciencias, 2022b). En el año 2021 el 61,47 % de las empresas que recibieron BT en CTI fueron grandes, y 38,53 %, mipymes⁴¹. El monto de inversión de estas últimas correspondió al 11,41 % del total invertido (Minciencias, comunicación personal).

El PAS del documento CONPES 4069 incluye una acción relacionada con ajustes normativos para incrementar la difusión del instrumento de BT, lo cual responde a los factores que se identificaron como obstáculo para solicitar u obtener estos beneficios por inversiones en ACTI por parte de las empresas innovadoras y potencialmente innovadoras. La EDIT de la industria manufacturera para el bienio 2019-2020 revelaba que las empresas señalaron como factores preponderantes la falta de información sobre beneficios y requisitos, y también los requisitos y trámites excesivos o complejos (DANE, 2021).

+ + ☆ Implementar el Marco de Inversión en la CTI para lograr incrementar los recursos públicos hacia la CTI y apropiar su rol transversal en los distintos sectores.

Uno de los logros más destacados de los últimos años respecto a la CTI fue la Directiva Presidencial N.º 06 de 2021, publicada en septiembre del año pasado, que establecía las bases del Marco de Inversión en CTI para el 2022. Con ello se buscaba elevar la inversión pública en actividades de CTI, sobre todo de los sectores que a la fecha invertían menos del 1 %. Claramente, la necesidad de que haya más inversión en CTI no es solo un asunto del sector CTI propiamente, sino que se trata de un esfuerzo intersectorial.

alcanzar estabilidad, requiere que “los recursos de PGN [Presupuesto General de la Nación] para la implementación de la política de CTI de largo plazo no puedan ser inferiores a los invertidos en la vigencia inmediatamente anterior” (CPC, 2021a, p. 421). Precisamente, se necesita apropiar e impulsar la transversalidad de la CTI de manera que se evite la concepción errónea de que la CTI y acoger las recomendaciones de la Misión de Sabios son solo responsabilidades de Minciencias. En contraste, desde la CTI se pueden apalancar los objetivos misionales de todos los sectores, y apropiar los resultados de la Misión de Sabios por parte de todo el Ejecutivo puede ser un paso en esa dirección.

La reglamentación del Marco es incluso parte del PAS del documento CONPES 4069 que concluiría finalizando 2024, y es un elemento central de la metodología ArCo, la cual, para poder

INSTITUCIONALIDAD

La institucionalidad del sector de CTI ha tenido importantes ajustes en el último año. La Ley 2162 de 2021 (Gobierno de Colombia, 2021b) creó nuevamente el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación y subsanó los inconvenientes de la Ley 1951 de 2019, que había sido declarada inexecutable por la Corte Constitucional por vicio de trámite. Esta nueva normativa les dio fin a la incertidumbre y al periodo de interín en los que estaba Minciencias luego de su creación y fusión con el antiguo Colciencias.

proyecto de decreto hace actualizaciones en lo referente a: integrantes, reglamento, funciones y sesiones de los CODECTI, así como plan de acción y seguimiento a la gestión.

Además, finalizando el año pasado, el Decreto 1666 de 2021 (Gobierno de Colombia, 2021a) también fue aprobado y reglamentó el Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SNCTI). Específicamente, ajustó su composición, funciones, actores y gobernanza. Se creó además el Consejo Nacional de Política de Ciencia, Tecnología e Innovación (CONACTI), establecido como instancia para asesorar sobre la política de Estado de CTI. De hecho, al CPC le fue asignada la tarea de elegir a un empresario vinculado a una empresa altamente innovadora, cuyo periodo será de dos años, prorrogable por un año adicional⁴².

Si bien la institucionalidad del sector CTI se está volviendo más sólida, es imprescindible el trabajo coordinado y articulado con las instancias de decisión público-privada existentes y en funcionamiento en las que se discute acerca de las políticas públicas relacionadas con CTI (tanto a nivel nacional como al regional). Por ejemplo, el SNCTI, el Sistema Nacional de Innovación Agropecuaria (SNIA) y el SNCTI, y entre las comisiones regionales de competitividad e innovación (CRCI) y los CODECTI que se modificarían en el segundo semestre de 2022. “Es importante generar agendas de investigación nacionales y regionales en donde se articulen las principales problemáticas que se consideren a nivel local” (Minciencias, comunicación personal). De esta manera será posible optimizar recursos humanos, económicos y tiempo.

Dentro de este mismo decreto, el artículo 19 señalaba la creación de un Consejo Científico Nacional (CCN), cuyos diez integrantes, cinco hombres y cinco mujeres, fueron seleccionados a principios de junio de 2022 (Gobierno de Colombia, 2022b). El objetivo de este CCN es orientar al Gobierno nacional desde sus investigaciones en los ocho focos del conocimiento propuesto por la Misión de Sabios⁴³ y sobre temáticas coyunturales o estructurales de interés en CTI a los próximos Gobiernos de manera efectiva.

Por último, y no menos importante, la aprobación del documento CONPES 4069 es uno de los logros más importantes en el último año. Esta es una hoja de ruta para la siguiente década cuyo objetivo principal es incrementar la contribución de la CTI al desarrollo social, económico, ambiental y sostenible “con un enfoque diferencial, territorial y participativo para aportarle desde la CTI a los cambios culturales que promuevan la sociedad del conocimiento” (DNP, 2021d), desde distintos frentes. El PAS de este documento tiene 59 actividades divididas en siete objetivos específicos, con la participación de 29 entidades, que incluye 48 acciones iniciando en el año 2022, diez en el año 2023 y una en 2025 con diferentes horizontes de cumplimiento hasta diciembre de 2031. Se espera que 27 de las acciones establecidas hayan concluido finalizando el año 2025.

También se publicó en el primer semestre de 2022 el borrador de decreto para comentarios, que actualiza el Decreto 584 de 2017 sobre la reglamentación de los Consejos Departamentales de Ciencia, Tecnología e Innovación (CODECTI)⁴⁴, los cuales son instancias de articulación del SNCTI en los departamentos⁴⁵. El

⁴¹ Específicamente, XX % medianas, XX % pequeñas y XX % micro (Minciencias, 2021a).

⁴² El CONACTI sesionó finalizando el primer trimestre de 2022, y antes de concluir el periodo de gobierno tuvo una segunda sesión en la que se establecieron los comités técnicos dentro de este consejo. La Resolución 0238 de 2022 delega en la Secretaría General de Minciencias la secretaría técnica del CONACTI (Minciencias, 2022e).

⁴³ Estos son: bioeconomía, biotecnología y medio ambiente; ciencias básicas y del espacio; ciencias sociales y desarrollo humano con equidad; ciencias de la vida y de la salud; energías sostenibles; industrias creativas y culturales; océanos y recursos hidrobiológicos y tecnologías convergentes e industrias 4.0.

⁴⁴ Se destacan: (1) la propuesta de participación de la sociedad civil en estos consejos departamentales (ahora son cuatro los miembros según el proyecto de decreto), una modificación que viene de la Ley 1923 de 2018, que permitió la “participación de la sociedad civil, las empresas y universidades como ejecutoras de proyectos y el acceso más amplio a recursos públicos de CTel” (Econometría Consultores y Technopolis Group, 2021, p. 97), y (2) la necesidad de coordinación con el SNCTI, y en particular con las CRCI.

⁴⁵ En donde convergen “universidades, gobiernos departamentales, empresas, entre otros, generando así un diálogo y alianzas entre varios sectores y facilitando diferentes actividades en pro de los proyectos ejecutados a través del FCTel” (Econometría Consultores y Technopolis Group, 2021, p. 84). Se ha reconocido que la implementación del FCTI ha conllevado un fortalecimiento de los CODECTI (p. 67).

REGULACIÓN PARA LA INNOVACIÓN, UN ENFOQUE FLEXIBLE Y PROACTIVO QUE MITIGA RIESGOS

En la sección de demanda del conocimiento y tecnología se discutió el rol de la regulación en los procesos de innovación en Colombia. A continuación, se enfoca la atención en la forma como esa regulación para la innovación tiene lugar y de qué manera se pueden tener reglas claras.

Los reguladores y la regulación tienen un rol importante en construir las trayectorias para aproximarse a las tecnologías de frontera como el reconocimiento facial, internet de las cosas, los drones, *quantum computing*, edición genética y servicios digitales de salud (Armstrong *et al.*, 2019) puesto que logran darle forma a cómo los mercados evolucionan. De hecho, como la innovación crea nuevos retos y oportunidades, en el Reino Unido Armstrong *et al.* (2019) proponen un nuevo modelo de práctica regulatoria que busca comprender de mejor manera los impactos que las tecnologías emergentes pueden tener en la economía y en la sociedad, previendo necesidades potenciales regulatorias.

Los principios de esta regulación son: (1) ser inclusiva y colaborativa; (2) mirar hacia el futuro; (3) tener un enfoque proactivo; (4) actuar de manera iterativa; (5) basarse en resultados⁴⁶, y (6) ser experimental y responder a contextos diferentes (Armstrong *et al.*, 2019). Este tipo de regulación en Colombia requiere que los entes de control se adapten a procesos en los cuales los aprendizajes pueden surgir incluso de los errores o fracasos.

En línea con lo anterior, una acción ambiciosa y fundamental para este capítulo en la nueva política de CTI 2022-2031 busca “definir e implementar una agenda regulatoria del sector CTI a corto y mediano plazo” (DNP, 2021a) que “contemplará tendencias y escenarios de futuro sobre tecnologías disruptivas, que permitan adaptar la regulación del sector para anticipar riesgos y aprovechar oportunidades futuras” (DNP, 2021d, p. 64). De hecho, la innovación evoluciona más rápido que el entorno regulatorio, y tomar el ejemplo del Consejo para el Futuro de la Economía en Singapur puede ser instrumental para los propósitos que la regulación debe tener para la CTI en Colombia, y sin duda para varios de los sectores que se abordan en los distintos capítulos de este informe: se necesita un ambiente regulatorio que favorezca la innovación, brindando señales para poder hacer y tener permitido fallar.

En efecto, la calidad de la práctica regulatoria en relación con la innovación será una importante fuente de ventaja competitiva en la economía global (Armstrong *et al.*, 2019), sobre todo en una época de disrupción a nivel tecnológico, social y político que demanda una renovación de distintos ámbitos, incluido el regulato-

rio, a la hora de modificar el comportamiento de los agentes en los distintos mercados donde se implementa, incluido el colombiano.

PROPIEDAD INTELECTUAL: UN COMPLEMENTO A LA NUEVA HOJA DE RUTA PARA LA CTI

Al marco institucional y de política de CTI también se añadió en el último año el documento CONPES 4062, que tiene el propósito de consolidar la generación y gestión de la propiedad intelectual (PI) en el país, de manera tal que su aprovechamiento permita “incentivar la creación, innovación, transferencia de conocimiento y generar aumentos en la productividad” (DNP, 2021c). El plan de acción de este documento tiene 63 acciones divididas en cinco objetivos específicos: 50 de ellas inician este año, 11 en 2023 y 2 en 2024. Participan 29 entidades del orden nacional, y el horizonte de cumplimiento es 2031, igual que el documento CONPES 4069, aunque 52 de las acciones esperarían haberse finalizado en el año 2026.

Se destacan dos acciones relacionadas con el sector empresarial del PAS correspondiente que se ejecutarían entre el segundo semestre de 2022 y finales de 2024: (1) diseñar e implementar una estrategia para divulgar en el sector empresarial los servicios de información tecnológica y boletines de vigilancia tecnológica, y (2) diseñar e implementar un programa orientado a las mipymes para la promoción, protección y explotación de la propiedad industrial para lograr su aprovechamiento efectivo (DNP, 2021b).

Estas dos acciones son relevantes en cuanto al impacto que esperarían tener sobre el tejido productivo (recordando que 96,9% de este lo conforman empresas de uno a tres empleados, y que el 81,7% de estos son informales). La primera de ellas, en línea con la recomendación del CPC sobre poner en marcha un sistema de vigilancia tecnológica para cerrar brechas existentes, y la segunda, al incluir dentro del público receptor de la política de PI a las mipymes, precisamente en el marco de “fomentar el conocimiento, formación, apropiación y cultura alrededor de la PI”.

Si bien no se incluyeron acciones que respondan a la territorialización de la política dado que los CONPES son documentos de política que coordinan a diferentes actores a nivel nacional, en versiones iniciales de este instrumento que se tuvieron en consulta pública, se identificaron retos en la presencia y conexión con el territorio en su diagnóstico que se debería procurar atender. Por último, es necesario brindar claridad sobre la articulación de las aprobadas hojas de ruta de PI con la política de CTI para que los actores y la sociedad misma apropien la interrelación y complementariedad de esas dos políticas en el país.

Recomendaciones



Nueva recomendación



Recomendación relacionada



Recomendación priorizada



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

Solo hasta inicios del segundo semestre de 2022 se lograron conocer los resultados de la evaluación de impacto de la herramienta de BT para los años 2012-2018 que se adelantó en el año 2020. Infortunadamente, hubo retrasos que no permitieron el procesamiento de la información y estimación según lo estipulado por Minciencias (2020). En el proceso de edición de este informe se socializaron los resultados, que mostraron el impacto del instrumento de BT sobre la productividad de las empresas, que se realizó para tres indicadores: productividad media por trabajador, productividad total de los factores e inversión en innovación.

Se identificaron impactos positivos leves del instrumento de BT sobre la productividad media por trabajador en el sector comercio, entre un año y tres años después de recibir el beneficio tributario, y se observa una mejora en la productividad medida por trabajador (fuerte y significativa) tras cuatro años de haber recibido el beneficio. Asimismo, se encuentra que las empresas del sector comercio que recibieron por primera vez el beneficio tributario en 2015 presentan mejores avances en la productividad media por trabajador que las que lo recibieron por primera vez después de este año. Los BT para la innovación tenían asignado a lo largo del año 2022 un cupo de COP 2,1 billones y, con corte a 10 de julio, ascendía a COP 616.798.269.962 asignados.

Por otra parte, la evaluación de la Asignación de CTI, antes Fondo de CTI del SGR, evidenció que diferentes actores relevantes identificaron barreras respecto al acceso y participación en los recursos del FCTI. Estos obstáculos se encuentran relacionados con: (1) la formulación de los proyectos; (2) el acceso a convocatorias; (3) las capacidades administrativas, y (4) la articulación entre actores. Esta situación invita a revisar los instrumentos que permiten acceso a los recursos financieros del SGR para CTI, de forma que se generen incentivos que redunden en la participación de nuevos actores, tal como se sugirió en el INC 2021-2022. Se recomienda realizar evaluaciones de resultados e impacto a otros instrumentos de gran escala para la CTI como el programa Ondas.

Precisamente, una de las acciones del CONPES 4069 se orienta al diseño e implementación de una estrategia para mejorar los esquemas de monitoreo, seguimiento y evaluación de las intervenciones y proyectos de CTI financiados con recursos públicos. Esto requiere de mejoras en los sistemas de información que faciliten las evaluaciones, de manera que estos procesos aporten elementos claves para tomar decisiones sobre escalar, modificar o reducir los distintos instrumentos y proyectos cuya finalidad es la CTI.



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 ha venido trabajando en el fortalecimiento de su institucionalidad. Aunque la Ley 2162 de 2021 no consideró la creación de una agencia que funcione como un brazo implementador de su política, es preciso insistir en esta recomendación teniendo en cuenta que dicha agencia tendría las capacidades de planear y estructurar financieramente, contratar y ejecutar proyectos de CTI (CPC, 2021a).

La figura de ejecutor de política está aún por fuera de la arqui-

tectura institucional del sector. Incluso, la Misión de Sabios (2020) había propuesto como primer principio para que Minciencias se organizara la separación de la formulación de política y la ejecución de esta. Así, este cambio podría impulsar de manera decisiva la construcción de una sociedad del conocimiento en Colombia (CPC, 2021a) y lograr el posicionamiento de la CTI, como se logró para otros sectores como infraestructura y energía en años anteriores.

⁴⁶ En complemento de la regulación basada en riesgos y la regulación basada en reglas.

Iniciativa destacada en ciencia, tecnología e innovación

Comités Universidad Empresa Estado (CUEE)

Una de las causas para la baja innovación identificada al inicio del capítulo tiene que ver con el débil entorno habilitante para la generación del conocimiento. Gran inquietud y preocupación causa la falta de conexión entre los actores, por ejemplo, en cuanto a falta de mecanismos claros “para transferir los desarrollos de las universidades o centros de investigación a la sociedad” [Misión de Sabios, 2020, p. 138], pues pareciera que la sociedad no los percibe como necesarios. A pesar de lo anterior, este tipo de interacciones y mediaciones para que la sociedad tenga transformaciones se viene gestando y desarrollando a través de los comités de universidad, empresa, Estado (CUEE). Aunque esta iniciativa tiene un desempeño que no es uniforme en el territorio colombiano, es clave conocer sus logros, aprender de sus experiencias y tomar ejemplo para lograr una mejor articulación de los actores en otros sistemas regionales de innovación (SRI).

En el reporte del IDIC 2020 (DNP, 2021f) se hizo un mapeo de actores clave de los SRI. Así, en 12 de los 31 departamentos analizados se identificó un CUEE: Bogotá, Antioquia, Atlántico, Caldas, Bolívar, Magdalena, Huila, Nariño, Córdoba, Cesar, La Guajira y Vichada-Meta. El CUEE de Antioquia es el que mayor historia tiene, pues viene funcionando en el país desde el 2003, y nació como estrategia de la ciudad de Medellín para su desarrollo con la cooperación de la universidad, empresa y Estado. En este comité tiene lugar el intercambio de conocimientos sobre las necesidades y desafíos empresariales, innovación, avances en materia de investigación y desarrollo con aplicación en empresas y en la sociedad en general. Asimismo, el espacio propicia un diálogo constante y recurrente entre los actores.

El CUEE Antioquia tiene un propósito superior de aportar al desarrollo económico y social del departamento. Con esa determinación, abandera proyectos de CTI a través de la articulación de la academia, la empresa y el Estado para aportar a la competitividad de Antioquia y orientar las apuestas territoriales. Este comité no tiene personería jurídica, como

sí la tienen otros CUEE en el país, y es una alianza de voluntades de empresarios, universidades y las autoridades departamentales basada en la confianza, donde la cooperación es fundamental y la generación de sinergias entre los actores es esencial. En dicha labor, ha recibido el apoyo de Mineducación y del Minciencias. Hoy operan cuatro mesas: mesa de financiación, mesa de talento humano, mesa de plataformas y mesa de emprendimiento innovador. A su vez, existe un CUEE en cada una de las subregiones de Antioquia, pues en ellas hay vocaciones diferentes. Estos comités cuentan con una junta, una secretaría técnica y mesas de trabajo que conducen a acciones y proyectos en cada uno de los territorios.

El CUEE Antioquia ha servido como ejemplo o modelo de articulación, y ha contribuido a la formación y el fortalecimiento de los comités de los departamentos de Atlántico, Nariño y Chocó. También ha promovido la participación de los actores del departamento en algunas convocatorias de BT y de la Asignación de CTI del SGR, así como en otras convocatorias de Minciencias. Además, a través del CUEE se coordinan diferentes actores del ecosistema en proyectos como el programa Alianza SÉNECA (Alianza Sostenibilidad Energética para Colombia), que es parte de los ocho ecosistemas de Colombia Científica. La gobernanza y los diferentes comités les han permitido tomar decisiones concertadas en función y bien de la alianza.

La coordinación de los CUEE con otras instancias como los CODECTI o las CRCI es relevante para tener una política de CTI que esté articulada y que no se encuentre duplicando esfuerzos o desgastando a las entidades o empresarios que participan en estas instancias. De igual forma, la participación de la sociedad civil en línea con la nueva hoja de ruta para la CTI sería también un elemento enriquecedor para la gestión y las acciones que los CUEE llevan a cabo.

SÍNTESIS DE RECOMENDACIONES EN MATERIA DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN

Principales recomendaciones del CPC que ya han sido acogidas

Recomendación	Año en el cual fue acogida	Impacto esperado/observado	Observaciones
Establecer un modelo de oficinas de transferencia de tecnología y resultados de investigación (OTRI).	2013	Colciencias inició un proceso de fortalecimiento de OTRI regionales, y hasta 2018 les dio financiación base.	Es necesario seguir fortaleciendo estas entidades con financiamiento basal.
Ventanilla única de acceso a instrumentos públicos de promoción de ciencia, tecnología e innovación.	2014	Se creó el portal www.innovamos.gov.co como punto único de divulgación de convocatorias de CTI.	
Hacer más eficiente el incentivo tributario para ciencia, tecnología e innovación.	2015	En 2016 se utilizó por primera vez el 100 % del cupo otorgado para los beneficios tributarios (COP 500.980 millones). Desde entonces una tercera parte se ha otorgado a empresas altamente innovadoras [EAI] ⁴⁷ , y ha aumentado el número de empresas que acceden, así como los sectores y regiones que se benefician. Actualmente, el cupo es de COP 1 billón.	Finalizar la evaluación de impacto en curso y, si es necesario, realizar los ajustes pertinentes.
Reglamentar de manera urgente el acto legislativo que reforma el Sistema General de Regalías para mejorar la asignación y ejecución del FCTI.	2018	La asignación de recursos de regalías para CTI a través de convocatorias abiertas y competitivas 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.	
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.	La evaluación del programa Fábricas de Productividad, arrojó "resultados sobresalientes, con altos estándares de diseño y una percepción de efectividad alta" (Puyana et al. 2021).

⁴⁷ 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.

Recomendación	Año en el cual fue acogida	Impacto esperado/observado	Observaciones
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.	La evaluación más reciente de BT analizó el impacto del instrumento sobre la productividad media por trabajador, productividad total de los factores e inversión en innovación. La simplificación del uso de BT, puede incrementar la postulación de las empresas para acceder a ellos.
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. En 2021 se establecieron las bases para el marco de inversión en CTI en el año 2022.	Su implementación efectiva a nivel sectorial dependerá de que sea posible incrementar los niveles de inversión pública en ACTI.
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.	2021	La ejecución de las 59 actividades que hacen parte del PAS del documento CONPES 4069 de 2021 deberían redundar en el fortalecimiento de los instrumentos de política y en el aumento de inversión pública y privada para ACTI.	Si bien el horizonte temporal de esta hoja de ruta es a diez años, se comprometen recursos solo por tres años de acuerdo con el Marco de Gasto de Mediano Plazo. Se espera garantizar la financiación para algunos proyectos de inversión comprometiendo vigencias futuras a través de la aprobación de un documento CONPES de importancia estratégica.
Promover la política de datos abiertos a través de la adopción de prácticas de ciencia abierta.	2022	Se publicó para consulta pública en mayo de 2022 el documento de la Política Nacional de Ciencia Abierta para Colombia (Minciencias, 2022c).	El documento aún no se concluye. Describe el estado actual de la ciencia abierta en Colombia, se proponen objetivos y acciones de desarrollo que apuntan hacia una ciencia abierta en el país.
Reglamentar la Ley 1838 de 2017 (Ley Spin-Off).	2022	Se espera que a través del Decreto 1666 de 2022 haya mayor claridad regulatoria sobre cómo operan las empresas de base tecnológica y que se logre estimular su creación fomentando la CTI en las instituciones de educación superior (IES).	Uno de los mayores retos es la implementación de la normativa recientemente expedida.

Recomendaciones en las cuales el CPC insiste

Recomendación	Impacto/costo de oportunidad	Actores involucrados	Observaciones
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	El impacto de la cofinanciación se debería reflejar en la productividad del sector empresarial.
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	Es necesario fortalecer la conexión de la cuádruple hélice en la que interactúan academia, Estado, sector productivo y sociedad.
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	Se requiere acercar la lógica empresarial a la científica. Los tiempos de producción del conocimiento pueden no acoplarse a generar ganancias inmediatas.
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	El Decreto 442 de 2022 promueve la CPI, la implementación de lo aprobado determinará el éxito del instrumento.
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 SNCTI	La metodología ArCo a nivel regional contribuiría a revisar instrumentos, así como roles de entidades para no duplicar esfuerzos y optimizar recursos en el territorio.
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	Una herramienta efectiva de articulación de las instituciones educativas con otros actores del SNCTI sería acercando la realidad de las aulas a dichos actores.
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	Las acciones que se implementen para remover estas barreras requieren de indicadores que permitan evaluar el éxito de la intervención y su efectivo cumplimiento.
Reformar los estímulos a la productividad académica para aumentar su calidad e impacto en innovación.	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	Las universidades deben facilitar el flujo, la adopción y la adaptación de conocimiento y tecnología local o que se trae al país.

Recomendación	Impacto/costo de oportunidad	Actores involucrados	Observaciones
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	Se debe asegurar el funcionamiento de los IPI a través de financiación adecuada y de un gobierno corporativo robusto.
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 acercar efectivamente las demandas de estos dos actores.	Minciencias	Es pertinente hacer una evaluación de los logros alcanzados por las ocho OTRI reconocidas por Minciencias para validar si están cumpliendo con su actividad "nuclear".
Impulsar la implementación de la Ley 1838 de 2017 (Ley Spin-Off).	Facilitar la creación de spin-offs universitarias, y así generar transferencia de conocimiento.	Minciencias y DNP	La implementación del Decreto 1556 de 2022 debe estar acompañada de una estrategia de evaluación que permita hacer seguimiento exhaustivo a los resultados que se deriven.
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	Se necesita apropiar e impulsar la transversalidad de la CTI. Acoger las recomendaciones de la Misión de Sabios no es solo responsabilidad de Minciencias.
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	Los resultados de las evaluaciones deben ser oportunas y estar disponibles para el público para libre consulta. Se debe hacer pedagogía sobre los resultados de estas.
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	Este sistema permitiría diseñar políticas que puedan ayudar a acelerar la adopción y convergencia a la frontera tecnológica a nivel sectorial y regional.
Fortalecer y escalar el esquema nacional de vouchers de innovación.	Mobilizar recursos para fondar y financiar inversiones de innovación y tecnología.	Mincomercio e iNNpulsa	Evaluar los programas existentes y los que se implementen en el futuro permitirá determinar qué tipo de impacto están generando, así como la eficiencia y efectividad de la cofinanciación.
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	En 2021, el 38,5% de las pymes recibieron beneficios tributarios y correspondió al 11,4% del total invertido.
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 a las comunidades a través de la ASC en el marco de la CTI en el territorio.	Minciencias y sector privado	Es necesario sensibilizar a empresarios, inversionistas innovadores o emprendedores en esta dimensión de la CTI. Se deben considerar condiciones diferenciales de las regiones y su posible incidencia en la ASC.

Recomendación	Impacto/costo de oportunidad	Actores involucrados	Observaciones
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	La colaboración con actores internacionales y empresas privadas puede conducir a que las soluciones propuestas sean más fácilmente comercializables.
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, Minhacienda, Función pública, DNP y Presidencia	Este ajuste podría impulsar de manera decisiva la construcción de una sociedad del conocimiento en Colombia.

Nuevas recomendaciones

Recomendación	Impacto / costo de oportunidad	Actores involucrados	Observaciones
Realizar ajustes necesarios a la normativa de los procesos y condiciones habilitantes para la producción del conocimiento y las ACTI para fomentar la investigación, innovación y comercialización de la I+D+i.	Existen disposiciones regulatorias que no brindan seguridad jurídica para que más empresas inviertan en investigación y desarrollo. Revisarlas y ajustarlas permitirá hacer la investigación menos costosa y sumarles competitividad a las empresas colombianas.	Minciencias, Mincomercio, DNP, DIAN e Invima	Algunas de las áreas relacionadas a tener en cuenta son: la importación de equipos e insumos para la investigación, el licenciamiento y la certificación, la transferencia de tecnología.
Fortalecer las capacidades gerenciales para potenciar la innovación en las empresas colombianas.	La cultura organizacional de las empresas colombianas requiere una transformación para que la innovación sea parte de su ADN.	Mincomercio y Minciencias	Se necesita revisar capacidades y subcapacidades asociadas con estrategia, cultura, procesos e instrumentos.
Contar con una infraestructura digital neutra y equitativa para potenciar el desarrollo económico hacia la economía del conocimiento que propenda a democratizar el acceso a la información y a las oportunidades que brinda.	La necesidad de contar con infraestructura y habilidades digitales tanto en áreas rurales como urbanas es un habilitante para poder alcanzar una sociedad del conocimiento en Colombia. La digitalización para la innovación es además fuente de mejoras en equidad y competitividad del país respecto al mundo.	Mintic y Minciencias	Llevar a feliz término esta recomendación, contribuiría a lograr una economía nacional movida por los datos (<i>data-driven</i>).

REFERENCIAS

- Aghion, P., Cherif, R. y Hasanov, F. (2021, 19 de marzo). *Competition, Innovation, and Inclusive Growth*. <https://www.imf.org/en/Publications/WP/Issues/2021/03/19/Competition-Innovation-and-Inclusive-Growth-50269>
- ANDI. (2020). *Recomendaciones de las empresas ANDI para el nuevo ministerio de ciencia, tecnología e innovación*. http://www.andi.com.co/Uploads/ANDI_Recomendaciones%20MinCTeI.pdf
- Armstrong, H., Gorst, C. y Rae, J. (2019, marzo). *Renewing regulation: 'Anticipatory regulation' in an age of disruption*. Nesta. https://media.nesta.org.uk/documents/Renewing_regulation_v3.pdf
- Athreye, S. y Wunsch-Vincent, S. (2021). *Harnessing Public Research for Innovation in the 21st Century: An International*. En: A. Arundel, S. Athreye y S. Wunsch-Vincent (Eds.), *Harnessing Public Research for Innovation in the 21st Century: An International Assessment of Knowledge Transfer Policies* (pp. 3-24). Cambridge University Press.
- Banco Mundial. (2021). *World Development Indicators*.
- Bello, A., Blowers, T., Schneegans, S. y Straza, T. (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>
- Benavente, J. M. y Zúñiga, P. (2022, mayo). *How Does Market Competition Affect Firm Innovation Incentives in Emerging Countries? Evidence from Chile and Colombia* (IDB Working Paper Series N.º 1342). <https://publications.iadb.org/publications/english/document/How-Does-Market-Competition-Affect-Firm-Innovation-Incentives-in-Emerging-Countries-Evidence-from-Chile-and-Colombia-.pdf>
- Casanova, L., Cahen, F., Miroux, A., Finchelstein, D., Davila, A., García, J., Andonova, V. y Miranda de Oliveira, M. (2019). *Innovation in Emerging Markets: The Case of Latin America*. *AIB Insights*, 19(2), 8-12. https://documents.aib.msu.edu/publications/insights/v19n2/v19n2_Article2.pdf
- Cirera, X. y Maloney, W. F. (2017). *The Innovation Paradox: Developing-Country Capabilities and the Unrealized Promise of Technological Catch-Up*. Banco Mundial.
- Cirera, X., Comin, D. y Cruz, M. (2022). *Bridging the Technological Divide*. World Bank Group. <https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/37527/9781464818264ov.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- 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.
- Colciencias. (2017, 6 de diciembre). *Resolución 1490 de 2017 "Por la cual se publican los resultados finales de la convocatoria 781 de 2017"*. https://minciencias.gov.co/sites/default/files/resolucion_1490-2017.pdf
- Colciencias. (2018, 17 de diciembre). *Lineamientos para una política de ciencia abierta en Colombia* (Documento de Política Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación N.º 1801). https://minciencias.gov.co/sites/default/files/ckeditor_files/Lineamientos%20ciencia%20abierta%2017-dic-2018-doc.pdf
- Colciencias. (2019, 6 de diciembre). *Resolución 2278 de 2019 "Por la cual se publican los resultados finales de la convocatoria 833 de 2018 'Convocatoria Nacional para el Reconocimiento y Medición de Grupos de Investigación, Desarrollo Tecnológico o de Innovación y para el Reconocimiento de Investigadores del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación – SNCTEI, 2018'"*. https://minciencias.gov.co/sites/default/files/resolucion_2278-2019.pdf
- Cornell, Instituto Europeo de Administración de Negocios (INSEAD) y World Intellectual Property Organization (WIPO). (2020). *Global Innovation Index 2020*.
- CPC. (2020). *Informe Nacional de Competitividad 2020-2021*.
- CPC. (2021a). *Ciencia, tecnología e innovación*. En *Informe Nacional de Competitividad 2021-2022* (pp. 398-429). CPC. https://compite.com.co/wp-content/uploads/2021/11/14_CPC_INC_2021_CTI-V5-1.pdf
- CPC. (2021b). *Informe Nacional de Competitividad 2021-2022*.
- CPC y Swisscontact. (2020). *Obstáculos a la innovación en empresas de Colombia y oferta pública de instrumentos*. 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
- CPC, Swisscontact e Inventta Colombia. (2021). *Guía para el diseño de instrumentos de innovación*. <https://compite.com.co/wp-content/uploads/2021/08/Gu%C3%ADa-para-el-dise%C3%B1o-de-instrumentos-de-innovaci%C3%B3n.pdf>
- Crespi, G., Tacsir, E. y Vargas, F. (2016, 2 de julio). *Innovation Dynamics and Productivity: Evidence for Latin America*. En: Inter-American Development Bank, M. Grazzi y C. Pietrobelli (Eds.), *Firm Innovation and Productivity in Latin America and the Caribbean* (pp. 37-71). Palgrave Macmillan. https://doi.org/10.1057/978-1-349-58151-1_2
- DANE. (2019, 27 de noviembre). *Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica. Industria Manufacturera - EDIT IX*. https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/edit/boletin_EDIT_manufacturera_2017_2018.pdf
- DANE. (2020, 27 de noviembre). *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>
- DANE. (2021, 30 de noviembre). *Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica. Industria manufacturera (EDIT X) 2019-2020*. https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/edit/boletin_EDIT_manufacturera_2019_2020.pdf
- DAPRE. (2021, 7 de septiembre). *Directiva presidencial N.º 06 del 7 de septiembre de 2021. Bases del marco de inversión en ciencia, tecnología e innovación*. <https://dapre.presidencia.gov.co/normativa/normativa/DIRECTIVA%20PRESIDENCIAL%2006%20DEL%207%20DE%20SEPTIEMBRE%20DE%202021.pdf>
- Daza-Caicedo, S., Márquez, S., Rocha, F. y Orduz, D. (2020a). *Evaluación del Programa A Ciencia Cierta. Informe Final de Evaluación de Resultados*.
- Daza-Caicedo, S., Márquez, S., Rocha, F. y Orduz, D. (2020b). *Evaluación del Programa Ideas para el Cambio. Informe Final de Evaluación*.
- DNP. (2019). *Bases del Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022: Pacto por Colombia, pacto por la equidad*. <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Prensa/BasesPND2018-2022n.pdf>
- DNP. (2020, noviembre). *Situación de las capacidades gerenciales en Colombia*. <https://www.dnp.gov.co/DNPN/mision-internacionalizacion/Documents/Mision-Internacionalizacion-Situacion-Capacidades-Gerenciales-Colombia.pdf>
- DNP. (2021a). *Anexo A. PAS 4069*. <https://www.dnp.gov.co/CONPES/documentos-conpes>
- DNP. (2021b). *Anexo PAS CONPES 4062*. https://sisconpes.dnp.gov.co/sisconpesweb/#documentos_conpes
- DNP. (2021c). *Documento CONPES 4062 Política Nacional de Propiedad Intelectual*. <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/4062.pdf>
- DNP. (2021d). *Documento CONPES 4069 Política Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2022-2031*. <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Económicos/4069.pdf>
- DNP. (2021e). *Evaluaciones en curso*. <https://sinergia.dnp.gov.co/Paginas/Internas/Evaluaciones/Evaluaciones-en-Curso.aspx>
- DNP. (2021f). *Índice Departamental para Colombia 2020. Módulo de consulta IDIC 2020*.
- DNP y OCyT. (2021). *Índice Departamental de Innovación para Colombia (IDIC) 2020*. https://www.innovamos.gov.co/sites/default/content/files/000019/915_indice-departamental-de-innovacion-para-colombia-2020.pdf
- DNP y OCyT. (2022, 7 de abril). *Índice Departamental de Innovación para Colombia 2021*. https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Desarrollo%20Empresarial/IDIC/2021/IDIC_2021_Documento.pdf?utm_source=Web&utm_medium=LinkDNP y Swisscontact. (2021). *Metodología de Articulación para la Competitividad - ArCo. Manual de herramientas*.
- Econometría Consultores y Technopolis Group. (2021, 12 de octubre). *Diseñar la metodología para la evaluación del Fondo de Ciencia, Tecnología e Innovación (FCTEI) del Sistema General de Regalías (SGR), y realizar una caracterización a escala nacional y subnacional. Producto 4: Informe de resultados de la evaluación y segunda entrega de la documentación de las bases de datos de la evaluación*. https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Sinergia/Documents/Eval_Fondo_Ciencia_Tecnologia_Innovacion_FCTEI_SGR_Informe_Resultados.pdf
- Elnasri, A. y Fox, K. J. (2017). *The contribution of research and innovation to productivity*. Springer Science+Business Media.
- Fondo Monetario Internacional (FMI). (2021, octubre). *World Economic Outlook: Recovery During a Pandemic: Health Concerns, Supply Disruptions, And Price Pressures*. <https://www.imf.org/en/Publications/WEO/Issues/2021/10/12/world-economic-outlook-october-2021>
- García Zaballos, A. y López-Rivas, R. (2012, noviembre). *Socioeconomic Impact of Broadband in Latin American and Caribbean Countries* (Inter-American Development Bank Technical Note N.º 471). <https://publications.iadb.org/publications/english/document/Socioeconomic-Impact-of-Broadband-in-Latin-American-and-Caribbean-Countries.pdf>
- Giaccone, S. C. y Magnusson, M. (2021, 5 de mayo). *Unveiling the role of risk-taking in innovation: antecedents and effects*. *R & D Management*, 52(1), 93-107. <https://doi.org/10.1111/radm.12477>
- Gobierno de Colombia. (2021a). *Decreto 1666. Por el cual se modifica el Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SNCTI)*. <https://dapre.presidencia.gov.co/normativa/normativa/DECRETO%201666%20DEL%206%20DE%20DICIEMBRE%20DE%202021.pdf>
- Gobierno de Colombia. (2021b). *Ley 2162. Por medio de la cual se crea el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación y se dictan otras disposiciones*. <https://dapre.presidencia.gov.co/normativa/normativa/LEY%202162%20DEL%206%20DE%20DICIEMBRE%20DE%202021.pdf>
- Gobierno de Colombia. (2022a). *Decreto 442 de 2022. "Por el cual se modifica el Decreto 1082 de 2015, Único Reglamentario del Sector Administrativo de Planeación Nacional, con el fin de reglamentar el artículo 36 de la Ley 2069 de 2020 en lo relativo a la promoción de las compras públicas de tecnología e innovación"*. <https://dapre.presidencia.gov.co/normativa/normativa/DECRETO%20442%20DEL%2028%20DE%20MARZO%20DE%202022.pdf>
- Gobierno de Colombia. (2022b). *Decreto 961 de 2022. Por el cual se designan los miembros del Consejo Científico Nacional*. <https://dapre.presidencia.gov.co/normativa/normativa/DECRETO%20961%20DEL%206%20DE%20JUNIO%20DE%202022.pdf>
- Griffith, R. y Reenen, J. V. (2021, noviembre). *Product market competition, creative destruction and innovation* (Discussion Paper N.º 1818). Centre for Economic Performance. <http://eprints.lse.ac.uk/113816/1/dp1818.pdf>
- Haddad, C. R., Nakic, V., Bergek, A. y Hellsmark, H. (2022). *Transformative innovation policy: A systematic review*. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 43, 14-40.
- Hall, B. y Lerner, J. (2009). *The Financing of R&D and Innovation* (NBER Working Paper N.º 15325).
- Hidalgo, C. A. y Hausmann, R. (2009, 30 de junio). *The building blocks of economic complexity*. *PNAS*, 106(26), 10570-10575. <https://doi.org/10.1073/pnas.0900943106>
- iNn pulsa y ANDI. (2018, mayo). *Cierre de brechas de innovación & tecnología*. <http://www.andi.com.co/Uploads/Estudio%20Cierre%20de%20Brechas%20Innovacion%20y%20Tecnologia-iloivepdf-compressed.pdf>
- Jaramillo, A., Gómez, A. M., Betancur, A., Patiño, C., Peñaranda, D., Ramírez, E., Beltrán, H. A., García, J. P., Mora, J., Sanabria, L., López, L. A., Bayter, M. P. y Pachón, O. M. (2021). *Revisión de la productividad en las empresas en Colombia*. DNP <https://www.dnp.gov.co/DNPN/mision-internacionalizacion/Paginas/notas-de-politica.aspx>

- 53** Lugo, F. (2022, 9 de marzo). *La Política Pública de Apropiación Social del Conocimiento en el marco de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación, tras un año de su adopción*. <https://apropiacionsentido.minciencias.gov.co/24004/la-politica-publica-de-apropiacion-social-del-conocimiento-tras-un-ano-de-su-adopcion/>
- 54** Marshall, G. y Parra, Á. (2019). Innovation and competition: The role of the product market. *International Journal of Industrial Organization*, 65, 221-247. <https://doi.org/10.1016/j.ijindorg.2019.04.001>
- 55** Mazzucato, M. (2018, octubre). Mission-oriented innovation policies: challenges and opportunities. *Industrial and Corporate Change*, 27(5), 803-815. <https://doi.org/10.1093/icc/dty034>
- 56** Minciencias. (s.f.). *Guía Técnica para Reconocimiento de Actores del SNCTI: Oficina de Transferencias de Resultados e Investigación OTRI*. <https://minciencias.gov.co/sites/default/files/M601PRO5G05%2520Guia%2520Tecnica%2520Reconocimiento%2520oficinas%2520Transferencia%2520Resultados%2520Investigacion%2520-%2520OTRI%2520V00.pdf>
- 57** Minciencias. (2014). *Convocatoria "Ideas para el Cambio" para seleccionar soluciones científico-tecnológicas a necesidades de comunidades en condiciones de pobreza con énfasis en procesos de apropiación e innovación social*. https://ideasparaelcambio.minciencias.gov.co/sites/default/files/TdR_ideas_2013.pdf
- 58** Minciencias. (2016, febrero). *Sistematización de Experiencias Ideas para el Cambio-Pacífico Pura Energía*. <https://ideasparaelcambio.minciencias.gov.co/proyecto/pac%3ADfco-pura-energ%C3%ADA>
- 59** Minciencias. (2020). *Informe de gestión y resultados. Rendición de cuentas 2019*. https://minciencias.gov.co/sites/default/files/upload/planeacion/informe_de_gestion_y_resultados_-_rendicion_de_cuentas_vig_2019_v02.pdf
- 60** Minciencias. (2021a). *Beneficios tributarios. Comité Técnico de CTI, 9 de junio de 2021*.
- 61** Minciencias. (2021b). *Datos abiertos*. <https://minciencias.gov.co/ciudadano/datosabiertos>
- 62** Minciencias. (2021c). *Decreto 1666 de 2021, "Por el cual se modifica el Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SNCTI)"*. <https://dapre.presidencia.gov.co/normativa/normativa/DECRETO%201666%20DEL%206%20DE%20DICIEMBRE%20DE%202021.pdf>
- 63** Minciencias. (2021d). *Informe de Gestión. Vigencia 2020. Rendición de cuentas 2020*.
- 64** Minciencias. (2021e). *Informe de Rendición de Cuentas del Fondo de CTel del Sistema General de Regalías 2020*. https://minciencias.gov.co/sites/default/files/upload/paginas/rendicion_de_cuentas_fondo_ctei_2020.pdf
- 65** Minciencias. (2021f). *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
- 66** Minciencias. (2021g). *Proyecto de Ley 218 de 2021, "Por medio de la 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>
- 67** Minciencias. (2021h). *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"*. https://minciencias.gov.co/sites/default/files/upload/reglamentacion/resolucion_0643-2021.pdf
- 68** Minciencias. (2022a). *¡Atención! Minciencias abre diplomado gratuito de Apropiación Social del Conocimiento*. https://minciencias.gov.co/sala_de_prensa/atencion-minciencias-abre-diplomado-gratuito-apropiacion-social-del-conocimiento
- 69** Minciencias. (2022b). *Informe de gestión 2021*. https://minciencias.gov.co/sites/default/files/upload/planeacion/2022-04-06_informe_gestion_minciencias_vigencia_2021_rev_oapii.pdf
- 70** Minciencias. (2022c). *Política Nacional de Ciencia Abierta* (Documento de Política Nacional de Ciencia Abierta en el marco de la Ciencia, Tecnología e Innovación N.º 2201). https://minciencias.gov.co/sites/default/files/ckeditor_files/Documento%20consulta%20p%3BABlica%20-%20Pol%C3ADtica%20Nacional%20de%20Ciencia%20Abierta%20%282%29.pdf
- 71** Minciencias. (2022d). *Reconocimiento de actores*. https://minciencias.gov.co/portafolio/reconocimiento_de_actores
- 72** Minciencias. (2022e). *Resolución 0238 de 2022, "Por la cual se delega en La Secretaría General del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación la Secretaría Técnica del Consejo Nacional de Política de Ciencia, Tecnología e Innovación (CONACTI) conforme lo dispuesto en el Decreto 1666 de 2021"*. https://minciencias.gov.co/sites/default/files/upload/reglamentacion/resolucion_0238-2022.pdf
- 73** Minciencias. (2022f). *Resolución 0504, "Por la cual se publica el listado de resultados definitivos de la Convocatoria 894 de 2021 – Convocatoria Nacional para el Reconocimiento y Medición de Grupos de Investigación, Desarrollo Tecnológico o de Innovación y para el Reconocimiento de Investigadores del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación – SNCTI 2021"*. https://minciencias.gov.co/sites/default/files/resolucion_0504-2022.pdf
- 74** Mineducación. (2022, 13 de junio). *Bases consolidadas*. <https://snies.mineducacion.gov.co/portal/ESTADISTICAS/Bases-consolidadas/>
- 75** Misión de Empleo. (2022, enero). *Misión de Empleo 2020-2021. Reporte ejecutivo de la Misión de Empleo de Colombia*. https://www.misionempleo.gov.co/Documentos%20compartidos/Informe_Final_Doc_Diagnostico/Reporte_ejecutivo_Mision_de_Empleo.pdf?utm_source=Mision&utm_medium=web
- 76** Misión de Internacionalización. (2021). *Estrategia de reactivación económica, crecimiento e inclusión*. <https://www.dnp.gov.co/DNPN/mision-internacionalizacion/Documents/Mision-Internacionalizacion-Informe.pdf>
- 77** Misión de Sabios. (2020). *Colombia hacia una sociedad del conocimiento. Reflexiones y propuestas* (Vol. I). https://minciencias.gov.co/sites/default/files/upload/paginas/ebook-colombia_hacia_una_sociedad_del_conocimiento.pdf
- 78** Muñoz Rojas, C. (2021, 15 de diciembre). *Políticas públicas para la igualdad de género en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (CTIM): desafíos para la autonomía económica de las mujeres y la recuperación transformadora en América Latina*. Cepal. <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/47565>
- 79** Núñez, J., Castañeda, C., Castillo, J. F., Forero, D., Martínez, N. y Tellez, P. (2022, febrero). *Evaluación de impacto de la política de formación de capital humano de alto nivel: programa de créditos condonables de doctorado 1992-2018*. Fedesarrollo. https://www.repository.fedesarrollo.org.co/bitstream/handle/11445/4258/Repór_Febrero_2022_N%3Ba%3B1ez_et_al_Producto%20Informe%20Final%20de_Recomendaciones.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- 80** OCDE. (2011). Public research institutions in national innovation systems. En OCDE, *Public Research Institutions: Mapping Sector Trends*. OECD Publishing.
- 81** OCDE. (2013). *Estudios de la OCDE de las políticas de innovación: Colombia. Evaluación general y recomendaciones*. OCDE. <http://repositorio.minciencias.gov.co/bitstream/handle/11146/535/1137-Estudios%20de%20la%20OCDE%20de%20las%20pol%C3ADticas%20de%20innovaci%C3%B3n%20Colombia%201.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- 82** OCDE. (2014). OECD Reviews of Innovation Policy: Colombia 2014. *OECD Reviews of Innovation Policy*. OECD Publishing.
- 83** OCDE. (2015a). *The Future of Productivity*. OECD Publishing. <https://www.oecd.org/economy/growth/OECD-2015-The-future-of-productivity-book.pdf>
- 84** OCDE. (2015b). *The Innovation Imperative: Contributing to Productivity, Growth and Well-Being*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/9789264239814-en>
- 85** OCDE. (2016). *Strategic public/private partnerships in science, technology and innovation*.
- 86** OCDE. (2018). *Science, Technology and Innovation Outlook 2018: Adapting to Technological and Societal Disruption*. OECD Publishing.
- 87** 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/>
- 88** OCDE. (2021b). *OECD Science, Technology and Innovation Outlook 2021*. OECD. <https://www.oecd.org/sti/oecd-science-technology-and-innovation-outlook-25186167.htm>
- 89** OCDE. (2021c). *OECD Statistics. MSTI Main Science and Technology Indicators*. <https://stats.oecd.org/>
- 90** OCDE. (2021d). *The design and implementation of mission-oriented innovation policies: A new systemic policy approach to address societal challenges*. <https://doi.org/10.1787/3f6c76a4-en>
- 91** OCDE. (2022, junio). *OECD Statistics. MSTI Main Science and Technology Indicators*.
- 92** OCyT. (2020). *Indicadores de Ciencia y Tecnología. Colombia 2019*.
- 93** OCyT. (2021). *Indicadores de ciencia y tecnología e innovación. Colombia 2020*. <https://ocyt.org.co/indicadoresctei2020.ocyt.org.co/Informe%20Indicadores%20CTel%202020%20v1.pdf>
- 94** OCyT. (2022). *Conjuntos de datos*. <http://datosabiertos.ocyt.org.co:8080/es/dataset/>
- 95** OMPI. (2022, 29 de septiembre). *Global Innovation Index 2021*. <https://www.globalinnovationindex.org/analysis-indicator>
- 96** Ordóñez-Matamoros, 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 Colombia. *Eu-SPRI Annual Conference: Science and innovation – an uneasy relationship? Rethinking the roles and relations of STI policies*. Eu-SPRI.
- 97** Ospina, M. J., García, C., Moñux, D. y Juganaru, A. (2021, enero). *Compra pública de innovación en Brasil: El sector de agua y saneamiento*. BID. <http://dx.doi.org/10.18235/0003006>
- 98** Pabón, R. (2018). Apropiación social del conocimiento: una aproximación teórica y perspectivas para Colombia. *Educación y Humanismo*, 20(34).
- 99** 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>
- 100** Pinzón-Camargo, M. A. (2022, marzo). *Navigating Inclusive Innovation: The Role of Institutional Entrepreneurs in Inclusive Innovation Initiatives* [Tesis de doctorado, University of Twente]. <https://doi.org/10.3990/1.9789036553360>
- 101** Psaki, S., Haberland, N., Mensch, B., Woyczynski, L. y Chuang, E. (2022, 19 de enero). Policies and interventions to remove gender-related barriers to girls' school participation and learning in low- and middle-income countries: A systematic review of the evidence. *Campbell Systematic Reviews*, 18(1), e1207. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/cl2.1207>
- 102** RICYT. (2022). *Comparativos*. <http://www.ricyt.org/category/indicadores/>
- 103** Red IndicES. (2021). *Indicadores*. <http://www.redindices.org/indicadores>
- 104** Santiso, C. y Ortiz, I. (2020). *Govtech y el futuro del gobierno 2020*. Banco de Desarrollo de América Latina (CAF) y PublicTechLab. <https://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1645/Govtech%20y%20el%20futuro%20gobierno.pdf>
- 105** Schot, J. y Steinmueller, W. E. (2018). *Tres marcos de política de innovación: I+D, sistemas de innovación y cambio transformativo*. Science Policy Research Unit. <https://www.tipconsortium.net/publication/tres-marcos-de-politica-de-innovacion-id-sistemas-de-innovacion-y-cambio-transformativo/>
- 106** Schot, J., Ramirez, M., Arroyave, F., Bernal, P., Marín, M. L., Romero, O. y Avial, C. (2020, marzo). *Transformando nuestro mundo: Implementación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible*. https://www.tipconsortium.net/wp-content/uploads/2020/03/Informe-Extendido-para-la-Misi%C3%B3n-de-Sabios_TIPC_March-2020.pdf
- 107** Scimago. (2021). *Scimago Journal & Country Rank*.
- 108** UNCTAD. (2021). *Technology and Innovation Report 2021*. United Nations Publications. <https://unctad.org/webflyer/technology-and-innovation-report-2021>
- 109** UNESCO. (2022). *Unesco International Statistics-UIS*. <http://data.uis.unesco.org/>
- 110** Univalle. (2022, 22 de julio). Univalle entrega a Minciencias propuestas para un nuevo Marco Regulatorio en CTel. *Boletín Informativo 520*. <https://administracion.univalle.edu.co/noticias/item/596-univalle-entrega-a-minciencias-propuestas-para-un-nuevo-marco-regulatorio-en-ctei>
- 111** WMS. (2014). *Informe Manufacturero 2014*. <https://worldmanagementsurvey.org/wp-content/images/2015/06/Manufacturing-Report-2014-LATIN-AMERICA-SPANISH.pdf>
- 112** World Bank. (2020). *Assessing the Effectiveness of Public Research Institutions: Fostering Knowledge Linkages and Transferring Technology in Malaysia*. World Bank Group.