



CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN

Investigar para crecer

INVESTIGAR PARA CRECER

1

MIRAR AL FUTURO

2

LA ESCALERA DE CAPACIDADES
Y EL CICLO DE GARTNER

3

INNOVACIÓN PARA LA PRODUCTIVIDAD:
FACTOR COMPETENCIA

4

UNA MIRADA A LA CULTURA PARA LA INNOVACIÓN:
CAPACIDADES GERENCIALES Y AMBIENTE DE CONTROL

5

SÍNTESIS DE RECOMENDACIONES EN MATERIA
DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN

6

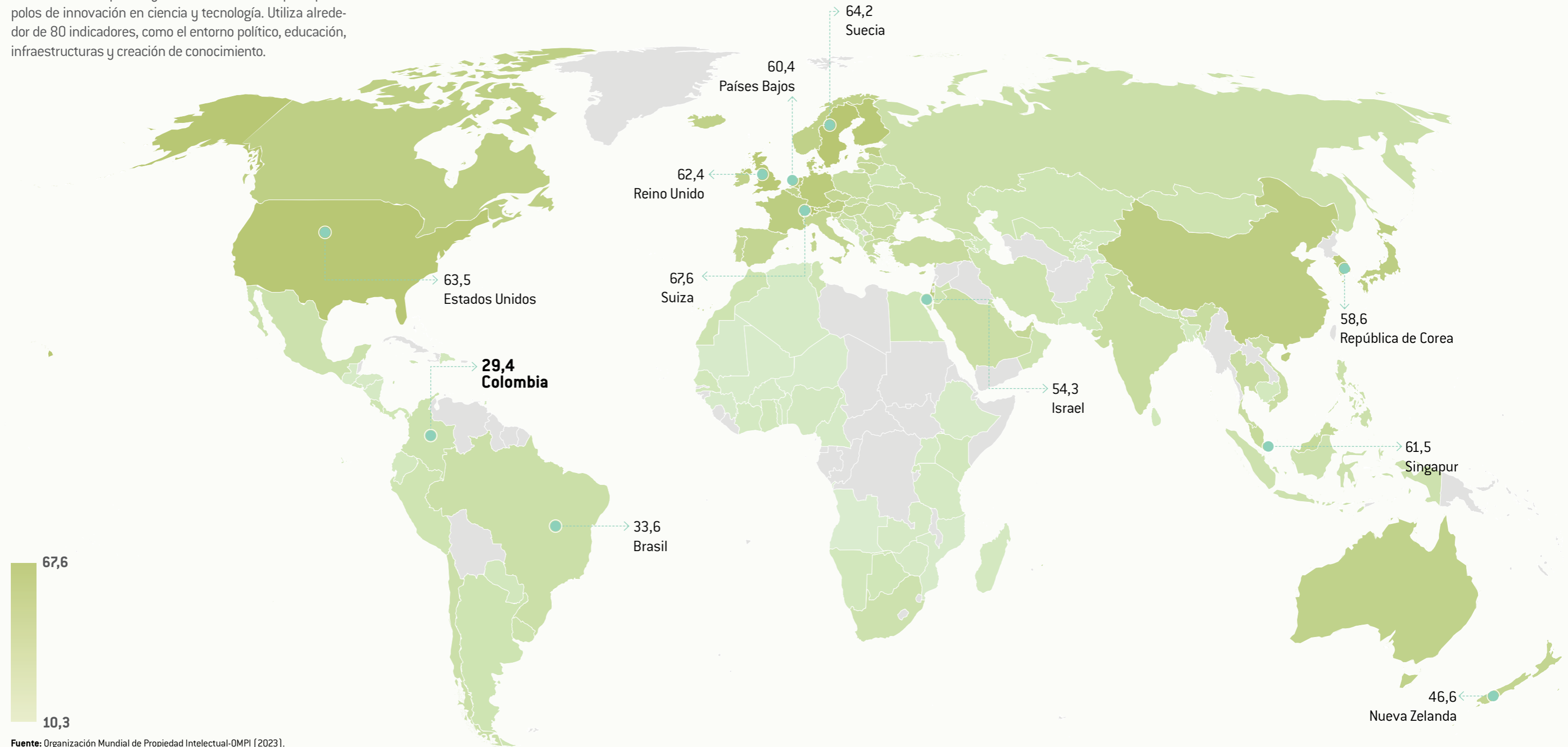
REFERENCIAS

7

La mano de un empresario que lleva la noche crece tierra y la conexión de redes globales en línea con el intercambio de datos, el concepto de seguridad de la red de comunicación global, Elementos de esta imagen suministrados por la NASA.

ÍNDICE GLOBAL DE INNOVACIÓN. VALOR DEL ÍNDICE PARA 132 PAÍSES

Este índice recoge el desempeño del ecosistema de innovación entre 132 países y revela cuáles son los principales polos de innovación en ciencia y tecnología. Utiliza alrededor de 80 indicadores, como el entorno político, educación, infraestructuras y creación de conocimiento.



Fuente: Organización Mundial de Propiedad Intelectual-OMPI (2023).



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 de conocimiento	Pilar de investigación y desarrollo (índice de alistamiento)	0,4	5 de 17	Brasil (0,61)	0,5	UNCTAD (2023)
	Pagos por uso de propiedad intelectual (% total de comercio exterior)	1,12 %	2 de 17	Costa Rica (1,36 %)	1,03 %	Banco Mundial (2023)
Oferta de conocimiento	Artículos en revistas científicas y tecnológicas por cada 1.000 habitantes	0,3	6 de 16	Chile (0,81)	2,2	Scopus (2024)
	Patentes en vigor otorgadas a residentes por millón de habitantes	29,2	4 de 10	Chile (118,2)	1.663,8	OMPI (2024); Banco Mundial (2024)
	Inversión en actividades científicos-tecnológicas (% del PIB)	0,37 %	8 de 10	Costa Rica (2,4 %)	-	RICYT (2024)
	Inversión en I+D (% del PIB)	0,20 %	7 de 13	Brasil (1,17 %)	2,71 %	RICYT; OCDE (2024)
	Investigadores por millón de habitantes	88,0	8 de 11	Argentina (1.283,8)	4.677,8	UNESCO (2023)
	Colaboración en I+D universidad-empresa	47,7	1 de 15	Colombia (47,7)	64,0	OMPI (2023)
Habitantes	Índice mundial de innovación	29,4	5 de 15	Brasil (33,65)	48,6	OMPI (2023)
	Tasa de eficiencia de la innovación	0,57	8 de 15	México (0,83)	0,79	OMPI (2023)

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



INVESTIGAR PARA CRECER

Identificar, utilizar, producir, transferir y apropiarse nuevo conocimiento y tecnología, así como adoptar y adaptar tecnologías producidas en otras latitudes para afrontar los retos económicos, sociales y ambientales del país, tanto presentes como de cara al futuro, son tareas de la sociedad en su conjunto: la academia, el sistema educativo, el sector productivo, el sector público, y la sociedad civil. Parte de nuestra capacidad para lograrlo radica en confiar los unos en los otros, como recordábamos en el *Informe Nacional de Competitividad [INC] 2023-2024*. Esta labor, además, requiere de la construcción y consolidación de capacidades y la direccionalidad que se les imprime hacia transformaciones de mediano y largo plazo.

Desde el Consejo Privado de Competitividad (CPC) proponemos un escenario ideal de la ciencia, tecnología e innovación (CTI) en Colombia para los próximos 30 años, alineándonos con las visiones de futuro presentadas en el INC 2024-2025 y la separata que acompaña esta publicación. En esta visión, existe un ecosistema de CTI accesible, ágil e igualitario que está conectado, articulado y trabajando de la mano. Este panorama, construido de manera colectiva a través de una encuesta de prospectiva adelantada en el primer semestre de 2024 y que desde el CPC buscaba recoger insumos para incluirlos en este INC 2024-2025¹, plantea que la CTI ha evolucionado y se ha adaptado al entorno, se ha vuelto más flexible, y hay colaboración, innovación e inversión (Ilustración 1).

En efecto, el porvenir para la CTI en nuestro país y el mundo no es exclusivamente un asunto de inteligencia artificial (IA) o de robótica. Las distintas tecnologías sirven para resolver problemas, son habilitadores de competitividad y bienestar social, pero es necesario identificar de manera precisa el problema para utilizar la herramienta adecuada que nos permita solucionarlo en los ámbitos personal, empresarial, regional o nacional.

En efecto, la cuarta revolución industrial (4IR por su abreviatura en inglés) nos ha brindado diferentes herramientas y tecno-

logías, algunas de las cuales abordaremos en este capítulo. Sin embargo, el advenimiento de la quinta revolución industrial (5IR) nos demuestra que el papel del ser humano vuelve a estar en el centro. Es decir, todos los avances científicos y tecnológicos de la 4IR permiten potenciar al ser humano, al cliente, fomentar e incrementar la adaptabilidad, reaccionar a la variabilidad, y enfocarnos en la sostenibilidad y en la resiliencia, entre otras aplicaciones posibles (Aristizábal, comunicación personal, 2024).

En este orden de ideas, es necesario responder: ¿qué características debería tener la estructura del ecosistema de CTI en Colombia para que la usemos efectivamente y no sigamos refiriéndonos a ella área en tercera persona?². De esta forma será posible generar respuestas a las necesidades de transformación de la sociedad (incluido el sector productivo) mediante la construcción de capacidades en CTI dentro de sectores estratégicos para poder enfrentar los desafíos que tenemos como nación. Para este fin es preciso contar con una infraestructura de investigación sólida, financiamiento adecuado, colaboración entre sectores y políticas públicas que incentiven la innovación (Batz, comunicación personal, 2024).

Tal como se menciona en el capítulo de *Desarrollo empresarial* de este INC, la innovación es clave para aumentar la productividad y ser propulsor de la competitividad de las empresas, de las regiones y de Colombia misma³. El capítulo actual plantea que la CTI es el soporte para responder a las macro tendencias del cambio demográfico, el cambio climático y el cambio tecnológico.

Con el cambio tecnológico en particular, que es fuente de crecimiento y de incrementos en la productividad, nos referimos a hacer las cosas de maneras distintas; en este contexto, el acceso y adopción de las tecnologías emergentes que están en constante evolución es clave. Si bien en el país hay una porción de la sociedad que investiga e innova, existe una baja apropiación de esa innovación,

1. Esta encuesta se realizó entre el 3 de marzo y el 15 de junio de 2024. Se recibieron 444 respuestas para el total de la encuesta: 33 % de quienes la diligenciaron pertenecían al rango de edad entre 35 y 44 años; 23,4 % estaban entre 45 y 54 años; 20,9 %, entre 25 y 34 años; 10,1 %, entre 55 y 64 años; y 6,5 %, entre 18 y 24 años. La sección de CTI fue diligenciada por 143 personas.

2. En este contexto es relevante tener presentes las cinco misiones de las políticas de investigación e innovación orientadas por misiones que el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación (Minciencias) ha planteado para la próxima década: [1] Bioeconomía y Territorio, [2] Derecho Humano a la Alimentación – Hambre Cero, [3] Transición Energética, [4] Soberanía Sanitaria y Bienestar Social, y [5] Ciencia para la Paz, que se pueden profundizar en https://minciencias.gov.co/sala_de_prensa/consulta-ciudadana-hojas-ruta-PIIOM.

3. La innovación continua es precisamente una de las tendencias más relevantes en el corto plazo para alcanzar la visión de futuro que se plantea en dicho capítulo.



así como baja transferencia tecnológica en el entorno empresarial. Por lo tanto, conviene preguntarse: ¿cómo lograr que las empresas se inserten en esa dinámica? La respuesta es alineando políticas, instrumentos como incentivos, o generándolos en muchos casos, desarrollando formas y habilitando condiciones para la generación y apropiación efectiva del conocimiento, la investigación y de la CTI en su conjunto.

Este capítulo se encuentra organizado de la siguiente manera: la primera sección discute la visión de futuro de la CTI, así como las tendencias asociadas para la próxima década en Colombia, luego aborda las ciencias básicas y la financiación de la investigación y el desarrollo (I+D), y finaliza con un acercamiento a la IA. En la segunda sección se introducen la escalera de capacidades de Ci-

ra y Maloney y la curva de Gartner como marcos para evaluar la apuesta del sistema de innovación que Colombia podría alcanzar en las próximas décadas. La sección tres se centra en el factor competencia como habilitador de la innovación para la productividad, y por último se dedica una cuarta sección a la cultura de la innovación, haciendo énfasis en las capacidades gerenciales y en el ambiente de control.

La versión 2023 del capítulo incluyó 15 recomendaciones relacionadas con la construcción de confianza de los actores del ecosistema para aumentar los niveles de innovación. En esta versión se mantienen esas recomendaciones y se adicionan cuatro, que, de acogerse, potenciarán la productividad de las empresas a través de la utilización de CTI para aprovechar oportunidades futuras.



En el más corto plazo, las tecnologías disruptivas y sus riesgos se destacan como la segunda tendencia con mayor importancia en los próximos 10 años en Colombia para los encuestados⁵. Entretanto, la variabilidad climática se ubicó en primer lugar, y la automatización y flexibilidad laboral, junto con la salud mental, ocuparon el tercer puesto (el panorama completo se puede profundizar en el resumen ejecutivo de este INC)⁶.

Si bien el envejecimiento de la población ocupó el sexto puesto de relevancia entre las 10 tendencias incluidas (CPC, 2024), se esperaría que la investigación geriátrica pase a ser mucho más central en las próximas décadas. Esta perspectiva invita a aprovechar las oportunidades que se deriven de la economía plateada (entendida como las demandas y las necesidades de una población mayor)⁷. Específicamente, según el más reciente ASP en el país, mientras que en 2023 la población mayor de 60 años se estimaba en 14,6 % del total, en 2050 se espera sea cercana al 26 % (DNP *et al.*, 2023). Dicho de otra manera, en los últimos 30 años la población entre 15 y 64 años creció en promedio 1,9 %, con un aumento promedio de 2,4 % durante la década de los noventa, momento a

partir del cual comenzó a reducirse, de manera que en la década de los 2000 se ubicó en 2,0 %, en los años 2010 bajó a 1,7 %, y desde el 2020 hasta 2022 ese promedio simple de crecimiento fue apenas de 1,2 % (Banco Mundial, 2024).

La contribución al crecimiento por parte del factor trabajo en Colombia será cada vez menor, o incluso negativa⁸, y es importante también enfocarnos en la contribución del factor capital y de la productividad para mejorar el bienestar y la calidad de vida de la población. No obstante, vale la pena hacer una aclaración: necesitamos revisar esa contribución de la fuerza laboral (FL) corregida por el capital humano, pues no solo se trata de la cantidad de FL —porque habrá menos personas—, sino de la calidad de la FL disponible. Igualmente, aunque el ritmo del cambio tecnológico se acelera y no hay certeza de cuáles serán los sectores o industrias que brinden un camino seguro hacia la prosperidad o incluso cuáles tecnologías los impulsarán (como indican Maloney *et al.*, 2024), es crucial mejorar la capacidad de las empresas para gestionar tal incertidumbre y prepararnos para aprovechar las oportunidades futuras.



¿Y CUÁL ES EL ROL PARA LAS CIENCIAS BÁSICAS EN ESTE CONTEXTO?

En la cotidianidad se habla de la importancia de las ciencias básicas para la CTI y para Colombia, pero no siempre hay claridad sobre su concepto y cuál es su relevancia para la discusión de competitividad. Con frecuencia se perciben alejadas de los problemas comunes, aunque sean los fundamentos teóricos y a su vez aporten evidencia empírica para distintas ramas de la ciencia y tecnología.

En suma, invertir en ciencias básicas es crucial para fortalecer la capacidad científica del país y asegurar un futuro sostenible y

competitivo (Batz, comunicación personal, 2024). Sin embargo, en la encuesta de prospectiva del CPC (2024), la educación en esta área ocupó el último lugar de relevancia entre las cinco tendencias incluidas para afrontar cambios y tendencias futuras en CTI, lista que fue encabezada por la IA, de la cual hablaremos más adelante.

Por lo tanto, es importante recordar que las ciencias básicas “contemplan las ciencias exactas, físicas y naturales (Biología, Física, Geología, Matemáticas y Química) así como las ciencias

5. Estas tecnologías incluían: analítica de datos, IA, internet de las cosas (IOT por su sigla en inglés), robótica avanzada, *blockchain*, computación, 5G y conectividad.

6. Sobre estas tendencias se profundiza y discute en el resumen ejecutivo del INC 2024-2025. En esta sección destacamos el envejecimiento de la población y el cambio demográfico considerando la oportunidad que se genera para la investigación, pues mientras que la preocupación de antes era evitar morir en etapas tempranas de la vida, ahora debemos ocuparnos por aprender y entender las enfermedades para poder vivir durante más años, procurando tener un bienestar que no se vaya deteriorando con el tiempo. En efecto, nos hemos obsesionado mucho con alargar la expectativa de vida (cantidad), pero no con incrementar la calidad con la que se vive, y la CTI tienen un rol trascendental para que ese bienestar se materialice.

7. En el caso de Colombia, el informe final de Misión Colombia Envejece (Fundación Saldarriaga Concha y Fedesarrollo, 2023) señala alrededor de 14 segmentos de mercado con potencial dado el envejecimiento de la población. En estos sectores, las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) tendrán un rol clave para proveer: atención hospitalaria y ambulatoria, vivienda inteligente y servicios de vida asistida, y promoción de la vida independiente. También surgen como oportunidades “la economía de la salud, incluida la telemedicina y la salud electrónica, la tecnología de audición y visión, prótesis dentales y la ortopedia” entre otros (Fundación Saldarriaga Concha y Fedesarrollo, 2023, p. 361).

8. Cifras de Naciones Unidas (Department of Economic and Social Affairs [UN-DESA], 2024) muestran que la población económicamente activa (PEA) en Colombia tendría crecimientos anuales negativos a partir del año 2041.



básicas biomédicas” (Minciencias, s. f.-a), y su objetivo es “comprender los fenómenos asociados a la naturaleza, sus leyes e interacciones” (Minciencias, s. f.-a). La relevancia de su rol la destaca la Misión de Sabios (2020b) en cuanto a que estas “ayudarán a fortalecer la base científica para el manejo sostenible, aumentar la comprensión de los asuntos científicos, y construir una buena capacidad y potencial de respuesta a los problemas, algunos imprevisibles” (p. 46).

Directamente relacionado con lo anterior, es clave distinguir, por una parte, la investigación básica o fundamental, la cual “consiste en trabajos experimentales o teóricos para obtener principalmente nuevos conocimientos acerca de los fundamentos de fenómenos y hechos observables, sin pensar en darles ninguna aplicación o utilización determinada” (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos [OCDE], 2018, p. 30)⁹. Por otra parte, está la investigación aplicada, que hace alusión a “trabajos originales realizados para adquirir nuevos conocimientos, pero está dirigida fundamentalmente hacia un objetivo práctico específico” (OCDE, 2018, p. 30). A partir de estos dos tipos de investigación se pueden desarrollar nuevas tecnologías, y el propósito del capítulo no es sesgarnos como país a uno u otro, pero sí hacer énfasis en que se requiere elevar el nivel y la calidad de estos estudios en Colombia para responder a los retos de productividad futura¹⁰.

De hecho, hace más de diez años se había identificado en Estados Unidos que las enfermedades como el cáncer, la diabetes y el alzhéimer estaban creciendo significativamente. En ese sentido, se mencionaban la efectividad de las alianzas público-privadas para enfrentar estas condiciones y el hecho de que la investigación

en ciencias básicas paga ya que aborda de manera efectiva estos temas tan sensibles y genera respuestas y soluciones específicas (Del Río, 2020). Precisamente, la dupla de empresas innovadoras e investigadores en ciencias básicas en dicho país ha permitido mostrar una historia gloriosa de los norteamericanos en liderazgo e innovación (Tessier-Lavigne, 2013).

En efecto, una verdad que hoy continúa siendo vigente —en el campo de la salud originalmente, pero que también puede extrapolarse a las ciencias básicas— es que el descubrimiento científico de hoy es el avance médico de mañana¹¹. En otras palabras, en la medida en que haya muchas más empresas buscando esos insumos, habrá mayores incentivos a que se realice más investigación básica¹². Precisamente, las ciencias básicas y su apropiación efectiva permiten generar capacidades para que en el futuro aparezcan nuevas oportunidades en diferentes sectores productivos entre los que la salud es de vital importancia.

Las ciencias básicas estimulan la innovación, motor de productividad y competitividad que Colombia necesita activar en muchos niveles, y “financiar el análisis científico permite tener una tecnología de menor costo, incrementar la adopción y mejorar la calidad de vida” (PEW, 2015, p. 6). Por ende, se necesita un apoyo de la financiación pública para las ciencias básicas y las ciencias de la salud, donde se cuente con capacidad en capital humano y estructural, dado que son las necesidades crecientes de la sociedad. Esto resultará importante en el marco de las áreas priorizadas en las políticas de investigación e innovación orientadas por misiones (PIIOM) de Minciencias que ya cuenta con cinco hojas de ruta y es entendida como una modalidad integradora de implementar políticas, bajo esquemas de alianzas de mediano y largo plazo.

9. La investigación básica pura no busca beneficios económicos o sociales y tampoco realiza un “esfuerzo deliberado para aplicar los resultados a los problemas prácticos ni transferirlos a sectores responsables de su aplicación”. Entretanto, la investigación básica orientada se realiza “con la esperanza de que producirá una extensa base de conocimientos que sirva de (fundamento) para la solución de problemas o materializar las oportunidades que puedan plantearse tanto ahora como en el futuro” (OCDE, 2018, pp. 417-418).

10. Según Minciencias (2023d), la investigación básica corresponde al nivel de madurez tecnológica (TRL por su sigla en inglés) 1 observación de los principios básicos y al TRL 2 formulación del concepto, mientras que la investigación aplicada corresponde al TRL 3 prueba experimental del concepto y al TRL 4 validación del desarrollo en entorno laboratorio.

11. Si bien la salud no es una ciencia básica, en salud se aplican ciencias básicas.

12. La investigación orientada por la creatividad de los investigadores no es en este caso el tipo de investigación sobre el que enfatizamos.



→ FINANCIACIÓN DE LA I+D EN COLOMBIA

La inversión hace parte de la visión futuro del escenario ideal para la CTI en Colombia en los próximos 30 años de la encuesta realizada por el CPC (Ilustración 1). Se anhela que Colombia eleve su esfuerzo de inversión en I+D hasta un nivel de 2 % o 2,5 % del producto interno bruto (PIB) (lo cual implica casi multiplicar por 10 la cifra más reciente disponible). Incluso se visualizaba que la inversión en actividades de CTI (ACTI) se acercara al 4 % del PIB (que equivale al menos a multiplicar por 4 lo observado en el año 2021)¹³.

A nivel mundial, los niveles de inversión en I+D alcanzaron en 2022 niveles del 6 % del PIB en Israel y 3,6 % en Estados Unidos, mientras que para América Latina y el Caribe la cifra observada en 2021 es la décima parte del nivel en Israel. En la región sobresale Argentina, con 0,55 % del PIB invertido en I+D (OCDE, 2024)¹⁴. Para el caso de Colombia, a la fecha de elaboración de este capítulo no hay información reciente y disponible correspondiente a los años 2022 o 2023 por retrasos tanto en la Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica (EDIT) como en la Encuesta de Inversión en Investigación y Desarrollo I+D por parte del Departamento Administrativo Nacional de

Estadística (DANE). Infortunadamente, estas demoras pueden implicar la pérdida en la serie y además limitan el análisis y el monitoreo de la evolución de I+D también en política pública, perpetuando los mismos análisis y narrativas. Este es un llamado a Minciencias y al DANE para asumir responsabilidad en tener cifras actualizadas de I+D.

Aunque en el país la innovación a nivel empresarial sea baja (como lo han revelado los resultados de EDIT que publica el DANE en particular para la industria manufacturera y el sector de servicios y comercio), y la articulación academia-empresa tenga oportunidades de acrecentarse y fortalecerse, las cifras más recientes que publica el Observatorio de Ciencia y Tecnología (OCyT) muestran que son las empresas las que mayoritariamente financian la I+D en Colombia, como se aprecia en la Gráfica 1¹⁵. En segundo lugar, se ubicaron las instituciones de educación superior (IES) y, en tercer lugar, las entidades gubernamentales sin el rubro de las regalías. Frente a 2012, la financiación de la I+D en 2021 en el país se incrementó proporcionalmente en los Centros de Innovación y Desarrollo Tecnológico.

13. Las actividades de investigación y desarrollo deben cumplir cinco criterios básicos según el Manual de Frascati (OCDE, 2018) para considerarse como tales: ser novedosas, creativas, inciertas, sistemáticas, transferibles o reproducibles. Esta es la medida que se usa tradicionalmente para hacer comparaciones internacionales. Por otra parte, las ACTI son un concepto más amplio que incluye "actividades sistemáticas que están estrechamente relacionadas con la producción promoción, difusión, aplicación y de los conocimientos científicos y técnicos" (DNP, 2021, p. 79).

14. Valga la aclaración: aquí estamos tomando las cifras de la OCDE (misma fuente) directamente y en particular para 2021, mientras que en la tabla del perfil inicial de CTI se reporta el dato de Brasil, 1,17 % del PIB, correspondiente al año 2020.

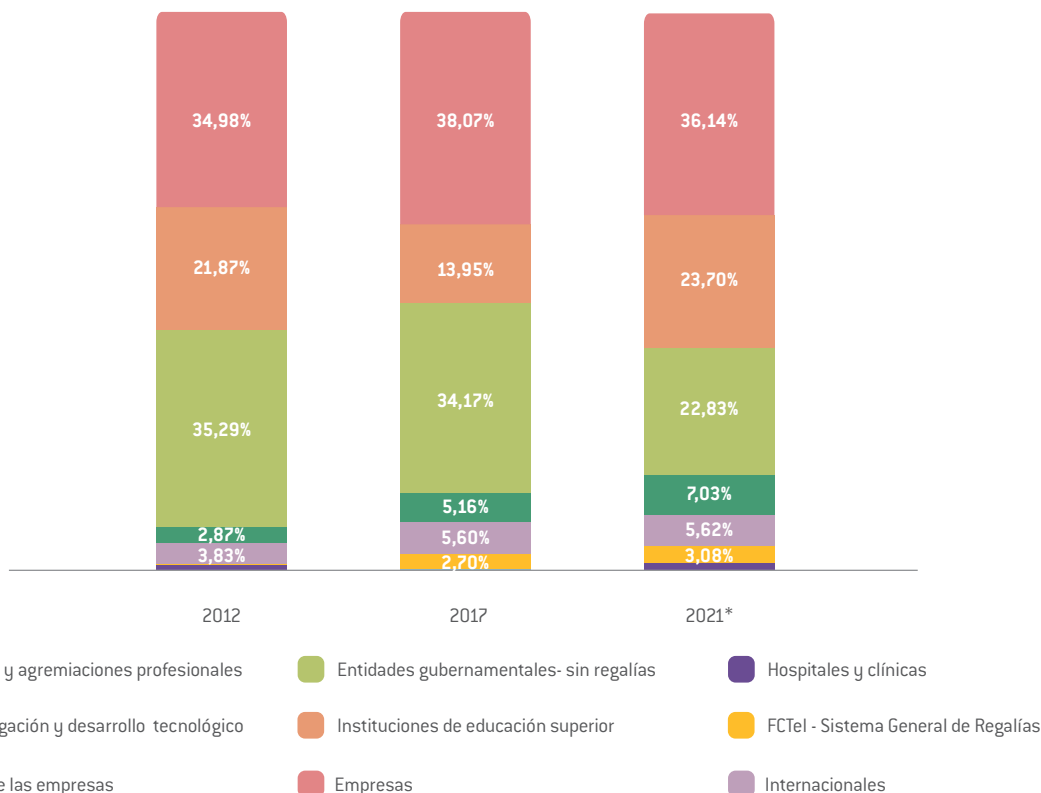
15. Respecto al relacionamiento universidad-empresa, Colombia se ubicó en el primer lugar en América Latina en las últimas mediciones del índice mundial de innovación (2020 a 2023), mientras que había ocupado el quinto lugar en este indicador entre 2013 y 2016. Sin embargo, a nivel mundial estaba en el puesto 55 entre 129 países.



Gráfica 1. ¿Quiénes financian la I+D en Colombia?



Las empresas, las instituciones de educación superior y las entidades gubernamentales (sin regalías) contribuyeron con más del 80 % de la financiación de la I+D en Colombia en 2021.



*Dato provisional

Fuente: OCyT (2024) y Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología (RICyT, 2024).

En línea con lo anterior, los datos disponibles más recientes de la financiación de la I+D según el tipo de recurso evidencian que la financiación privada ha superado la pública desde el año 2014 y alcanzó a representar cerca de 53 % del total en 2021 (OCyT, 2024), y los recursos privados para I+D alcanzaron un máximo de participación de 60 % en 2018. Por su parte, los recursos públicos pasaron de representar el 49,4 % en 2012 a 40,0 % en 2021, y mientras tanto los recursos internacionales pasaron de aportar 2,9 % en 2012 a 7 % del total en 2021.

Las cifras de la inversión pública sectorial en I+D de 2023 que calcula el DNP muestran que solo 7 de los 30 sectores de la administración pública tuvieron un porcentaje de su presupuesto de inversión destinado a I+D. El sector de CTI invirtió 46,3 % (el más alto por su misionalidad), agricultura estuvo en segundo lugar con 5,42 %, y siguió la Fiscalía con 1,45 %. El sector salud y protección social apenas invirtió 0,49 % de su presupuesto en I+D y ocupó el séptimo lugar¹⁶.

16. Estas inversiones se logran trazar a través del Sistema de Seguimiento a Proyectos de Inversión del DNP, y la clasificación de las funciones del gobierno del Ministerio de Hacienda y Crédito Público (Minhacienda) es tomada de proyectos de inversión de los sectores bajo la metodología de clasificación de las funciones del gobierno (COF06).



En este sentido, el rol de la financiación pública es clave porque financiar la investigación que no genera retornos inmediatos contrasta con el tipo de innovaciones que usualmente financia el sector productivo, considerando los incentivos y retornos mucho más concretos que dicho segmento busca. Precisamente, ese valor social de la innovación es el que debería ser financiable por otros medios, de manera que las empresas podrían estar beneficiándose de los retornos, asumiendo riesgos y obteniendo un rédito de esa investigación que aún no se apropia en los niveles que deseáramos para tener la sociedad del conocimiento, de la que tanto se ha hablado en las misiones de sabios que han abordado la CTI en Colombia¹⁷.

Algunos afirman que financiar ciencia no tiene prioridades, pues se trata de financiar que la gente piense, mientras que financiar el desarrollo sí tiene prioridades, las cuales son estratégicas¹⁸. Sin embargo, asumir esa postura sería limitar la conexión de la ciencia o del uso del conocimiento con el desarrollo. En otras palabras, quizás, de cierta manera, sería desconocer que la CTI es un habilitador de productividad y competitividad y, en consecuencia, del desarrollo y de mejoras en el bienestar de la población. En este

sentido es relevante buscar apuestas a nivel de país, así como a nivel regional, dado que la falta de enfoque con frecuencia hace que se dispersen los esfuerzos hacia las actividades en las que queremos ser competitivos, así como los recursos que de por sí son pocos [Arboleda, comunicación personal, 2024]. Buscar hacia dónde concentrar los esfuerzos es por tanto un primer paso. Las PIOM de Minciencias, las misiones planteadas en el Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2022-2026¹⁹ o los focos de la política de reindustrialización²⁰ son elecciones en esa dirección.

Este panorama invita a que busquemos en la asociación de los distintos actores que hacen parte del ecosistema de CTI la resolución de problemas presentes y el aprovechamiento de las oportunidades que nos brinda el futuro. Es decir, además de la financiación, otros elementos claves son la asociación (y colaboración) y, específicamente, darle valor al esfuerzo y trabajo colectivos. Adquiriendo una consciencia de colmena (o, en otras palabras, una consciencia colectiva que impulse la dinámica de trabajo en grupo), podremos llegar a resultados que transformen a la sociedad [Aristizábal, 2024, comunicación personal].



IA: LA TENDENCIA EN CTI MÁS RELEVANTE EN EL CORTO PLAZO

En la encuesta del CPC (2024) indagamos por la relevancia de cinco tendencias en el corto plazo para afrontar los cambios y tendencias futuras con relación a la CTI. La que se destacó en primer lugar fue la IA (Gráfica 2), seguida por otras tecnologías aplicadas a la sostenibilidad, la biotecnología y la automatización y robótica empresarial, que se aprecian en la Gráfica 3.

En efecto, la IA es una herramienta que evoluciona rápidamente, como si hubiese un frenesí de cambio, mientras se elaboraba

este capítulo finalizando el primer semestre de 2024. Es una tecnología transversal que tiene diferentes aplicaciones en los distintos sectores productivos, y de hecho en el capítulo de *Justicia y seguridad* de este INC 2024-2025 se muestran ejemplos de su aplicación en la Rama Judicial. A su vez, también “está emergiendo como una tecnología de propósito general en la investigación científica que puede desenterrar descubrimientos que hubieran permanecido ocultos” [Foro Económico Mundial [WEF], 2024, p. 9].

17. Otros instrumentos de financiación para acceder al capital existentes para la I+D pueden ser las garantías en propiedad intelectual (PI) o garantías tecnológicas, que no abordamos en esta ocasión en el capítulo. El acceso a capital por parte de emprendimientos de base científico-tecnológica, así como las limitaciones en los instrumentos financieros y la toma de riesgos, se abordarán en versiones posteriores de este capítulo.

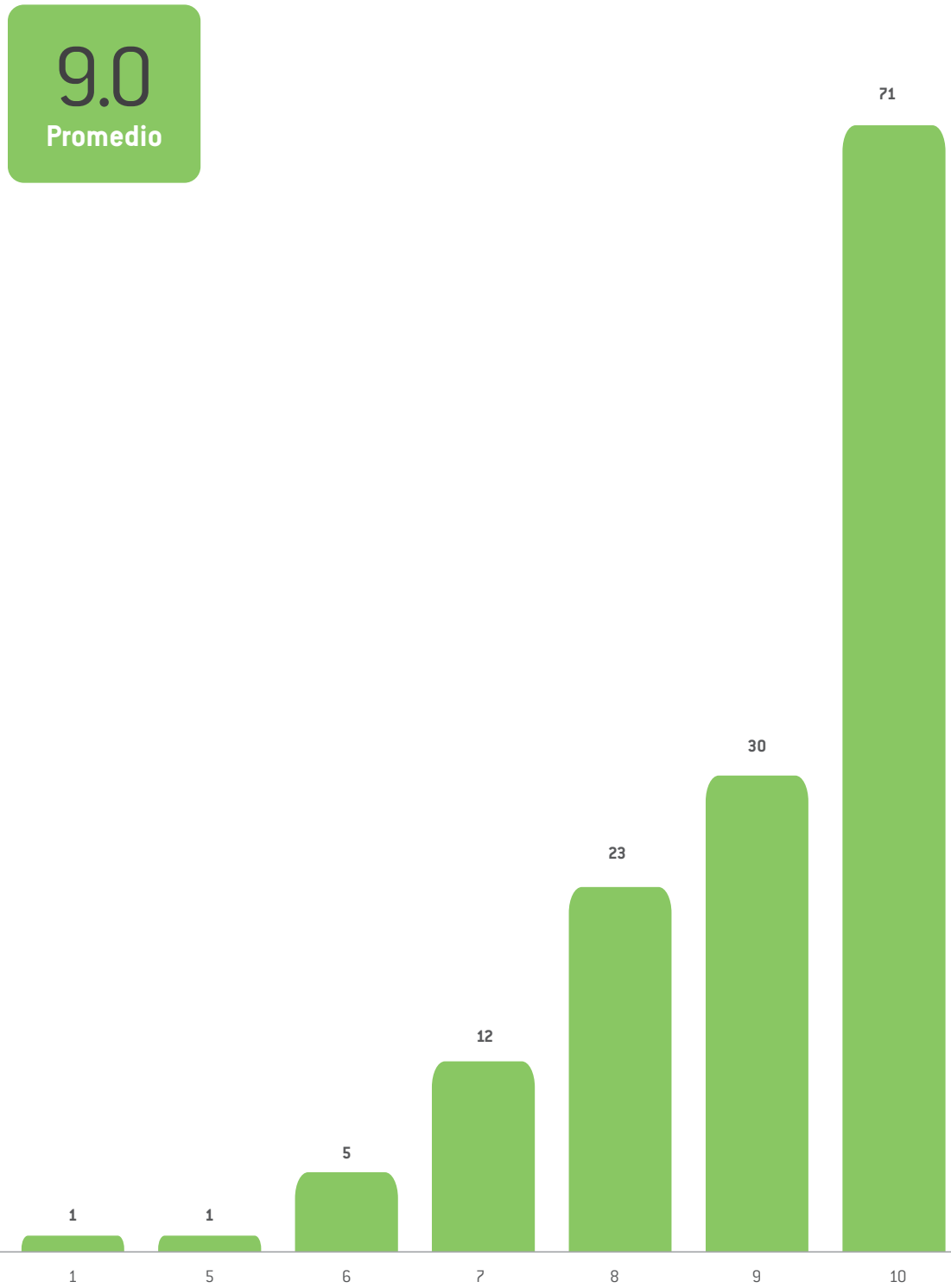
18. Sobre esta discusión se puede revisar la sección final de la videoconferencia de Wasserman (2024).

19. Estas son, como lo indicamos en el INC 2023-2024: (1) bioeconomía, ecosistemas naturales y territorios sostenibles; (2) derecho humano a la alimentación; (3) energía eficiente, sostenible y asequible; (4) autonomía sanitaria y bienestar social, y (5) paz y ciudadanía.

20. Las apuestas de la política de reindustrialización son: transición energética; agroindustrialización y soberanía alimentaria; reindustrialización en el sector salud; reindustrialización para la defensa y la vida y territorios y su tejido empresarial (Ministerio de Comercio, Industria y Turismo [MinCIT], s. f.). Las 5 PIOM se listan en la nota al pie 2.



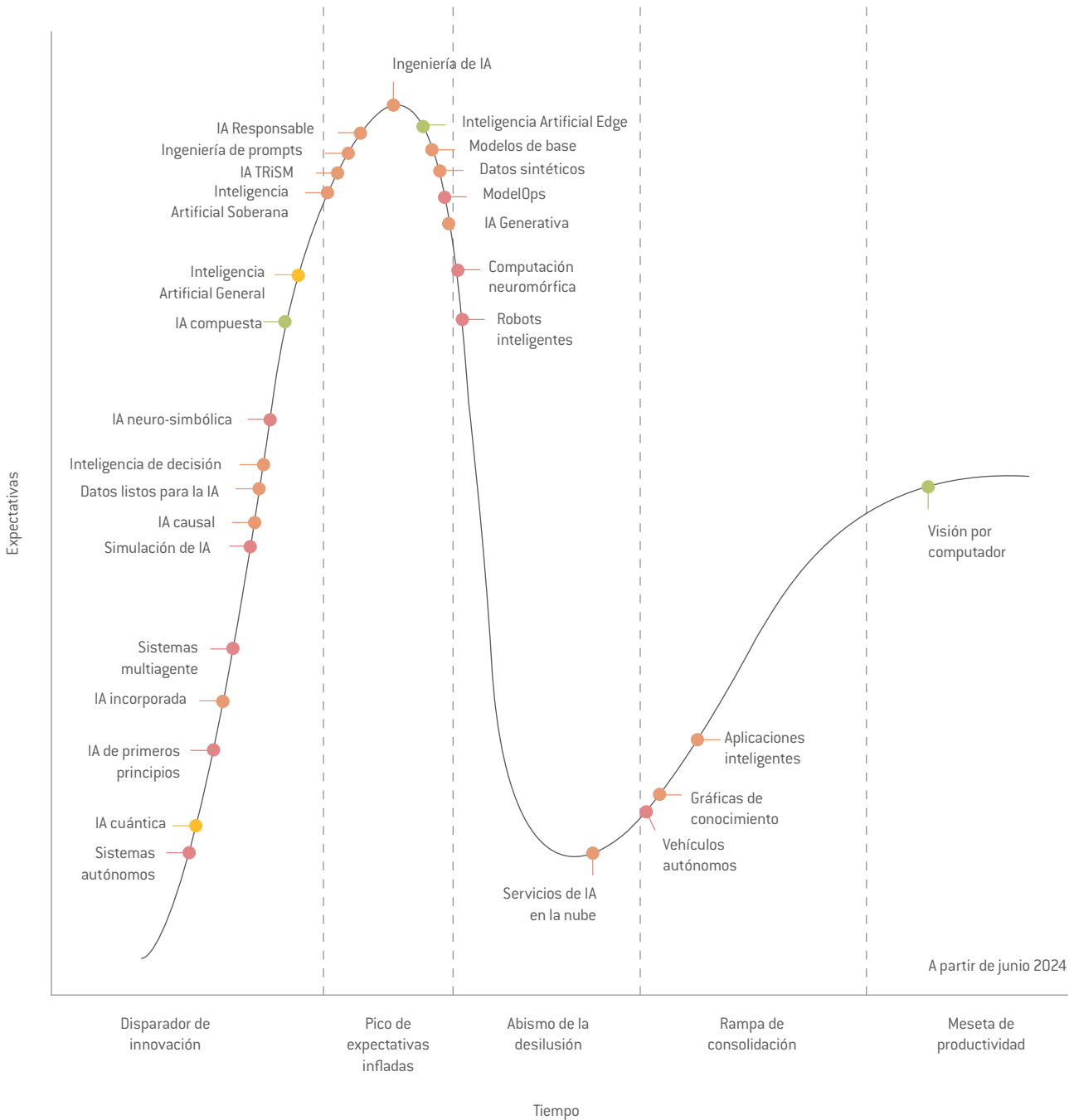
Gráfica 2. Relevancia de la IA para afrontar cambios futuros en la CTI en Colombia



Fuente: CPC (2024).



Ilustración 2. Curva de Gartner de IA, 2023



La cima se alcanzará en:

2 a 5 años

Más de 10 años

Menos de 2 años

5 a 10 años

Obsoleto antes de la cima

Fuente: Jaffri y Khandabattu [2024].

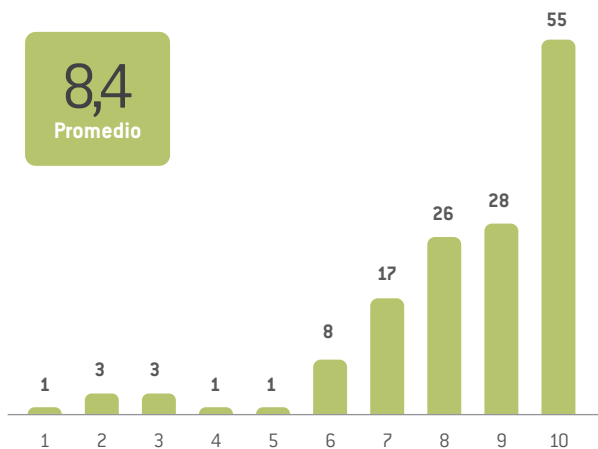


En efecto, la curva de Gartner de IA en 2024 [instrumento sobre el cual profundizaremos en la segunda sección] mostraba que varias de las innovaciones y técnicas asociadas a esta tecnología se acercarán a la meseta de productividad empresarial en los próximos dos a cinco años después de haber ascendido la rampa de consolidación (específicamente: las aplicaciones inteligentes, los servicios de nube, los vehículos autónomos y las gráficas de conocimiento) dados los “beneficios significativos e incluso transformacionales”, así como el alto número de soluciones y mejoras en eficiencia que propician (Ilustración 2). La visión computacional alcanzará esa meseta, según Jaffri y Khandabattu (2024), en menos de dos años.

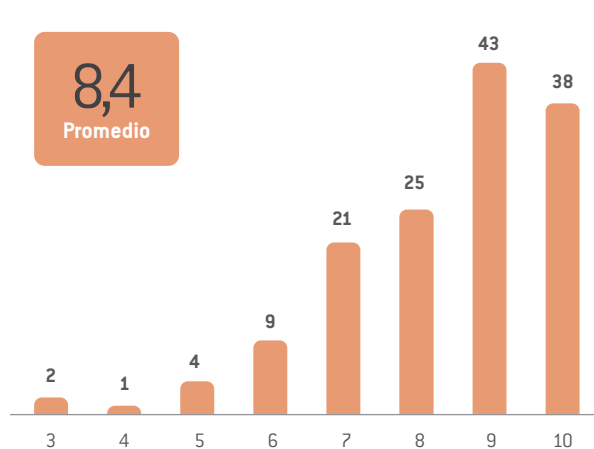
La apropiación y el uso de la IA, que existe desde hace varias décadas, se ha democratizado en los últimos años en el mundo, aunque su adopción y utilización es incipiente a nivel empresarial en Colombia²¹. Vale la pena recordar que, según el índice latinoamericano de inteligencia artificial (ILIA) elaborado para 12 países de la región, Colombia obtuvo un valor de 53,2, lo que la ubica en quinto lugar después de Chile (73,2), Brasil (65,3), Uruguay (55) y Argentina (54,8). Este índice comprende tres subpilares: (1) factores habilitantes; (2) investigación, desarrollo y adopción, y (3) gobernanza (Centro Nacional de Inteligencia Artificial [Cenia], 2023).

Gráfica 3. Relevancia de otras tendencias para afrontar cambios futuros en la CTI en Colombia

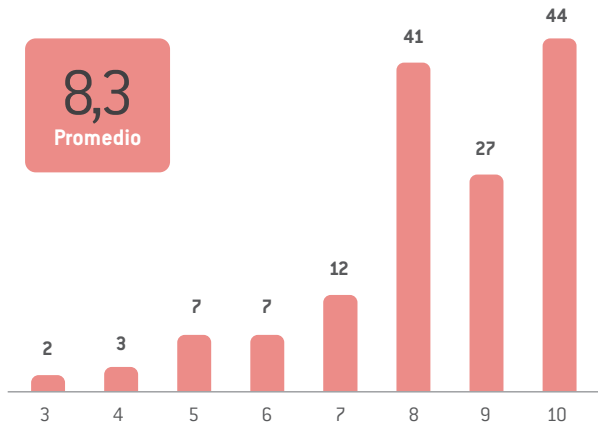
a. Biotecnología



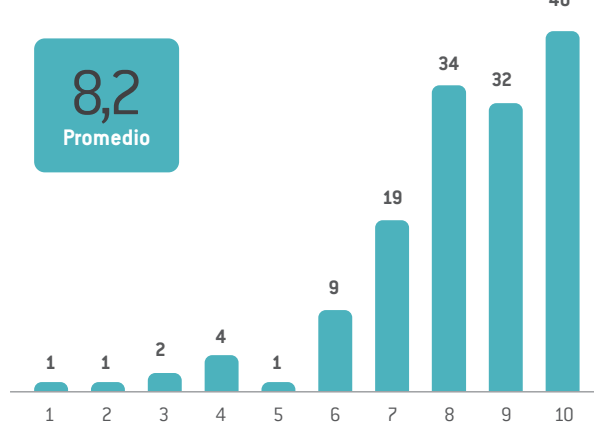
b. Automatización y robótica empresarial



c. Otras tecnologías aplicadas a la sostenibilidad



d. Educación en ciencias básicas



Nota: En esta gráfica se incluyen cuatro de las cinco tendencias por las que se indagó. El primer puesto fue ocupado por la IA con un puntaje promedio de 9,0.
 Fuente: CPC (2024).

21. En efecto, muchos de los desarrollos que se han implementado tienen su base en tecnologías que no son propias, lo cual aumenta fenómenos como la compra de tecnología internacional y la dependencia tecnológica de los usuarios en el país (Cardona, comunicación personal, 2024).

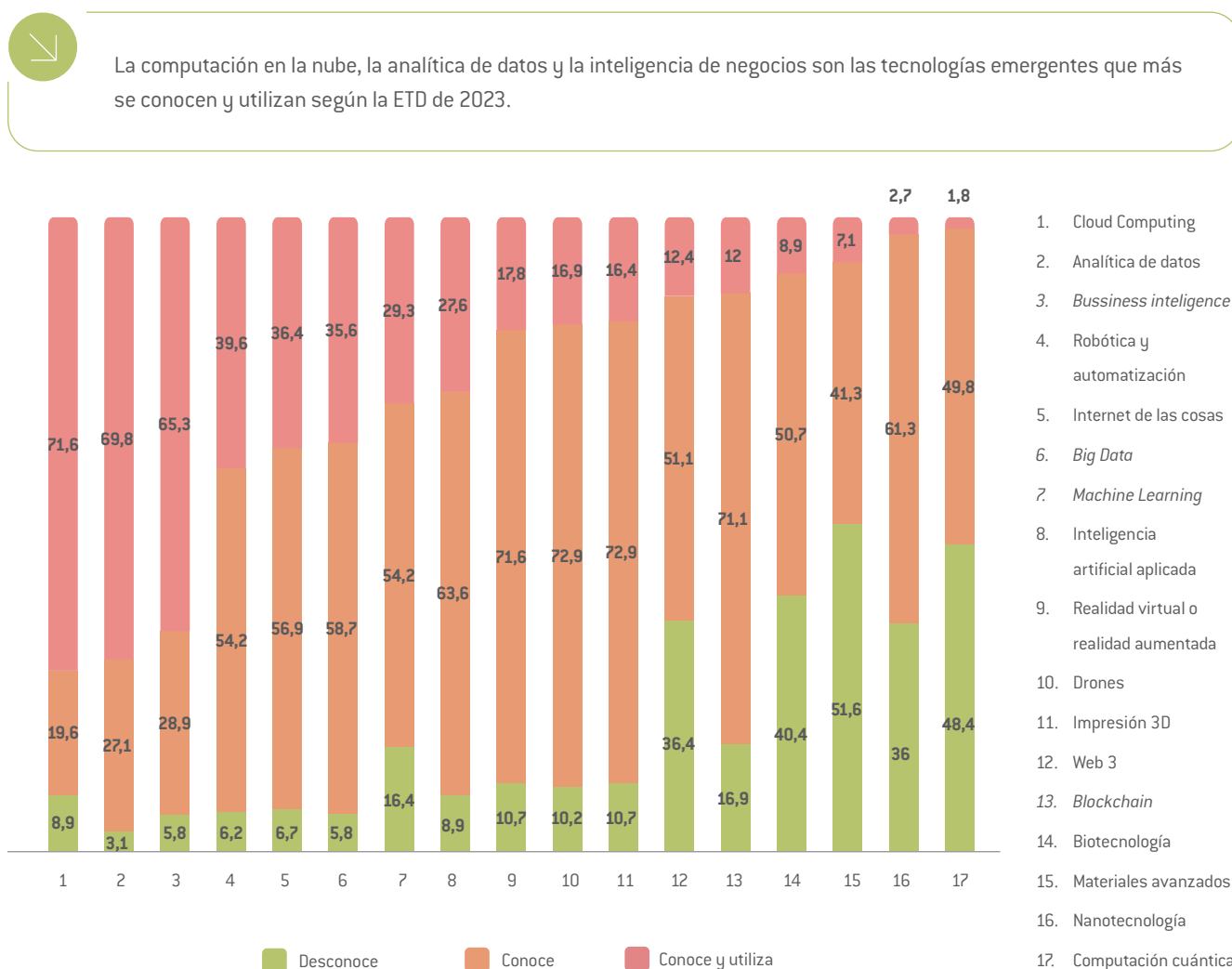


Específicamente, la Encuesta de Transformación Digital (ETD) de 2023 de la Asociación Nacional de Empresarios de Colombia (ANDI) preguntaba cuáles tecnologías emergentes se conocían, cuáles se desconocían y cuáles se conocían y utilizaban. En la versión más reciente de esta consulta la escala estuvo liderada por el *cloud computing*, la analítica de datos, *business intelligence*, y la robótica y automatización (Gráfica 4). Entretanto, la IA era conocida y aplicada por apenas 27,6% de los encuestados, indicador que había subido cerca de 6 puntos porcentuales respecto a la medición del año 2019 (ANDI, 2024).

Aunque estos resultados se circunscriban al universo que fue encuestado, en su mayoría medianas y grandes empresas,

es necesario desmitificar que la tecnología es únicamente para las grandes empresas. La tecnología, más allá de la especificidad sobre la cual se hable, es un habilitador de competitividad y bienestar social, y a la vez una necesidad de todas las organizaciones, independiente de su tamaño y de si se ubican a nivel urbano o rural²². En este aspecto la publicación de *Top 10 Emerging Technologies* del WEF (2024) trae una serie de preguntas guía útiles para que los empresarios respondan con el objetivo de facilitar un entendimiento más profundo sobre la manera en que las tecnologías impactarán la organización e identificar vías para la innovación y el crecimiento.

Gráfica 4. Tecnologías emergentes: cuáles conoce, desconoce, conoce y aplica, 2023



Fuente: ANDI (2024).

22. En línea con esto, existen diferentes herramientas de IA que cumplen diferentes propósitos (algunos se mencionan líneas abajo) que permiten automatizar procesos; específicamente, aquellos a lo que se le dedica más tiempo en una empresa, y ayudan reducir costos, por ejemplo, a la hora de facturación.



En ese sentido, adoptar y apropiarse los diferentes tipos de IA permitirá al tejido empresarial en su conjunto encontrar las eficiencias que los vuelvan más productivos dado que así aumentarán los poderes y las habilidades de los trabajadores²³. A nivel empresarial, estas distintas clases de IA pueden ser útiles en: (1) marketing y atención al cliente (con asistentes o *chatbots* que respondan a diferentes necesidades 24/7), desarrollar servicios personalizados, análisis de datos; (2) ventas para la prospección de clientes, clasificación de *leads* y cierres de ventas; (3) recursos humanos para asuntos relacionados con incorporación de nuevo personal, capacitación-recualificación y perfeccionamiento del conocimiento, retención del conocimiento, falta de acceso a la información.

Según Gabriel Alzate, experto en aplicación de IA, esta tecnología también se puede utilizar en otras áreas de una empresa, como: (4) finanzas, para la formación en temas normativos y la identificación de riesgos y motores de recomendación; (5) seguridad, para la detección de amenazas y la respuesta inmediata a incidentes; (6) operaciones, para optimizar procesos, predecir fallos y automatizar tareas repetitivas, (7) cumplimiento normativo, y (8) asuntos legales, entre otros usos (Xpósito Colsubsidio, 2024).

Las anteriores son algunas aplicaciones a nivel empresarial, aunque vale la pena tener presente que la IA puede tener muchos usos en diversos sectores y medios, así como en la cotidianidad de las personas. Por ejemplo, por una parte, esta tecnología se ha utilizado para acelerar la tasa de descubrimientos científicos (WEF, 2024) y “tiene el potencial de transformar cada disciplina científica y muchos aspectos sobre la forma en que se conduce la ciencia” (President’s Council of Advisors on Science and Technology [PCAST], 2024)²⁴.

Otro caso ilustrativo del uso de la IA es ReguetonLand, una iniciativa de innovación social relacionada con el reguetón en Medellín y la posibilidad de encontrar nuevos talentos que tendrá lugar

en el primer semestre de 2025. Este evento ha empleado IA en su proceso de selección, así como para crear el *storytelling* del guion de un *pitch*, generar un *pitch* de forma automática a partir de la hoja de vida, producir listas de reproducción de personas, hacer convocatorias de forma automática, elaborar videos de convocatorias, medir compatibilidad de un talento con una convocatoria y con otros talentos, obtener arquetipos de personas, etc. (Lalinde, comunicación personal, 2024).

Durante la elaboración de este capítulo, la IA generativa (GenAI por su abreviatura en inglés) está en furor, y los sistemas de IA se están haciendo más poderosos por las innovaciones que impulsan los avances en GenAI (Perri, 2023a). En línea con ello, según Jaffri y Khandabattu (2024), al final el primer semestre del año la IA generativa ya había superado el pico de las expectativas infladas, aunque continúa el entusiasmo al respecto (Ilustración 2). De este modo se espera que en el año 2024 “se obtendrá más valor de los proyectos basados en otras técnicas de IA, ya sean independientes o combinadas con GenAI, que cuenten con procesos estandarizados para facilitar su aplicación” (Jaffri y Khandabattu, 2024).

Por último, es importante tener presente que el Gobierno nacional publicó para comentarios el borrador del documento CONPES de IA que hace parte de la Estrategia Nacional Digital 2023-2026. El documento de política tiene en cuenta iniciativas relacionadas como la hoja de ruta para la IA lanzada por Minciencias y la estrategia “Colombia Potencia Digital” del Ministerio de Tecnologías de la Información y Comunicaciones (MinTIC) con miras a impulsar las oportunidades de aprovechamiento y democratización de la IA, y sus referentes son los principios éticos y la protección de los derechos humanos. Este documento estaría “listo” o aprobado en agosto de 2024 (DNP, 2024a), o en su defecto en el segundo semestre de 2024.

23. Vale la pena tener presente que hay empresas que adoptan la tecnología, otras que la desarrollan y otras que hacen ambas.

24. Tecnologías como la IA serán también muy útiles tanto para el diagnóstico de enfermedades como para la optimización de la prestación de los servicios (Batz, comunicación personal, 2024).



RECOMENDACIONES



Nueva recomendación



Recomendación relacionada



Recomendación priorizada



Adoptar y apropiar tecnologías emergentes y disruptivas en las empresas para agilizar procesos, mejorar eficiencia y potenciar productividad y competitividad

Esta recomendación fue catalogada como la tercera más prioritaria entre las acciones de corto plazo para afrontar las tendencias de CTI de la encuesta de prospectiva del CPC. En relación con esto, es preciso recordar que se comenzó a hablar de la 4IR hace más de 12 años y que dicho término fue acuñado en 2016 por el presidente del WEF (ver más en Schwab, 2016). Incluso, muchas de las tecnologías emergentes asociadas a la 4IR se han comenzado a utilizar en el país hace unos años, pero la adopción y la apropiación de estas no se han logrado a lo largo y ancho del tejido empresarial.

En efecto, la ETD de la ANDI de 2023 muestra que las empresas, sobre todo medianas y grandes, emplean muy poco las tecnologías emergentes. Así, cerca de 11 de las 17 tecnologías por las que se indagó eran utilizadas por menos de un tercio de los encuestados en cada caso (Gráfica 4), a pesar de conocer estas herramientas y del hecho de que pueden potenciar la productividad y la competitividad de los negocios en diferentes áreas. Por lo tanto, es necesario trabajar en varios frentes.

Por una parte, se debe vencer el miedo al uso de la tecnología a nivel empresarial para lograr transformaciones que preparen a las firmas para enfrentar los desafíos futuros y aprovechar el acelerado cambio tecnológico (lo cual es una restricción de cultura empresarial). Por otra parte, conviene considerar otros factores como costos de incorporación de la tecnología, talento humano para el soporte, no contar con tecnología a la medida (dependencia) y el no relacionamiento de la tecnología con la estrategia de los negocios (Cardona, comunicación personal, 2024).

En línea con lo anterior, dentro del documento CONPES 4129 se incluyó la línea de acción 1.2 sobre promover el uso y adopción de tecnologías avanzadas y fomentar la generación de capacidades del aparato productivo que impulsen la investigación, el desarrollo y la innovación (I+D+i). Con este fin, se contempla una acción del Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA) para realizar el acompañamiento a proyectos de base tecnológica para generar prototipos en nivel de madurez tecnológica TRL6, TRL7 y TRL8, que comienza su ejecución este año y finaliza en 2030²⁵.



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

Esta recomendación fue votada como la menos prioritaria en el corto plazo para afrontar las tendencias futuras en relación con la CTI en la encuesta de prospectiva (CPC, 2024). Sin embargo, el cierre de las brechas tecnológicas entre empresas, sectores y regiones podría incre-

mentar los niveles de innovación en Colombia. En particular, en el caso de muchas micro y pequeñas empresas, hay una oportunidad de más corto plazo para que la apropiación tecnológica con un foco grande en digitalización facilite los procesos de formalización y gerencia.

25. También se indica que el Ministerio de Salud y Protección Social (Minsalud) desarrollará una estrategia de asistencia técnica y administrativa para el diseño de proyectos de investigación y de transferencia tecnológica con factibilidad económica para el desarrollo de vacunas humanas con nuevas tecnologías en etapas entre TRL6 al TRL9. Finalmente, otra acción del Plan de Acción y Seguimiento (PAS) de este documento busca "generar iniciativas de formación especializadas en el uso de tecnologías para la innovación digital del sector productivo, que incluya el desarrollo de habilidades en tecnologías digitales emergentes" (DNP, 2024e), con un horizonte de cumplimiento de 10 años.



El sistema de vigilancia propuesto se enfoca en la demanda por tecnología en el sector productivo y sería complementario a la acción de diseñar e implementar una estrategia para el registro de necesidades específicas de I+D+i de los actores del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SNCTI) del documento CONPES 4069, “Política Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2022-2031”. Infortunadamente, no hay reporte de avance con corte a diciembre de 2023 de esta acción, pero aun así se cuenta con varias organizaciones en el país²⁶ que realizan este tipo de estudios sectoriales, los cuales permiten monitorear sectores y tecnologías, lo que representa un primer paso en esta dirección.

Considerando el acelerado cambio tecnológico que se observa hoy en día, es necesario que el sistema de vigilancia tecnológica propuesto también contemple las tecnologías emergentes que permiten potenciar al ser humano, al cliente, así como la adaptabilidad y reaccionar a la variabilidad, etc. En concreto, se deben considerar aquellas tecnologías de la rampa de la consolidación que llegan a la meseta de productividad de la curva de Gartner, al menos en el caso de Colombia, pues no podemos estar cerrando unas brechas tecnológicas anteriores y permitir abrir unas nuevas en el futuro²⁷.



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

Contar con una infraestructura de telecomunicaciones neutra para las áreas urbanas y rurales del país implica que “cualquier operador de telecomunicaciones pueda entregar una cobertura de servicios de banda ancha fija y alta velocidad a un mayor número de clientes, a través de un acceso abierto que permite el transporte de datos e Internet a través de fibra” (Porras, 2023). Esto resulta cada vez más relevante para conseguir una econo-

mía nacional movida por los datos, que son la información más valiosa para poder utilizar en los distintos tipos de tecnologías emergentes que se comienzan a usar en Colombia y a nivel mundial. El poder transformador de la digitalización en el país necesita estar enfocado en mejoras en equidad, inclusión de toda la población y mayor competitividad del país frente al mundo (ver capítulo de *Economía digital*).



Revisar y escalar la estrategia para la vinculación de doctores en empresas

En 2019 en Colombia tan solo 2,5 % de los investigadores trabajaba en las empresas, y el 95,7 %, en la academia, mientras que en la OCDE la cifra se ubicaba en 52,4 % (CPC, 2023)²⁸. Como recordábamos en el INC 2023-2024, es necesario que la vinculación de investigadores y el sector productivo esté mediada por la confianza, que los objetivos del trabajo sean claros y que la complementariedad

entre estos actores permita aprovechar las oportunidades que trae el futuro²⁹. Adicional a la vinculación, la movilidad del personal académico entre sectores de manera flexible y ágil es lo que se recomienda (Vélez, comunicación personal, 2024). Vale la pena ver las enseñanzas de la OCDE y de la Unión Europea, que cuentan con un plan para esto³⁰.

26. Se destacan organizaciones como [Octopus Force](#), [Discovery & Watch Solutions](#), la Superintendencia de Industria y Comercio (SIC), entre otras. Precisamente, el seguimiento de tecnologías y tendencias es una de las estrategias clave para aportar al cierre de brechas.

27. El objetivo 4 del documento CONPES 4085 de internacionalización precisamente busca “fortalecer el papel del ecosistema de innovación en la adopción y adaptación de la tecnología para incrementar la productividad y el desarrollo de nuevos mercados y productos” y llevaba un avance del 36,8 % respecto a las metas finales de las tres acciones que incluye (DNP, 2024d).

28. Es importante recordar que no todos los investigadores tienen el título de doctores (PhD), pero estas cifras permiten identificar un hecho estilizado sobre la vinculación a las empresas.

29. Valga la aclaración: esta recomendación habla solo de personas con PhD y conviene empoderar a todo aquel que está dispuesto a desarrollar ciencia aplicada de la mano de la empresa, no solo por el nivel de formación (Cardona, comunicación personal, 2024).

30. Sea esta recomendación la oportunidad para que Mineducación y las IES contemplen la posibilidad de que los doctorados en el país avancen hacia procesos de investigación con enfoque en la transferencia tecnológica como la figura de doctorado industrial, que existe en algunas naciones de Europa como Países Bajos, Alemania y España.



A la fecha no hay una evaluación del Decreto 1011 de 2020, que otorgaba un beneficio tributario para la vinculación de personal con título de doctorado al sector productivo³¹, que visibilice la utilización del instrumento. Si bien las bases del PND 2022-2026 plantean la necesidad de fortalecer “los programas nacionales de doctorado incrementando el relacionamiento del Gobierno y del sector privado” (DNP, 2023, p. 174), es necesario formular y ejecutar acciones concretas para vincular a los PhD en empresas de forma que puedan materializar proyectos de innovación de cara a las necesidades futuras que afrontará la

población en Colombia para alcanzar, por ejemplo, un envejecimiento saludable.

Es valioso en este contexto revisar los casos de estudio en el mundo en los que universidades y empresas han unido sus fuerzas y esfuerzos para enfrentar diferentes desafíos que se avecinan³². Por ejemplo, el [National Centre for Universities and Businesses](#) (NCUB) del Reino Unido tiene un grupo de trabajo sobre movilidad de los investigadores que busca comprender qué más debe hacer este país para aprovechar todo el potencial de sus investigadores, fomentando y posibilitando diversas carreras en los distintos sectores productivos (NCUB, 2023).

Remover las barreras de género en la ciencia desde la educación básica

Bello *et al.* (2021) señalan que las mujeres graduadas están sobrerrepresentadas en artes y humanidades, periodismo e información, ciencias sociales, y salud y bienestar a nivel global. Las cifras del Sistema Nacional de Información de Educación Superior (SNIES) para 2022 de las mujeres graduadas según área de conocimiento —sin importar el nivel de formación— muestran que la participación de esta población en ingeniería fue de 34,6 %, y en agronomía, veterinaria y afines ahora superan a los hombres (52,2 %). Esta proporción de mujeres se hace notar más en ciencias de la educación (65,7 %), ciencias de la salud (70,4 %) y economía, administración, contaduría y afines (64,5 %).

En conexión con lo anterior, la acción del documento CONPES 4069 de política nacional de CTI, sobre diseñar e implementar una

agenda de acciones “para reducir las barreras de género en la formación de capital humano y al interior [sic] de la comunidad científica”, había avanzado 10,6 % respecto a su meta final con corte al segundo semestre de 2023 y tiene un horizonte de cumplimiento es 2031. Sin embargo, antes de implementar esta agenda, urge tener indicadores para evaluar el éxito de la intervención, así como el cumplimiento de su objetivo principal³³.

Vale recordar que en el PAS del documento CONPES 4129 se incluyó una acción para “diseñar e implementar los centros de interés en ciencia, tecnología e innovación para fortalecer las vocaciones científicas en niños, niñas, adolescentes y jóvenes en el marco de la formación integral y la dotación tecnológica y de laboratorios STEM de Computadores para Educar”, que espera ejecutarse en el año 2024.

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

Conocer el impacto generado por programas y proyectos existentes de cofinanciación (*matching grants*) es el insumo que puede impulsar el escalamiento de estas iniciativas según la evidencia en términos de eficiencia y efectividad de los instrumentos. Los modelos de cofinanciación son una forma de alianza que permite disminuir los riesgos tecnológicos asociados a esfuerzos de innovación.

El PAS de la política nacional de CTI (CONPES 4069) contempla una acción sobre “rediseñar e implementar el instrumento 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” (DNP, 2024c). Dicho instrumento se encuentra en proceso de formulación, y existen actualmente me-

31. Decreto 1011 de 2020, por el cual se reglamenta el artículo 256-1 del Estatuto Tributario, adicionado por el artículo 168 de la Ley 1955 de 2019, y se adiciona el Capítulo 4 al Título 2 de la Parte 8 del Libro 1 del Decreto 1625 de 2016, Único Reglamentario en Materia Tributaria.

32. Respecto al desafío de envejecer saludablemente, la publicación [Adapting to the Age of Ageing](#) del NCUB (2024) expone diferentes casos de estudio del trabajo colaborativo entre universidad y empresas en el Reino Unido.

33. Minciencias ha venido implementado en sus instrumentos el enfoque diferencial en la formación del recurso humano. Dentro de ellos se establecen puntajes adicionales al enfoque diferencial y de género. Igualmente, ha realizado convocatorias específicas direccionadas a la formación de mujeres como las de Orquídeas “Mujeres en la Ciencia” 935-2023 y 948-2024 (Minciencias, comunicación personal, 2024).



canismos (convocatorias) que lo están impulsando (Minciencias, comunicación personal, 2024). En contraste, la acción del documento CONPES 4011, “Política Nacional de Emprendimiento”, sobre el diseño de una estrategia para la implementación de *matching*

grants en el financiamiento de emprendimientos innovadores y de base científica/tecnológica, está rezagada a pesar de que debería haber concluido en 2023, y su porcentaje de avance según la información más reciente de SisCONPES es de 70 % (DNP, 2024b).



Implementar el marco de inversión en investigación y desarrollo para lograr incrementar los recursos públicos hacia la I+D y la CTI, apropiando su rol transversal en los distintos sectores³⁴

Aunque en el proceso de elaboración de este capítulo no haya información disponible para los años 2022 y 2023 sobre la inversión en I+D como porcentaje del PIB en Colombia, es posible que no se aleje del nivel de 0,20 % observado en 2021. Si bien mayor inversión en I+D es una necesidad que se ha expresado desde hace décadas en el país y el anhelo de su financiación hace parte del escenario ideal para la CTI en un horizonte de 30 años según la encuesta del CPC (2024), elevar tales cifras requiere direccionalidad y claridad sobre lo que se busca con una mayor inversión.

Los resultados de la implementación del marco de I+D para los recursos públicos en el año de 2023 adelantados por el DNP muestran que solo 7 de los 30 sectores reportaron alguna inversión en I+D dentro de su presupuesto. Como mencionamos en ocasiones anteriores, si se busca estabilidad a la implementación

de este marco, es clave que los recursos del Presupuesto General de la Nación (PGN) para la implementación de la política de CTI de largo plazo no sean inferiores a los invertidos en la vigencia inmediatamente anterior. No estamos siendo consecuentes con los anhelos de que una sociedad del conocimiento en Colombia se forje y consolide.

Por lo tanto, deben considerarse las siguientes condiciones: (1) sensibilizar a las entidades para que en los trazadores de I+D en el PGN queden bien reportados y evitar así el subregistro; (2) sensibilizar acerca de proyectos en I+D para planeación presupuestal, y (3) reconocer que los ciclos de inversión en investigación pueden no ser lineales en todos los sectores dado que hay algunos más intensivos que otros (DNP, comunicación personal, 2024).



Incrementar el apalancamiento de contrapartidas en la asignación para CTI del Sistema General de Regalías (SGR)

En el INC 2023-2024 señalamos la necesidad de conocer si la participación del sector privado se ha incrementado luego de que se cambiara el esquema de ejecutores de proyectos de regalías permitiendo que cualquier actor del SNCTI fuese ejecutor³⁵ y después del decreto que habilitó el giro directo a ejecutores de proyectos del SGR³⁶. A la fecha no hay una evaluación específica al respecto, aunque, haciendo una revisión de la información disponible de los proyectos del Órgano Colegiado de Administración y Decisión (OCAD) del Fondo de Ciencia, Tecno-

logía e Innovación (FCTeI) disponible en Minciencias (2024c) para los bienios 2021-2022 y 2023-2024, solo COP 1 de cada COP 6,4 invertidos en la asignación de CTI del SGR era apalancado por los proponentes³⁷.

Relacionado con lo anterior, a partir de marzo de 2024 se habilitó la tipología D dentro de las convocatorias del SGR para CTI, en la que se eliminaron los módulos de necesidades e ingresos y beneficios para hacer más pertinente el proceso y que refleje las realidades del desarrollo de la investigación³⁸. También se pres-

34. Esta recomendación fue escogida como la segunda en orden de prioridad en los próximos cinco años para afrontar las tendencias futuras en relación con la CTI en Colombia según los resultados de la encuesta de prospectiva del CPC (2024).

35. Ley 1923 de 2018, “Por la cual se regula lo previsto en el parágrafo 5 del artículo 361 de la Constitución Política relativo a los programas y proyectos de inversión que se financiarán con recursos del fondo de ciencia, tecnología e innovación del sistema general de regalías”.

36. Decreto 625 de 2022, “Por el cual se adiciona y modifica el Decreto 1821 de 2020, Decreto Único Reglamentario del Sistema General de Regalías”.

37. Para el promedio de 2012-2020, este apalancamiento era aproximadamente de 1 a 5 de cada peso invertido en el antiguo fondo de CTI del SGR (CPC, 2023).

38. La socialización de esta tipología se puede ver en: <https://rb.gy/3yl6d9>.



cindió de la aplicación de la evaluación económica en el módulo de evaluación y se visibilizará únicamente la de flujos de costos. Además, el índice de gestión de proyectos de regalías (IGPR) para

la vigencia 2023 habilitó a 1.515 entidades (90,7 % de las evaluadas) para continuar aprobando proyectos del SGR de forma directa debido a su adecuado desempeño (DNP, 2024f).



Promover e impulsar emprendimientos de base científico- tecnológica (EBT), en línea con las tendencias mundiales de inversión de emprendimientos *deep tech*

Los EBT están creados “sobre la base de conocimientos con potencial innovador surgidos de actividades de I+D llevadas a cabo al interior de instituciones académicas y científico-tecnológicas; y de empresas, o en vinculación con ellas” (Kantis y Angelelli, 2020). Al respecto, vale aclarar que no son únicamente *spin-offs* universitarios y que buscan la conexión del conocimiento científico con el mercado. Se diferencian de los emprendimientos *deep tech* bajo el supuesto de que estos últimos buscan soluciones a problemas importantes de la humanidad pues son “soluciones basadas en avances tecnológicos radicales y descubrimientos científicos”.

En Colombia el DNP, iNNpulsa y Minciencias vienen adelantando esfuerzos para que desde el sector público se diseñen y ejecu-

ten acciones de forma integral, de cara a coordinar su desarrollo en el país, contribuir a solucionar sus dificultades de acceso a financiamiento (bajos niveles de colaterales) y la escasa sofisticación e innovación (sobre todo respecto a la gestión de propiedad intelectual, el alistamiento tecnológico y comercial y la transferencia tecnológica poco dinámica), teniendo en cuenta además que estos emprendimientos requieren apoyos en las fases iniciales de los que actualmente se carece. Incluso, en el proceso de reconocimiento de actores que realiza Minciencias se piensa introducir este nuevo actor en el ecosistema. Esta promoción debe ser validada en articulación con los EBT existentes con el ánimo de responder de manera efectiva a las necesidades desde la demanda, no solo ofreciendo instrumentos de desarrollo para estos EBT desde la oferta.



Vincular al sector empresarial en programas relacionados con la apropiación social del conocimiento (ASC) en el marco de la CTI

La ASC es una política que lleva en funcionamiento más de quince años (considerando la estrategia de ASC de 2010) y opera formalmente desde la [Resolución 0643 de 2021 de Minciencias](#). También se incluyó dentro de las bases del PND 2022-2026 y ha impactado a más de 121.000 colombianos en el territorio nacional (Minciencias, 2024b)³⁹. Asociar a los actores del ecosistema de CTI (como el sector productivo, el Estado, la academia y la sociedad civil) para apro-

vechar las oportunidades que brinda el futuro y enfrentar los desafíos que enfrenta la sociedad utilizando soluciones a partir de la CTI es una manera de alcanzar transformaciones que permitan mejoras en productividad y bienestar y beneficien a la sociedad civil. El programa Ideas para el Cambio ha funcionado en el pasado (CPC, 2021, 2022) para propiciar alianzas estratégicas que buscan resolver problemas locales y atender las grandes problemáticas del país⁴⁰.

39. Esta política aborda la conceptualización de las formas de acercamiento, pertinencia e importancia de los conocimientos científicos, tecnológicos y tradicionales para la sociedad. Parte de la perspectiva de incluir a los ciudadanos, no solo como consumidores de conocimiento e innovaciones, sino también como promotores y generadores de conocimiento para abordar necesidades e intereses locales (Minciencias, comunicación personal, 2024).

40. Tanto el programa Ideas para el cambio como A Ciencia Cierta están enfocados en trabajar con organizaciones de base que, en conjunto con grupos de científicos y expertos, articulan conocimientos para hallar soluciones a retos o fortalecer experiencias de manera contextual dentro de las regiones. Hasta la fecha, se han impactado 186 organizaciones en 26 departamentos del país (Minciencias, comunicación personal, 2024).



3

LA ESCALERA DE CAPACIDADES Y EL CICLO DE GARTNER

Ahora bien, ¿cuál es la apuesta creíble de un país con el nivel de desarrollo como el de Colombia? Hay dos marcos que podemos utilizar para resolver esta pregunta: por una parte, la escalera de capacidades de Cirera y Maloney (2020) y, por otra, el ciclo de Gartner.

En el primer marco, el conjunto de políticas para la innovación escogido responde a una combinación de diferentes instrumentos que se mezclan de acuerdo con el nivel de las capacidades tanto del sector privado o productivo como de las personas e instituciones que formulan las políticas, y según dicho nivel se priorizan las políticas de apoyo de modernización de las empresas (Maloney *et al.*, 2024). Tales capacidades aumentan gradualmente a lo largo de tres etapas de sofisticación del Sistema Nacional de Innovación (SNI) que constituyen el proceso de transición hacia la frontera tecnológica: (1) brindar apoyo a las capacidades de producción y gestión principalmente (SNI incipiente); (2) incrementar el apoyo a las capacidades tecnológicas (SNI en desarrollo); y

(3) expandir el apoyo a la invención y a las capacidades para crear nuevas tecnologías (SNI maduro).

De manera paralela, el segundo marco de análisis, la curva de Gartner, se presenta para alrededor de 25 tecnologías emergentes en la Ilustración 3, que contribuyen a la arquitectura empresarial e innovación tecnológica. Sus impactos en los negocios y en la sociedad se verían en un horizonte de 2 a 10 años y ayudarían a impulsar la transformación digital de los negocios (Perri, 2023b).

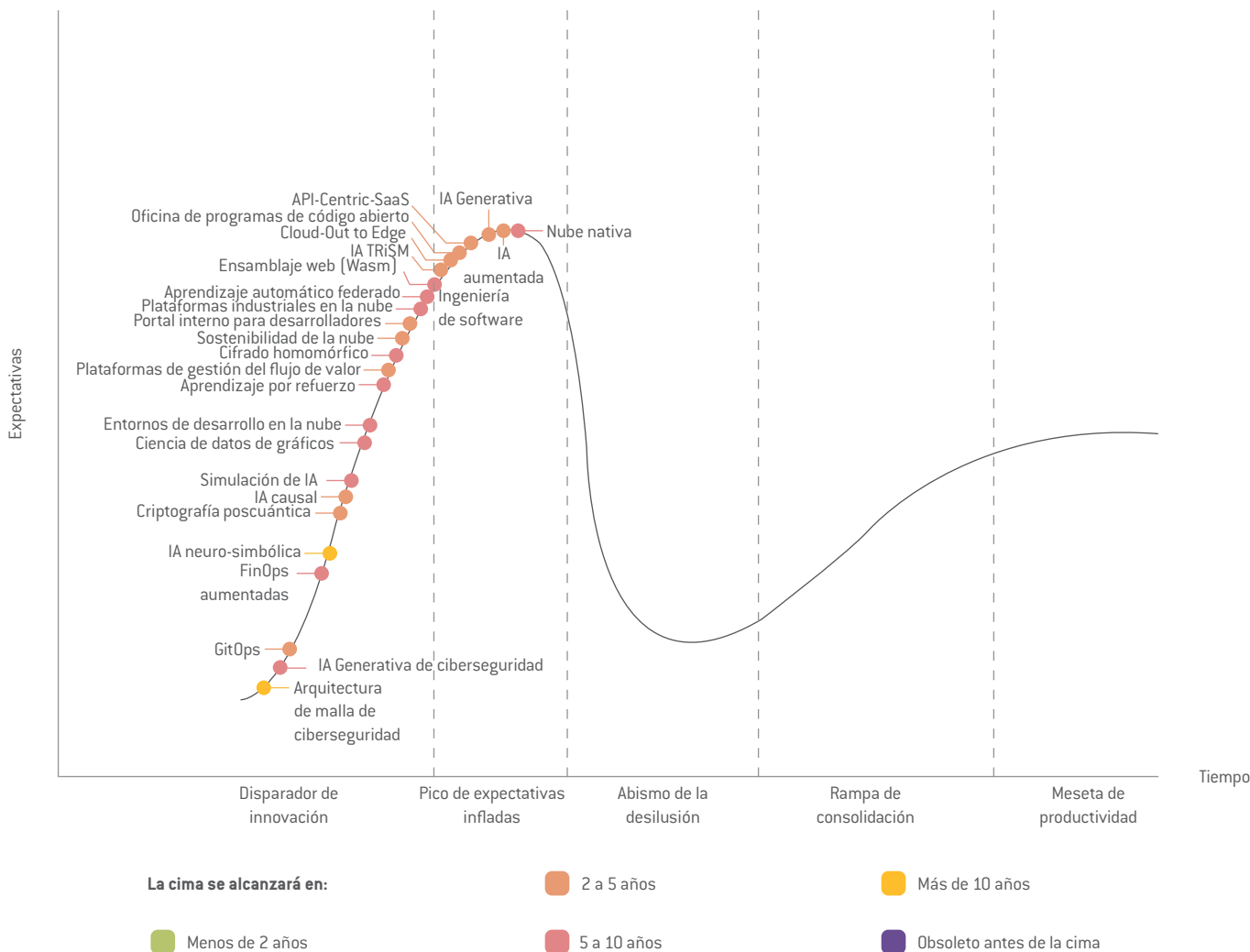
La curva de Gartner es “una representación gráfica de la madurez y adopción de tecnologías y aplicaciones, y de cómo son potencialmente relevantes para resolver problemas empresariales reales y explotar nuevas oportunidades” (Gartner, s. f.). Precisamente, esta metodología ha identificado cinco fases en el ciclo de vida de una tecnología: (1) lanzamiento o activador de la innovación; (2) pico de las expectativas sobredimensionadas; (3) abismo de la desilusión; (4) rampa de consolidación; y (5) meseta de productividad. Esta herramienta ayuda a entender riesgos y oportunidades de una innovación.



Ilustración 3. Ciclo de Gartner de tecnologías emergentes, 2023



La IA generativa y la IA han alcanzado el pico de expectativas infladas y entre 2 a 5 años alcanzarían la meseta de productividad en la curva de Gartner.



Fuente: Perri (2023b).

Colombia cuenta hoy con un SNI “en desarrollo” según la escalera de capacidades de Cirera y Maloney (2020), aunque también convive con características de un SNI incipiente ya que por ejemplo hay áreas, como el acceso a infraestructura y capacidades básicas en regiones más pobres y rezagadas del país, que hacen que el sistema sea frágil y

que no haya superado por completo el primer escalón de capacidades (Vélez, comunicación personal, 2024)⁴¹. De cualquier forma, en el SNI del país es clave conectar la industria con la academia, considerando en esta última los ecosistemas territoriales de CTI y los institutos y centros de investigación y desarrollo tecnológico como espacios clave.

41. La necesidad de infraestructura básica en regiones más apartadas del centro del país es conocida por todos. También, el acceso al capital de conocimiento está concentrado y solo una minoría a lo largo y ancho del país puede hacerlo. La infraestructura física de las universidades por fuera del centro es de bajo nivel o muy rezagada y requiere esfuerzos significativos para lograr avanzar a un estado más maduro (Vélez, comunicación personal, 2024).



Reiteradamente, hemos mencionado que esta interacción entre el sector productivo o industrial y la academia en Colombia es muy baja para la innovación. No obstante, en el INC 2023-2024 se rescataron algunos ejemplos de innovación a nivel empresarial, como la historia de Corona-Sumicol, así como otros de innovación abierta, que se ven reflejados en el *ranking* de Connect y 100 Open Startups. También se han destacado experiencias de innovación en el ecosistema a través de iniciativas como las redes de confianza de la ANDI en Cauca, Nariño y Bogotá. Sin embargo, la evidencia nos muestra que en Colombia necesitamos un empresario distinto, cuya formación de capital humano es clave para lograr transformaciones sociales que anhelamos con CTI.

En el país se necesita mejorar la calidad de la investigación, la innovación y la infraestructura de exportación, así como buscar desarrollar capacidades tecnológicas e incentivar proyectos de I+D. Así, ¿a dónde quisiera llegar Colombia en las próximas décadas? A

un SNI *maduro y funcional* en el que se tengan programas tecnológicos de investigación y desarrollo de largo plazo, se minimicen las brechas de innovación de líderes y rezagados, y se cuente con proyectos de innovación colaborativos (Cirera y Maloney, 2020).

Dados estos dos marcos, puede que la evolución observada de las tecnologías en Colombia no sea la de las fases 1 a 3 de la Ilustración 3 (cuando apenas están entrando al mercado las tecnologías). En cambio, a través de la apropiación y adopción de tecnologías que el mundo ya ha pensado podemos ubicarnos en el ascenso de esa rampa de consolidación para alcanzar la meseta de productividad, de manera que concentremos nuestros esfuerzos en su aprovechamiento efectivo. Por tanto, es relevante que se valoren los proyectos de adopción tecnológica en los que se adaptan al contexto nacional las tecnologías que ya han avanzado en su ciclo de maduración y pueden usarse en el corto plazo (Arboleda, comunicación personal, 2024).



LO QUE NOS HACE FALTA PARA SUBIR LOS PELDAÑOS DE LA ESCALERA DE CAPACIDADES

En este sentido, la pregunta que deberíamos hacernos es si el actual SNCTI y sus distintos tipos de actores, reconocidos y no reconocidos, son capaces de identificar cuáles son las vanguardias en el mundo para apropiárselas para la productividad⁴²; en otras palabras, es preciso determinar de qué forma el andamiaje existente en CTI en Colombia podría permitir: [1] por un lado, a las empresas, enchufarse en el proceso de innovar para la productividad; [2] por otra parte, a la academia, apropiarse de esa misión; [3] simultáneamente, a la sociedad, participar de ese proceso; y [4] quizás más importante, asegurar un compromiso público muy fuerte que continúe fondeando la investigación en ciencias básicas, considerando que estas son claves para una innovación revolucionaria. Los programas de misiones pueden contribuir a subir los peldaños de la escalera de capacidades y generar nuevas interrelaciones con actores (Minciencias, comunicación personal, 2024).

Aunque sea una forma muy cándida de decirlo, para tener una CTI que efectivamente potencie la productividad y la competitividad de Colombia y el desarrollo de la sociedad para elevar la calidad de vida y bienestar en el país, necesitamos un diálogo de los acto-

res que componen el ecosistema de CTI sin vanidades. Es decir, la academia (bien sean las universidades, los centros de investigación u otros) no son quienes tienen el monopolio del conocimiento; los empresarios no son los únicos con los pies en la tierra (también hay gente en la universidad y el Estado que enfrenta problemas reales), el Estado no es el único que mueve y toma decisiones; y la sociedad, por supuesto, debe estar presente, al ser la receptora por excelencia de las innovaciones que se lanzan (Aristizábal, 2024, comunicación personal). Todos hacemos parte del ecosistema que puede impulsar los cambios para que el SNI madure en las próximas décadas y logre la sofisticación que le permita a Colombia acercarse a la frontera tecnológica.

En este contexto, [GRIDx](#) puede funcionar como ejemplo de lo que se carece en Colombia. Este es quizá el principal [fondo de inversión de deep tech](#) y biotecnología en América Latina, y consiste en una fábrica de *startups* (*company builder*) que transforma el conocimiento científico y logra transitar al impacto considerando oportunidades presentes, proyectándose a su vez con el horizonte de crecimiento futuro, bajo la premisa de que es necesario que la población mundial

42. En el proceso de elaboración de este capítulo se publicó la [convocatoria de reconocimiento y medición de grupos de investigación, desarrollo tecnológico o innovación y para el reconocimiento de investigadores del SNCTI](#) (Resolución 0943 de 2024), que estará abierta durante tres meses hasta mediados de septiembre del año en curso. Los resultados preliminares se conocerán a mediados de diciembre, y los definitivos, terminando el primer trimestre de 2025.



acceda a este bienestar material (GRIDX, s. f.). GRIDX busca encontrar modelos atractivos para el capital, mientras procuran resolver algunos de los mayores problemas de la humanidad y logran equipos balanceados de *founders* científicos y *founders* de negocios.

Por otra parte, es útil aproximarnos al SNI de Colombia desde una óptica de ingeniería según la cual el comportamiento de un sistema depende de su estructura. Es decir, aunque estamos enfocados en detectar quién actúa mal y cómo solucionarlo, se deja al margen la estructura, sobre la cual también es necesario incidir; de lo contrario, ese comportamiento no va a cambiar ni a evolucionar para que Colombia logre acercarse a la frontera tecnológica (Aristizábal, 2024, comunicación personal). Específicamente, nos referimos a que los cambios que deben darse en el ecosistema de

formación (véase capítulo de *Educación*) sí son capaces de incidir en la estructura, de manera que el SNI en Colombia pueda responder efectivamente a las necesidades que emanan de la sociedad y le permitan elevar su productividad y bienestar.

Esto último indica que se requiere un cambio en la forma como se está educando a los colombianos para que su capital humano responda a los desafíos futuros, al que también se hizo referencia en el capítulo de *Educación*. Además, se necesita un ajuste en la estructura relacionado con el cambio en el liderazgo empresarial, el cual depende fundamentalmente de una convicción íntima de la gerencia empresarial de este país sobre la necesidad de hacer estas apuestas y los esfuerzos que implican (ver apartado de capacidades gerenciales en la quinta sección).



CAPACIDADES A NIVEL REGIONAL: ÍNDICE SUBNACIONAL DE EMPRENDIMIENTO (ISE)

En esta sección hemos analizado la escalera de capacidades de los sistemas nacionales de innovación de Cirera y Maloney, y es también relevante que profundicemos cómo se puede ver esta representación a nivel regional, considerando que existen capacidades diferentes entre regiones, departamentos o ciudades de Colombia. Esta variedad supone que se necesitan inversiones muy distintas en cada uno de estos niveles para responder a las necesidades allí imperantes.

Como consecuencia de lo anterior, el SNI colombiano tiene un rol diferente en cada región. Por tanto, el pilar de ecosistema innovador y generación de conocimiento del ISE, cuya primera versión se lanzó en abril de 2024 y fue elaborado por el CPC en asociación con la Universidad del Rosario (UR), iNNpulsa y la Fundación Bolívar Davivienda (FBD), puede ser una herramienta útil para este propósito.

En este pilar, el Distrito Capital ocupa la primera posición con un puntaje de 6,47, seguido por Manizales A. M. con 5,81 y Medellín A. M. con 5,28. Barranquilla A. M. se ubica sobre el promedio de este

grupo de 23 ciudades (2,7), y los últimos lugares los ocupan en su orden Cúcuta, Quibdó y Valledupar (Gráfica 5). Precisamente, “la generación de conocimiento soportada a través de la investigación y el registro de derechos de propiedad intelectual, sumada a un ecosistema que fomente la innovación, son fundamentales para promover las oportunidades de negocio en los emprendimientos en el mediano y largo plazo” (CPC *et al.*, 2024, p. 68).

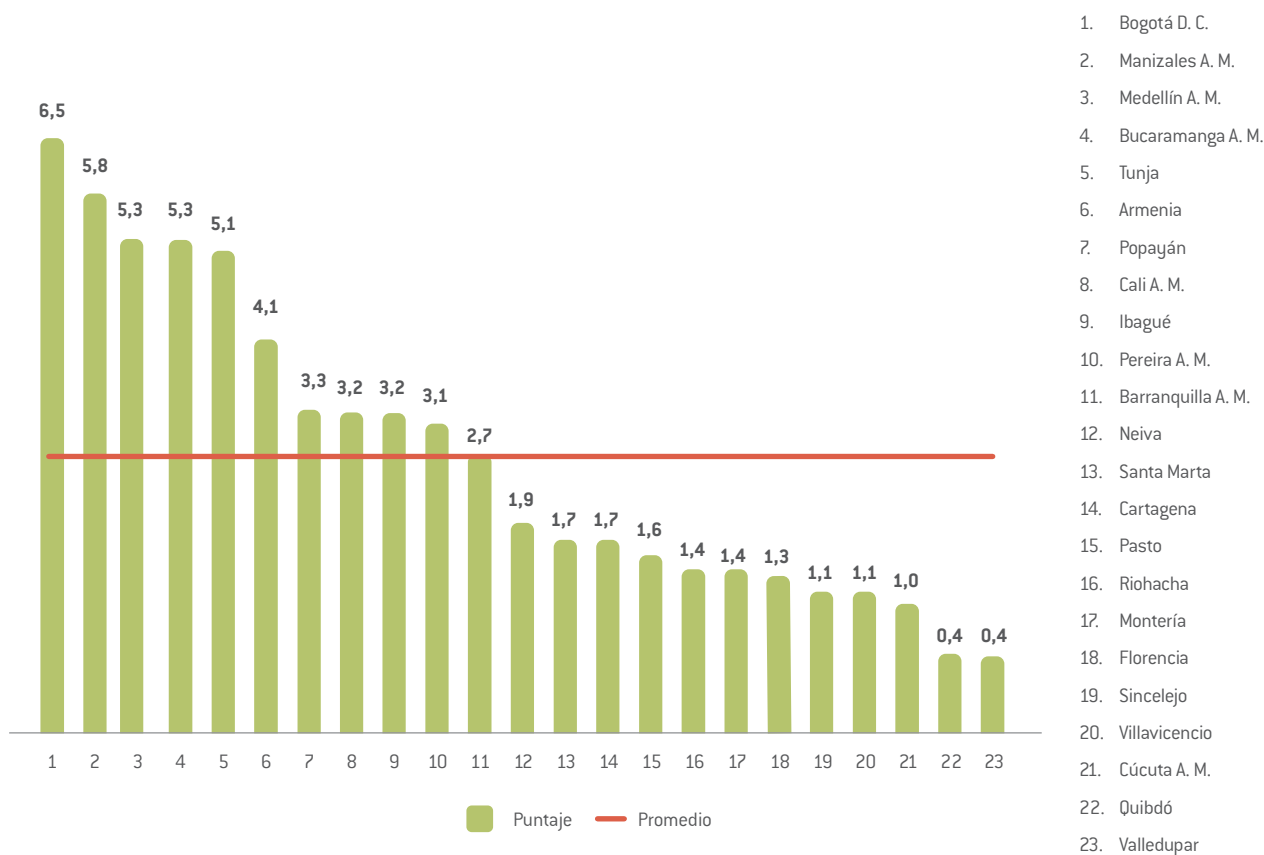
Este pilar lo componen dos subpilares en los que también se refleja la heterogeneidad regional en las capacidades para la innovación. Por una parte, en el de investigación, que contempla los indicadores de grupos de investigación, investigadores y gasto bruto en investigación y desarrollo, lidera la ciudad de Tunja, seguida de Bogotá D. C. y, en tercer lugar, Manizales A. M. Por otra parte, en el de registros de propiedad industrial, que incluye registros de patentes concedidas, de diseños industriales concedidos, de modelos de utilidad concedidos y de marcas, la ciudad de Armenia tiene el primer puesto, seguida de Bogotá D. C. y, en tercer lugar, Medellín A. M.



Gráfica 5. Pilar ISE: ecosistema innovador y generación de conocimiento



Bogotá D. C., Manizales A. M., Medellín A. M. y Bucaramanga ocuparon las primeras cuatro posiciones del pilar del ecosistema innovador del ISE.



Fuente: CPC *et al.* (2024).



RECOMENDACIONES



Nueva recomendación



Recomendación relacionada



Recomendación priorizada



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

El relacionamiento de la universidad-empresa mediado por la confianza es quizá una de las bases para que el SNI colombiano pueda convertirse en uno maduro, retomando la escalera de capacidades de Cirera y Maloney (2020). Dicha colaboración en un SNI en desarrollo como el actual en Colombia es incipiente, aunque no inexistente. De hecho, esta recomendación fue escogida en la encuesta de prospectiva del CPC (2024) como la que mayor prioridad debería tener en los próximos cinco años para afrontar las tendencias futuras en relación con la CTI en Colombia.

Las agendas de investigación, los acuerdos interinstitucionales o la certificación de laboratorios de universidades para la prestación de servicios a las empresas son vías para alcanzar la colaboración planteada. También se pueden considerar: la movilidad de talento, el codiseño y desarrollo de programas curriculares (ver capítulo de *Educación*), la generación de nuevas empresas (incluidas las empresas sociales), la coautoría de publicaciones, los consorcios de investigación⁴³, entre otros, (Vélez, comunicación personal, 2024).

Reiteramos el llamado a tener una hoja de ruta desde Minciencias y el Ministerio de Educación Nacional (Mineducación)

(con la participación del MinCIT, el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural [Minagricultura] y Ministerio de Salud y Protección Social [Minsalud], entre otros, en línea con el documento CONPES 4069 y teniendo en cuenta el CONPES 4129 de reindustrialización) sobre el relacionamiento con el sector productivo para la innovación⁴⁴. Este vínculo debería ser central para alcanzar las aspiraciones globales que tiene Colombia, así como para aprovechar las oportunidades que traen consigo las macro tendencias que abordamos en el INC.

Además, es necesario aprovechar los aprendizajes de instancias de coordinación como los comités universidad-empresa-Estado (CUEE). Por ejemplo, el NCUB del Reino Unido tiene un grupo de trabajo que surgió en la coyuntura del COVID-19 conformado por líderes empresariales y universitarios que evalúan cómo las alianzas pueden ser fortalecidas y maximizadas para impulsar el crecimiento y la prosperidad (NCUB, s. f.). También se pueden considerar alianzas y colaboraciones con universidades de otros países expertos en ciertas áreas específicas de acuerdo con las necesidades a las que se busca responder en línea con la diplomacia científica que se busca impulsar en el país.



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

Con corte a mayo de 2024, había 18 institutos públicos de investigación reconocidos por el Minciencias —5 en el sector salud, 3 en el sector ambiente, 2 en el agro y los 8 restantes divididos en diferentes sectores— cuya actividad principal es la investigación básica

y aplicada⁴⁵. Entretanto, de los 9 centros de desarrollo tecnológico que se concentran en la investigación aplicada y el desarrollo tecnológico, 3 estaban en el sector de industria [2 empresariales y 1 de alimentos], y los restantes 5, en sectores distintos.

43. De manera que se generen incentivos para que las empresas participen en la definición de la agenda académica desde la investigación.

44. Este relacionamiento pasa por revisar los incentivos ya que persiste el interés por publicar documentos en revistas indexadas, pero es necesario valorar los procesos de apropiación social del conocimiento, transferencia tecnológica e innovación con una mayor fuerza (Arboleda, comunicación personal, 2024).

45. En el documento CONPES 4129 se propone "crear líneas de investigación aplicada sectorial y regional, instituciones de educación y empresas de las industrias astillera, aeroespacial, militar y de tecnología para la defensa, y seguridad para la vida, así como, de sus cadenas productivas" (DNP, 2024e).



Incrementar capacidades científicas y tecnológicas y asegurar un financiamiento de base es clave para estos actores. Esto puede comenzarse a hacer en línea con las prioridades de política, bien sea de política orientada por misiones (POIM), la reindustrialización o incluso la reactivación que arrancó en el primer semestre de 2024. Además, esta labor debe ser complementada con el relacionamiento de los institutos de investigación y los centros de desarrollo tecnológico con ecosistemas de innovación de otros países a través de diplomacia científica e internacionalización.

En efecto, para lograr responder a las necesidades de la población colombiana en las próximas décadas, los institutos

de investigación y los centros de desarrollo tecnológico deben conectarse tanto a los requerimientos del sector productivo como a las necesidades de la sociedad misma. En ese sentido, el documento CONPES 4069 plantea diseñar y acompañar la implementación de una estrategia para fortalecer el ecosistema científico del país integrando a institutos y centros públicos de investigación. Esta acción ya se encuentra avanzada en un 95 % pues ya existe un documento resultado de una consultoría para avanzar con este propósito (Minciencias, comunicación personal, 2024)⁴⁶.



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

Para que el SNI en Colombia sea maduro y funcional (en línea con la escalera de capacidades de Cirera y Maloney), es necesario hacer un cambio en el ecosistema de formación como lo mencionamos en esta sección. Es preciso incorporar al currículo de los establecimientos educativos los aprendizajes, las competencias y las habilidades asociadas a los proyectos y la experiencia en investigación. Sin embargo, este proceso es responsabilidad de los establecimientos educativos en el marco de la autonomía institucional que dicta la Ley General de Educación, Ley 115 de 1991, en concordancia con los lineamientos y orientaciones curriculares dadas por Mineducación.

Infelizmente, con corte al segundo semestre de 2023, en el SisCONPES no hay reporte sobre el avance en la 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 [consejos departamentales de ciencia, tecnología e innovación] del país” del PAS del CONPES 4069. La meta anual que se había planteado para 2024 esperaba haber concluido el 56 % de esta acción.

No obstante, Minciencias, en respuesta a una acción incluida en el PAS del CONPES mencionado y en articulación con Mineducación, avanza en el diseño e implementación de centros de interés en CTI con enfoque STEM+ mediante la metodología del Programa Ondas. El objetivo es desarrollar habilidades de investigación y vocaciones científicas como parte de la formación integral de niños, niñas y adolescentes de educación preescolar, básica y media en el marco de las estrategias de ampliación y resignificación del tiempo escolar que se articulan con los proyectos educativos institucionales (PEI) y las propuestas curriculares de las áreas STEM (Minciencias, comunicación personal, 2024).

Es importante recordar que la Ley 2314 de 2023, aprobada en agosto de 2023, busca incentivar una política pública para “promover, incentivar y fortalecer la participación de niñas, adolescentes y mujeres en áreas de la Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas” (Función Pública, 2023). Por otro lado, se estimaba tener su decreto reglamentario en consulta pública en el segundo trimestre de 2024 según la [agenda regulatoria de Minciencias](#), pero a la fecha de elaboración de este capítulo aún no se ha publicado tal borrador.



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

La reforma a la educación, que pasaba a su cuarto debate en el Senado mientras se elaboraba este capítulo y luego quedó oficialmente hundida, debía ser el escenario perfecto para aprovechar y reformar el decreto que establece el régimen salarial y prestacional de los docentes de las

universidades públicas. Dicha norma, que es usada como referencia en muchas universidades privadas, se ha querido reformar desde hace más de dos décadas⁴⁷ debido a que la calidad de la educación superior está conectada con la productividad académica de los docentes.

46. Sin embargo, este avance no estaba reportado en SisCONPES a mediados de julio de 2024, cuando apenas había avanzado 5 % respecto a sus metas finales.

47. Decreto 1279 de junio 19 de 2002 de Mineducación, “Por el cual se establece el régimen salarial y prestacional de los docentes de las Universidades Estatales”.



Considerando que “la forma de medir la productividad académica en Colombia, su calidad e impacto en la producción científica debería estar alineada y fundamentada en métodos objetivos que son aceptados internacionalmente” (CPC, 2023, p. 510), se podrían incluir incentivos para tener una relación más fluida de la academia con el sector productivo, que además responda a las necesidades de la sociedad. De igual forma, convendría contemplar estímulos para fomentar la investigación básica y aplicada, y los licencia-

mientos y la creación de *spin-offs* y *startups* universitarios, incluso impulsando emprendimientos de base científica-tecnológica.

Mantilla (2019) señalaba que los puntos salariales adicionales que indica el decreto por las publicaciones estimularon la investigación, pero ese reconocimiento económico no hace parte de los presupuestos, lo cual genera un efecto perverso y contradictorio para las universidades. También reconoce la existencia de un sistema salarial sin techo que ha sido objeto de muchas polémicas y que urge reformar.

Fortalecer y escalar el esquema nacional de vouchers de innovación⁴⁸

Los instrumentos que se implementan para fomentar la innovación necesitan evaluarse para tener certeza sobre cifras y resultados de si se está logrando cumplir con el objetivo de dichos esfuerzos, para así escalarlos. Si bien con los cambios de gobierno algunos programas no se vuelven a incluir en la mezcla de instru-

mentos para la innovación, las lecciones aprendidas de programas como iNNpulsatec, que permitió la entrega de vouchers de innovación—sobre los niveles de los montos cofinanciados y el tipo de proyectos que se pudieron realizar o que están en curso—, deben conocerse, divulgarse y tenerse presentes para escalarlos.

Ejecutar acciones que impulsan el uso de la compra pública innovadora (CPI)⁴⁹

Por medio de la CPI el Gobierno logra contribuir a la generación de demanda por innovación. En este sentido, se requiere conocer desde la agencia Colombia Compra Eficiente los posibles efectos del decreto que promueve compras públicas de tecnología e innovación después de dos años de aprobado. Específicamente, se debe saber qué tanto se ha utilizado la medida, qué tipo de sectores la han utilizado y el tipo de proyectos que se han podido comenzar a ejecutar⁵⁰.

El desarrollo e implementación de una hoja de ruta para impulsar la CPI, que es una acción del documento CONPES 4069 y que concluye en 2025, había avanzado 35 % con corte al segundo semestre de 2023⁵¹ respecto a sus metas finales. Esa hoja de ruta debe estar acompañada de un monitoreo y seguimiento que per-

mita evidenciar los posibles impactos de las acciones resultantes. Además, en el documento CONPES 4129 quedó incluida una acción sobre elaborar una propuesta normativa de Compra Pública para la Innovación que facilite su uso como mecanismo para incrementar la inversión pública en I+D+i. Esta estrategia tendrá un enfoque en la mitigación de la aversión existente por parte de los servidores públicos hacia los mecanismos de Compra Pública para la Innovación (DNP, 2024e).

Aunque el instrumento ha estado habilitado desde 2014, no se ha podido masificar en el país. Por lo tanto, es importante conocer los resultados que surjan de la consultoría que se está realizando desde DNP con el apoyo de Colombia más Competitiva para comprender si el problema es regulatorio o no.

48. Los vouchers de innovación son “mecanismos de cofinanciación que vinculan a las empresas con proveedores de conocimiento, para prestar soluciones pertinentes a los retos en los procesos de innovación” (DNP, s. f.).

49. Este es uno de los instrumentos que permiten al Gobierno ser pionero y contribuir directamente como codesarrollador de tecnologías innovadoras (CPC, 2022).

50. 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 2069 de 2020 en lo relativo a la promoción de las compras públicas de innovación”.

51. Ligeramente rezagada frente a su meta anual de avance de 40 % de acuerdo con el reporte de SisCONPES consultado a principios de junio de 2024.



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

Las evaluaciones de resultados e impactos de los instrumentos para la CTI permiten tomar decisiones sobre escalar, reducir, potenciar o modificar las distintas herramientas y proyectos para poder contar con un *policy mix* más efectivo. En línea con ello, es fundamental aprovechar herramientas como [SisCONPES](#) para el seguimiento y monitoreo de los documentos CONPES, así como aprovechar los resultados del seguimiento y evaluaciones que adelanta [Sinergia](#) con el propósito de evidenciar la efectividad y el cumplimiento de las políticas y programas.

Desde el CPC reiteramos la importancia de la metodología de *Articulación para la Competitividad (ArCo)*, la cual se encuentra en su cuarto ciclo e incluye 21 sectores, 82 entidades dentro del Sistema Nacional de Competitividad de Innovación (SNCI) y

411 instrumentos. Además, se deben utilizar herramientas que se han dispuesto para el público como el portal Innovamos (<https://www.innovamos.gov.co/>), que consolida la oferta de más de 100 entidades públicas para facilitar el acceso de empresas, emprendedores y ciudadanos a los programas, convocatorias y oportunidades en materia de competitividad, emprendimiento y CTI, entre otras⁵².

Por último, la acción del documento CONPES 4069 sobre el 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” (DNP, 2021) avanzaba de acuerdo con sus metas intermedias y estaba al día con corte al segundo semestre de 2023.

52. En el portal es posible registrarse para recibir, visualizar e interactuar con las convocatorias publicadas allí.



4

INNOVACIÓN PARA LA PRODUCTIVIDAD: FACTOR COMPETENCIA

Innovación para la productividad significa, como lo hemos reiterado en ediciones anteriores de este capítulo, pensar en innovaciones que nos permitan ser más productivos y mejorar la calidad de vida de todos, lo cual se vuelve relevante en una visión de futuro en el que nos haremos más longevos como lo demuestra el ASP (DNP *et al.*, 2023). En particular, el informe más reciente revela que la esperanza de vida al nacer en Colombia en el año 2100 sería cercana a los 90 años, mientras que en 2023 se ubicaba en 77,5 años (DNP *et al.*, 2023)⁵³.

Maloney *et al.* (2024) recuerdan que la competencia empuja a que productores locales adopten nuevos productos y tecnologías que jalonan el crecimiento económico. Dichos autores identifican cuatro canales a través de los cuales la competencia afecta la productividad: (1) con mayor competencia, las empresas menos productivas salen del mercado; (2) en ausencia de competencia, las empresas pueden “operar a un costo mayor y optar por no adoptar las tecnologías más eficientes disponibles” (p. 44); (3) en los mercados con mayor competencia, la adopción de tecnología es más asequible y se amplía el espectro de su difusión para que las empresas puedan alcanzar mejoras en

eficiencia; (4) cuando hay menos competencia, las empresas abogan a menudo por “por políticas que redundan en menores presiones de competencia [y baja productividad]” (p. 44), las cuales incluyen la extracción de rentas⁵⁴.

Este llamado a la competencia que desde el CPC hacemos en esta sección —y que también hemos abordado en anteriores versiones del capítulo de CTI— no es un asunto exclusivo de Colombia, sino de la región. Precisamente, los márgenes de ganancia promedio que se observaron en América Latina entre 1987 y 2016 fueron más altos respecto a los de la OCDE y el resto del mundo (Gráfica 6).

Así, después del ciclo proteccionista que inició tras la caída de Lehman Brothers, se identifica cómo los márgenes de ganancia de la región comenzaron a converger: hacia 2014 se cruzaban con la línea de la OCDE, y en el año 2016 se encontraron con la línea punteada del resto del mundo. Concretamente, los cálculos de margen de ganancia para Colombia que calcula Maloney (Políticas Públicas, 2024) se ubican muy cercanos a los del promedio de América Latina, por debajo de Brasil y Perú, pero por encima de Venezuela, Argentina y Chile (Tabla 1). Según el autor, hay una evidencia de falta de competencia muy brutal.

Tabla 1. Márgenes de ganancia promedio, 1987-2016

País o región	Margen de ganancia promedio.
América del Sur	1,59
Perú	1,64
Brasil	1,61
Colombia	1,56
Venezuela	1,47
Argentina	1,45
Chile	1,39

Fuente: Maloney *et al.* (2024).

53. Los desafíos de política debidos al envejecimiento en términos de crecimiento, pobreza, gasto público en bienestar social y desigualdad de género ya han sido evaluados por Maloney *et al.* (2024). En el capítulo de *Protección social* se discuten también algunos de ellos.

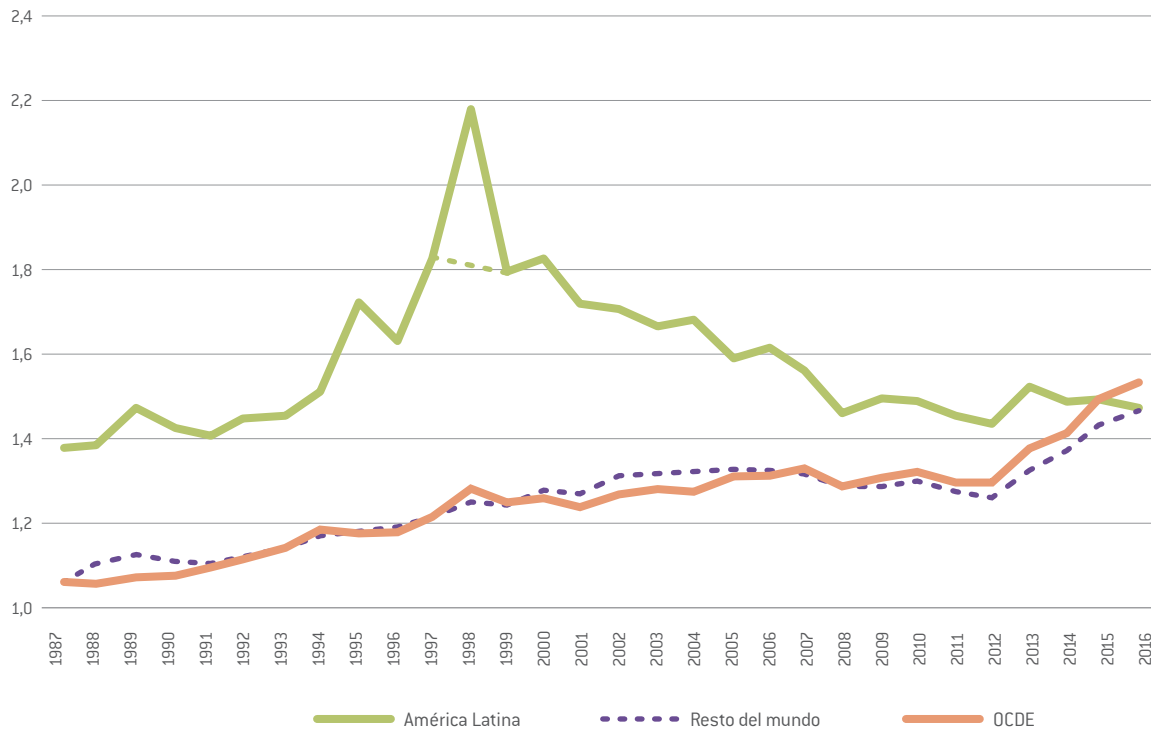
54. “Desearíamos llegar a un punto donde sea más rentable invertir en CTI y no pagar un lobby” (experto en sesión de apertura del capítulo de CTI, marzo de 2024).



Estos márgenes de ganancia (también presentes en Colombia) son susceptibles de reducirse con la penetración en el mercado de mayores competidores extranjeros que obligan a bajar precios. De esta manera las empresas se ven obligadas a mejorar su eficiencia para mantener su competitividad. El hecho de que en Colombia no haya suficiente competencia puede ser también el resultado de

una baja integración global, por lo que el país requiere un mejor y más fuerte inserción a las cadenas globales de valor (ver capítulo de *Internacionalización*). De otra forma, con una baja exposición, no podremos integrarnos al flujo del conocimiento a nivel mundial y, por tanto, tampoco será posible usar y apropiar el conocimiento que se genera y desarrolla en el mundo.

Gráfica 6. Márgenes de ganancia promedio, 1987-2016. América Latina, OCDE (1990) y resto del mundo



Nota: los márgenes de ganancia anuales promedio se calculan como los efectos fijos por año de una regresión lineal del margen de ganancia promedio por país, con efectos fijos por año y país. OCDE (1990) corresponde a los países que pertenecían a la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) en 1990. Resto del mundo corresponde a todos los países de la muestra que no forman parte de América Latina.

Fuente: Maloney *et al.* (2024).

Los cambios que deben darse a nivel de formación en el país, como se mencionó en la segunda sección, y de mentalidad-voluntad pueden habilitar las modificaciones necesarias a nivel de la estructura y hacer que el comportamiento de un sistema, como el SNI colombiano, realmente se afecte y experimente una transformación efectiva

que lo vuelva maduro y funcional en las próximas décadas. Así, con una mayor competencia y el motor de la innovación empresarial en Colombia funcionando a toda marcha, es posible empujar la distribución de la productividad hacia arriba, de manera que el porcentaje de empresas preparadas para competir a nivel internacional crezca⁵⁵.

55. América Latina "se vería beneficiada si logra aprovechar el potencial de sinergia entre la política de competencia y la política de innovación" (Maloney *et al.*, 2024, p. 70).



UNA MIRADA A LA CULTURA PARA LA INNOVACIÓN: CAPACIDADES GERENCIALES Y AMBIENTE DE CONTROL

Para comprender por qué en el tejido empresarial colombiano se innova poco, sin desconocer los avances existentes, el estudio que elaboraron el CPC y Swisscontact en 2021 continúa siendo vigente. Allí se identifican diferentes obstáculos a la innovación: de conocimiento, regulatorios, de mercado y financieros. Sin embargo, dicho trabajo no aborda otras limitaciones, como las culturales, para la

innovación, y por ello surge la necesidad de ser más granulares para entender por qué en el tejido empresarial no logramos aún tener la apropiación de la CTI que necesita Colombia. La primera apuesta del capítulo de *Desarrollo empresarial* de este informe es precisamente “fomentar una cultura de innovación y agilidad para responder a la velocidad del cambio tecnológico”.



CAPACIDADES GERENCIALES

Maloney *et al.* (2024) hacen énfasis en la importancia de la política de competencia para la innovación y se cuestionan por qué es tan escasa la innovación en América Latina y el Caribe cuando los beneficios potenciales de invertir en innovación son tan elevados. A este interrogante se le dan tres respuestas. En primer lugar, se señalan factores complementarios y colaboración institucional; luego, se mencionan prácticas de gestión gerencial y organizacional; y en tercer puesto se mencionan las capacidades de los Gobiernos.

En esta ocasión nos enfocaremos en la gestión gerencial y organizacional. Vale recordar que las bajas capacidades gerenciales a nivel empresarial hacen muchas veces que las empresas estén enfocadas en el corto plazo (tal como lo mencionamos en el capítulo de CTI del INC 2022-2023). Específicamente, existen algunas capacidades “fundamentales para incrementar la productividad y mejorar la calidad” (Maloney *et al.*, 2024). Por tanto, se requiere profundizar sobre las capacidades para la innovación (y subcapacidades asociadas) a nivel empresarial que permiten alcanzar mayor productividad y lograr mejoras en bienestar.

Delgado (2021), por ejemplo, plantea cuatro capacidades para la innovación principales: (1) *estrategia* (que comprende estrategia, visión, liderazgo, financiación); (2) *cultura* (que engloba gestión del conocimiento, gestión del talento, gestión de la innovación, crecimiento, redes), (3) *procesos* (que incluye: ideación, validación, escalamiento, inteligencia competitiva, disrupción); y (4) *instrumentos* (metodologías, herramientas digitales y automatización). Necesitamos un cambio en el entorno empresarial, y nos referimos al tejido empresarial completo, en el que alrededor de 98 % son microempresas.

Enfocarnos en la primera de estas capacidades, y en particular en el importante rol del liderazgo empresarial para la innovación, tiene también que ver con la voluntad y las ganas de hacer las cosas. Precisamente, el liderazgo y la capacidad de gerenciar una empresa permiten “anticiparse a los cambios y transformar los modelos de negocio, con una visión de creación de valor comparado e impacto positivo tanto para la sociedad como para el medio ambiente” (ver capítulo de *Desarrollo empresarial*).



AMBIENTE DE CONTROL Y AVERSIÓN AL RIESGO

Aparte de la importancia del liderazgo empresarial, otro obstáculo cultural sobre el que hemos discutido en ocasiones anteriores es la aversión al riesgo y el altísimo costo del fracaso en

la economía colombiana. Infortunadamente, en el país se castiga a diestra y siniestra lo que sale mal, y así no se investiga ni se innova en ningún sitio del mundo. El ambiente de control en



el país deja a los actores del ecosistema de CTI con frecuencia maniatados porque el esquema de incentivos no permite que las innovaciones florezcan.

Dicho de otra manera, el ambiente de control y de desconfianza no permite que en Colombia haya innovación y desarrollo. Si cada vez que algo sale mal castigamos, estamos olvidando que el error es una fuente de aprendizaje invaluable. Ver las equivocaciones como puertas de la innovación y de descubrimiento, buscando crear culturas de aprendizaje en lugar de culturas de perfección en donde los errores se evitan, sería una forma de potenciar la innovación en el país. “Si bien no todos los errores son brillantes, hay lecciones que se pueden aprender de casi todos los errores” (Schoemaker, 2012, p. 6).

De hecho, la aversión al riesgo existente en Colombia, e incluso el miedo a este y a la incertidumbre, es también un impedimento para el desarrollo científico ya que la propia legislación colombiana y el sistema de control hacen que el riesgo en la investigación desde el sector público sea prácticamente un delito. Específicamente, cuando una investigación no tiene el éxito previsto, se concluye que no se hicieron estudios necesarios para alcanzar tal objetivo, lo que se considera un crimen en términos de detrimento patrimonial (Wasserman, 2024). Por ende, valdría la pena “generar lineamientos que atenúen los riesgos gruesos de forma práctica

y contemplen alternativas a los procesos que carecen de éxito” (CPC, 2023, p. 494).

Esta situación es un freno tremendo en ciencias debido a que la investigación científica es por definición una actividad de riesgo; en caso contrario, esta actividad no podría generar efectos realmente radicales (Wasserman, 2024). Como señalábamos en el capítulo de CTI del INC 2023-2024, cuyo hilo conductor era la confianza, en la medida en que como sociedad no admitamos que la innovación conlleva algunos riesgos, que debe existir tolerancia al fracaso y que en lugar de propender a resultados, se debe velar por contar con procesos adecuados que aprendan de los fracasos, será imposible avanzar hacia una sociedad que, como dice el PND, esté “basada en el conocimiento” (CPC, 2023, p. 494).

En efecto, aprender del fracaso de la innovación ha sido reconocido como el caballo de batalla de la adquisición de conocimientos y la principal fuente de éxito futuro (Ahn *et al.*, 2005; Balasubramanian y Sivadasan, 2011; Castellion y Markham, 2013; Wang, 2023). Además, el fracaso de la innovación se ha considerado también como fuente de producción de conocimiento y crecimiento económico (Wang, 2023). En ese sentido, vale la pena recordar que una innovación que no sale bien no es lo mismo que un proceso de innovación mal ejecutado; es decir, un resultado *per se* no debería ser considerado como fracaso.



RECOMENDACIONES



Nueva recomendación



Recomendación relacionada



Recomendación priorizada



Fortalecer las capacidades gerenciales para generar más confianza, potenciar la innovación en las empresas colombianas y aprovechar el cambio tecnológico

Maloney *et al.* (2024) destacan que una de las razones para que no se innove en América Latina y el Caribe a pesar de que los potenciales beneficios de invertir en innovación sean tan elevados es la gestión gerencial y organizacional. El fortalecimiento de capacidades gerenciales para la innovación hace por ejemplo referencia a mejorar la habilidad para “responder a las condiciones del mercado, identificar nuevas oportunidades tecnológicas, desarrollar un plan para explotarlas y formar los recursos humanos necesarios” (p. 66). Además, las capacidades gerenciales no solo deben forjarse en los líderes de una empresa, sino en el personal en general.

Dicho fortalecimiento se puede lograr a través del programa de Fábricas de Productividad y Sostenibilidad, que busca transformaciones organizacionales en el tejido empresarial colombiano en

nueve líneas de servicio para incrementar productividad, competitividad, sostenibilidad y rentabilidad. Para mejorar y potenciar las capacidades gerenciales, es preciso que las empresas se apropien de la necesidad de construirlas, siendo conscientes del estado actual de ellas.

Además, las cámaras de comercio o los centros de productividad pueden orientar mayor esfuerzo en esta dirección dada la relevancia de la formación de los gerentes en el tejido empresarial colombiano. Relacionado con esto, en el PAS del documento CONPES 4129 se incluyó la acción sobre “diseñar un programa para el desarrollo de capacidades en tecnología e innovación, orientado a mejorar la productividad de unidades productivas y microempresas de la economía popular” (DNP, 2024e).



Medir de manera sistemática las capacidades gerenciales para la innovación a nivel nacional y regional

Actualmente, parecieran no estarse midiendo las capacidades gerenciales para la innovación en Colombia y necesitamos actualizar la información disponible. Diversos marcos conceptuales muestran la importancia de las capacidades para lograr alcanzar la apuesta de un sistema nacional de innovación maduro y funcional; por eso, necesitamos repetir el ejercicio hecho en Colombia en la EDIT hace algunos años. Además, para promover más conexión entre investigación científica y necesidades del mercado, se requiere conformar equipos que conozcan sobre el estado del alistamiento tecnológico para la innovación (TRL), y también del correspondiente alistamiento empresarial (BRL) y comercial para el mercado (CRL).

Entre el acervo de información producida por el DANE más reciente disponible a nivel empresarial al cierre de la edición de este capítulo figura la [EDIT](#) para el [sector servicios y comercio del bienio](#)

[2020-2021](#) y la [EDIT](#) de la [industria manufacturera del bienio 2019-2020](#). Asimismo, la última información de la [encuesta de I+D de 2021](#) fue publicada en diciembre de 2022. Una realidad ineludible al respecto es: lo que no se mide no se puede mejorar, y los datos para evaluarnos son la base para poder avanzar hacia el futuro. Por ello, este es un llamado adicional tanto a Minciencias como al DANE para la provisión de datos actualizados.

Incluso puede explorarse la posibilidad de realizar una encuesta anual sobre productividad, especialmente en pequeñas y medianas empresas, que recoja aspectos de gerencia y liderazgo, adopción de tecnologías y barreras de negocio. Esta es una tarea que debe ser ejecutada tanto desde el sector público como desde el privado a través de las asociaciones empresariales que tienen el músculo y capacidad operativa para ello.



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 los resultados de investigación (OTRI) promueven la transferencia de tecnología (TRL 6 al 9) y se encargan de emparejar “la demanda de tecnologías (necesidades y retos de las empresas) con la oferta (producción de las universidades y centros generadores de conocimiento)” (Minciencias, s. f.). Según los actores reconocidos por el Minciencias con corte a mayo de 2024, hay cinco OTRI en funcionamiento: en Antioquia (2), Valle del Cauca (1), Bogotá (1) y Cundinamarca (1), y pertenecen a universidades.

Estamos en mora de conocer el impacto que ha tenido la Red JOINN o Red Nacional de Transferencia Tecnológica, que está integrada por [CienTech](#), [Connect](#), [OTRI Estratégica de Oriente](#), [Reddi Colombia](#) y [Tecnova UEE](#). Solo una de estas OTRI se encuentra actualmente reconocida (mayo de 2024), Connect es precisamente un centro de innovación y productividad, y la política de reconocimiento no contempla aún varios roles asociados al mis-

mo actor (es posible que en la convocatoria que se está trabajando en el proceso de elaboración de este documento se introduzcan algunos ajustes). La necesidad de fortalecer este actor dentro del ecosistema de CTI se incluyó en el documento CONPES 4129 de reindustrialización con una acción sobre el diseño de una estrategia que aporte “a la consolidación de los ecosistemas regionales de innovación y a la generación de un mercado dinámico de transferencia de tecnología”. No obstante, debe considerarse no solo el diseño de la estrategia, sino también su implementación.

Por último, y no menos importante en el marco de esta recomendación, se debe mencionar el documento de consulta titulado [Guía para la transferencia tecnológica](#) (Minciencias, 2023b), que “incluye sugerencias relacionadas con la forma de identificar tecnologías con potencial de transferencia, medios, conflictos y aspectos a tener en cuenta, antes y durante el proceso de transferencia, acuerdos de transferencia y experiencias de actores reconocidos”.



Realizar ajustes necesarios a la normativa de los procesos y condiciones habilitantes para la producción del conocimiento y las ACTI para fomentar la investigación, la innovación y la comercialización de la I+D+i

Según el reporte de SisCONPES con corte al segundo semestre de 2023, la acción del documento CONPES 4069 de “definir e implementar una agenda regulatoria del sector CTI a corto y mediano plazo” parecería estar rezagada pues ha avanzado apenas 10 % y su ejecución finaliza en 2025. El marco regulatorio para desarrollar actividades de CTI está en mora de actualizarse como lo indicaban las bases del PND 2022-2026.

Sin embargo, la agenda regulatoria de Minciencias para 2024 no es muy ambiciosa en esta dirección⁵⁶, y prevalece el hecho de que existe cierta cantidad de regulaciones en el marco de la CTI que limitan la velocidad del mercado que se necesita. En línea con lo que se mencionaba en el apartado de ambiente de control y aver-

sión al riesgo de este capítulo, los entes de control deberían comprender que no alcanzar un resultado planteado no equivale a un detrimento patrimonial, por lo que se sugiere revisar la definición del riesgo asociado a la inversión en CTI en la regulación⁵⁷.

En este contexto, el documento CONPES 4129 incluye una acción sobre actualizar el marco regulatorio en CTI a cargo de Minciencias para “agilizar alianzas entre el sector público y privado y alianzas Universidad-Empresa-Estado-Sociedad para el fomento de la innovación en las cadenas productivas de las cuatro apuestas estratégicas de la Política de Reindustrialización” (DNP, 2024e), que esperaría concluirse en 2032⁵⁸. Es estratégico que el

56. Se esperan regular los comités de ética e investigación y comités de bioética del SNCTI, adoptar el código de integridad científica, reglamentar el artículo 171 del PND 2022-2026 sobre democratización de la ciencia, reglamentar la ley para la implementación de política pública para la promoción de participación de niñas, jóvenes y adolescentes en CTI y matemáticas, y regular el sistema de carrera administrativa del personal científico y tecnológico de las entidades públicas que integran el SNCTI (Minciencias, 2023a).

57. En el proceso de revisión externa de este documento a principios del segundo semestre de 2024 nos fue informado que se venía avanzando con el sector de CTI en la reglamentación de los artículos 107, 170, 171 y 258 del PND “Colombia, Potencia mundial de la vida”.

58. A la fecha de elaboración de este capítulo, se continuaba revisando la política de actores del SNCTI, así como el reconocimiento de investigadores y el modelo de medición de grupos de investigación. Se habían tenido algunas sesiones de trabajo con actores reconocidos y no reconocidos (en abril de 2024 tuvo lugar la sesión híbrida ReconóCT) y se contemplaba incluir un nuevo actor: empresa de base científico-tecnológica.



Minciencias defina mejor los incentivos para que estas instituciones perciban efectivamente el mayor beneficio de recibir un reconocimiento formal del Ministerio, más allá de recibir más puntos al

participar en convocatorias. Justamente, a mediados de junio de 2024 se publicó la convocatoria de reconocimiento de investigadores y reconocimiento y medición de grupos de investigación.



Impulsar programas de asesoría y apoyo de pequeñas y medianas empresas que aprovechan la amplia experiencia de expertos de talla mundial para potenciar su crecimiento

El cambio demográfico requiere que se aprovechen las capacidades de las personas que se encuentran hacia el final de su trayectoria laboral o ya la han culminado y tienen el conocimiento y experiencia para aportar y mejorar los procesos productivos a nivel empresarial. Un ejemplo de estos programas es el *Senior Expert Contact*, parte del Programa de Desarrollo de Swisscontact, cuyo objetivo es retribuir a la sociedad y busca conectar “empre-

sarios colombianos con ganas de crecer con expertos nacionales o internacionales que tienen el conocimiento y la trayectoria para detonar el crecimiento de sus negocios” (Swisscontact, s. f.). Esta iniciativa busca que la transferencia de capacidades, a través de un acompañamiento a la medida para solucionar los desafíos puntuales de la empresa, aumente su competitividad, crecimiento y empleos estables y bien remunerados.



SÍNTESIS DE RECOMENDACIONES EN MATERIA DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN



PRINCIPALES RECOMENDACIONES DEL CPC QUE HAN SIDO ACOGIDAS EN LOS ÚLTIMOS TRES AÑOS.

Recomendación	Año en el cual fue acogida	Impacto esperado/observado	Observaciones
Diseñar instrumentos de apoyo a la innovación en empresas basados en la demanda.	2021	En el marco de la metodología Articulación para la Competitividad (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 el Marco de Inversión en la ciencia, tecnología e innovación (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 actividades de CTI (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, y en el PND 2022-2026 se incluyó un artículo relacionado.	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 ACTI de manera sostenida hacia los niveles recomendados por la Misión de Sabios.	2021	La ejecución de las 59 actividades que hacen parte del Plan de Acción y Seguimiento (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 comprometieron recursos solo por tres años de acuerdo con el Marco de Gasto de Mediano Plazo. En 2022 no se logró la aprobación del documento CONPES de importancia estratégica que se estuvo trabajando durante algunos meses.
Promover la política de datos abiertos a través de la adopción de prácticas de ciencia abierta.	2022	La Política Nacional de Ciencia Abierta fue formalizada en agosto de 2022 a través de la Resolución 0777 de Minciencias. El artículo 170 del Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2022-2026 se relaciona con esta política.	La implementación de la política y del artículo 170 del PND esperaría contribuir a cerrar las brechas del conocimiento científico, tecnológico y de innovación 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.	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
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. Dicha estrategia debería incluir a las micro y pequeñas empresas e incluir las tecnologías emergentes y disruptivas de la cuarta revolución industrial (4IR).	MinCIT, Minciencias e iNNpulsa, DNP	Este sistema permitiría diseñar políticas que puedan ayudar a acelerar la adopción y convergencia a la frontera tecnológica a niveles sectorial y regional.
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 de 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.	MinTIC y Minciencias	La digitalización para la innovación es además fuente de mejoras en equidad, inclusión y competitividad en diferentes niveles.
Revisar y escalar la estrategia para la vinculación de doctores en empresas.	Facilitar la vinculación o aportes de profesionales con PhD en el sector productivo. Acercar los investigadores para responder de manera efectiva a las necesidades del sector productivo y a las oportunidades del futuro. A través las hojas de ruta de las cinco misiones se requiere identificar las áreas estratégicas y emergentes para la formación del capital humano altamente calificado de sectores clave para el desarrollo nacional.	Minciencias, instituciones de educación superior y sector productivo	Esta relación mediada por la confianza requiere que los objetivos del trabajo sean claros, alinear las expectativas y que la complementariedad entre estos actores permita aprovechar las oportunidades que trae el futuro.
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.



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 investigación y desarrollo (I+D) en empresas ante las dificultades de financiar proyectos de innovación con crédito o deuda.	Minciencias, iNNpulsa y SENA	Se requiere conocer la efectividad de estos instrumentos para escalarlos o modificarlos de ser necesario.
Implementar el Marco de Inversión en Investigación y Desarrollo para lograr incrementar los recursos públicos hacia la I+D y la CTI, apropiando su rol transversal en los distintos sectores.	Incrementar los niveles de inversión en I+D desde la administración pública y así dar estabilidad a su financiación.	Presidencia, DNP, Minhacienda, ministerios	Se necesita apropiar e impulsar la transversalidad de la CTI. Acoger las recomendaciones de la Misión de Sabios no es solo responsabilidad de Minciencias.
Incrementar el apalancamiento de contrapartidas en la asignación para CTI del Sistema General de Regalías (SGR).	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 reconocidos y no reconocidos.	Minciencias y DNP	La colaboración con actores internacionales y empresas privadas puede conducir a que las soluciones propuestas sean más fácilmente comercializables.
Vincular al sector empresarial en programas relacionados con la apropiación social del conocimiento (ASC) en el marco de la CTI.	Crear capacidades de innovación en un ambiente de coproducción y transferencia del conocimiento. Empoderar a las comunidades a través de la ASC en el marco de la CTI en el territorio para poder enfrentar desafíos futuros (e. g., cambio climático).	Minciencias y sector privado	Asociar a los actores del ecosistema de CTI para aprovechar las oportunidades que brinda el futuro puede transformar vidas en el territorio.
Fortalecer la relación universidad-empresa a través de alianzas público-privadas.	Tener un ecosistema de CTI que funcione como tal, donde la articulación de la academia y el sector productivo permita desarrollo de innovaciones que encuentran un mercado que las demanda. Asociar a los actores del ecosistema de CTI para aprovechar y hacer uso de los conocimientos que respondan a las necesidades y las oportunidades que brinda el futuro puede transformar vidas en el territorio.	MinCIT, Mineducación, Minciencias, Minagricultura, Minsalud, Ministerio de Minas y Energía (Minenergía), universidades públicas y privadas, y Asociación Colombiana de Universidades (Ascun)	Las agendas de investigación, los acuerdos interinstitucionales o la certificación de laboratorios de universidades para la prestación de servicios a las empresas son vías para alcanzar este propósito. También pueden incluirse el codiseño y el desarrollo de programas curriculares (ver capítulo de <i>Educación</i>) y de consorcios de investigación.



Recomendación	Impacto/costo de oportunidad	Actores involucrados	Observaciones
Fortalecer a los institutos de investigación y a los centros de desarrollo tecnológico (CDT) públicos y privados.	Incrementar la capacidad de investigación y generación de capital humano en los temas más relevantes para el país, que además responda a una mirada prospectiva y de tendencias futuras que impactarán a Colombia, medida por sus productos y resultados de investigación.	Minciencias, Minhacienda, entidades del SNCI y sector privado	Se debe asegurar el funcionamiento de los institutos públicos de innovación (IPI) a través de financiación adecuada y de un gobierno corporativo robusto.
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 impacten el ecosistema de formación y 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 Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SNCTI) sería acercar la realidad de las aulas a dichos actores.
Reformar los estímulos a la productividad académica para aumentar su calidad e impacto.	Dar incentivos a los investigadores para fortalecer sus lazos con el sector productivo y brindar estabilidad a la inversión de las instituciones de educación superior en investigación.	Mineducación y Minciencias	El sistema de evaluación y acreditación debe incluir elementos de impacto que miren más allá de las publicaciones y citaciones.
Fortalecer y escalar el esquema nacional de vouchers de innovación.	Movilizar recursos para financiar inversiones de innovación y tecnología.	MinCIT e iNNpulsa	Evaluar los programas existentes, aquellos recientemente suspendidos y los que se implementen en el futuro permitirá determinar qué tipo de impacto están generando, así como la eficiencia y la efectividad de la cofinanciación.
Ejecutar acciones que impulsan el uso de la compra pública innovadora (CPI).	Promover el desarrollo de soluciones innovadoras para los retos del Estado y contribuir desde el sector público a la demanda por innovación.	Colombia Compra Eficiente, DNP y Contraloría General de la República	El Decreto 442 de 2022 promueve la CPI. Se requieren difusión y sensibilización del instrumento de CPI y herramientas para un uso efectivo en los sectores público y privado.



Recomendación	Impacto/costo de oportunidad	Actores involucrados	Observaciones
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, MinCIT, iNNpulsa y SIC	Los resultados de las evaluaciones deben ser oportunos y estar disponibles para el público para libre consulta. Se debe hacer pedagogía con base en ellos.
Fortalecer las capacidades gerenciales para generar más confianza, potenciar la innovación en las empresas colombianas y aprovechar el cambio tecnológico.	La cultura organizacional de las empresas colombianas requiere una transformación en el liderazgo para que la innovación sea parte de su ADN.	MinCIT, Minciencias, sector productivo, asociaciones empresariales	Se necesita revisar capacidades y subcapacidades asociadas con estrategia, cultura, procesos e instrumentos.
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.	Facilitar la colaboración entre universidad y empresa a través de intermediarios que sean capaces de acercar efectivamente las demandas de estos dos actores sin dejar de lado a la sociedad.	Minciencias y Mineducación	Es pertinente hacer una evaluación de los logros alcanzados por la Red JOINN para validar si su función de transferencia necesita ajustes.
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 investigación, el desarrollo y la innovación (I+D+i).	Existen disposiciones regulatorias que no brindan seguridad jurídica para que más empresas inviertan en I+D. Revisarlas y ajustarlas permitirá hacer la investigación menos costosa y sumarles competitividad a las empresas colombianas. Los entes de control necesitan comprender y asimilar que no alcanzar un resultado planteado no equivale a un detrimento patrimonial.	Minciencias, MinCIT, DNP, Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales (DIAN), Invima y Contraloría General de la República (CGR)	Algunas de las áreas relacionadas para tener en cuenta son: la importación de equipos e insumos para la investigación, el licenciamiento y la certificación, y la transferencia de tecnología.
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.



Recomendación	Impacto/costo de oportunidad	Actores involucrados	Observaciones
<p>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.</p>	<p>Tener una hoja de ruta más clara del sector CTI que separe la formulación y la ejecución de políticas y además incorpore elementos de estabilidad y sostenibilidad. También, garantizar y asegurar un brazo implementador de la política de CTI.</p>	<p>Minciencias, Minhacienda, Función Pública, DNP y Presidencia</p>	<p>En enero de 2024 se publicó para comentarios el borrador de un proyecto de decreto relacionado⁵⁹. Sin embargo, no figura en la agenda regulatoria de 2024 de Minciencias.</p>
<p>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.</p>	<p>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.</p>	<p>Presidencia, DNP, Minciencias y entidades del SNCI</p>	<p>La metodología ArCo a nivel regional contribuiría a revisar instrumentos. Se requiere información actualizada a nivel departamental de los sistemas de innovación que operan actualmente.</p>
<p>Promover el uso de beneficios tributarios en CTI por parte de las pymes de base tecnológica.</p>	<p>Aumentar el uso de este tipo de alternativas para promover la inversión en CTI a lo largo y ancho del tejido empresarial colombiano.</p>	<p>DIAN, Minhacienda y Minciencias</p>	<p>La reforma tributaria de 2022 introdujo cambios sobre el instrumento que pueden haber afectado su utilización.</p>

59. "Por la cual se crea la Agencia para el Sector Ciencia, Tecnología e Innovación y se dictan otras disposiciones".



➔ **NUEVAS
 RECOMENDACIONES**

Recomendación	Impacto/costo de oportunidad	Actores involucrados	Observaciones
Adoptar y apropiar tecnologías emergentes y disruptivas en las empresas para agilizar procesos, mejorar eficiencia y potenciar productividad y competitividad.	Las distintas tecnologías de la 4IR son habilitadoras de productividad y competitividad para todo el tejido empresarial en el país sin importar su tamaño. Conocer las diferentes herramientas disponibles para potenciar el negocio puede lograr transformaciones para el futuro.	Minciencias, MinCIT, MinTIC, DNP, asociaciones empresariales y sector productivo	La brecha digital y la baja conectividad pueden ser obstáculos para una efectiva apropiación y adopción de tecnologías disruptivas.
Promover e impulsar emprendimientos de base científico-tecnológica (EBT), en línea con las tendencias mundiales de inversión de emprendimientos deep tech.	Estos nuevos actores del CTI operan bajo distintas lógicas a los actores tradicionales, y también enfrentan limitaciones. Buscan conexión del conocimiento científico con el mercado.	DNP, Minciencias e iNNpulsa,	En el proceso que adelanta Minciencias para lanzar una nueva convocatoria de reconocimiento de actores del SNCTI se está considerando incluir a las EBT.
Medir de manera sistemática las capacidades gerenciales para la innovación a nivel nacional y regional.	Tener información actualizada sobre las capacidades gerenciales para la innovación que permitan alcanzar la apuesta de un Sistema Nacional de Innovación (SNI) maduro y funcional. Esta es una labor tanto del sector público como del productivo.	Minciencias, DANE, DNP y asociaciones empresariales	A la fecha de elaboración de este capítulo no se contaba con información reciente de la Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica (EDIT).
Impulsar programas de asesoría y apoyo de pequeñas y medianas empresas que aprovechan la amplia experiencia expertos de talla mundial para potenciar su crecimiento.	Incrementar el crecimiento de pequeños y medianos empresarios a través de la asesoría personalizada de expertos de talla mundial de acuerdo con las necesidades y oportunidades de mejora identificadas.	Sector productivo y Asociación Colombiana de las Micro, Pequeñas y Medianas Empresas (Acopi)	Aprovechar las capacidades y la experiencia de expertos en diferentes sectores que quieren compartir su conocimiento adquirido y retribuir a la sociedad.



REFERENCIAS

- 1 Ahn, J. H., Kim, M. S. y Lee, D. J. (2005). Learning from the failure: experiences in the Korean telecommunications market. *Technovation*, 65, 69-82. [https://doi.org/10.1016/S0166-4972\(03\)00065-8](https://doi.org/10.1016/S0166-4972(03)00065-8)
- 2 ANDI. (2024). *Encuesta de Transformación Digital*.
- 3 Balasubramanian, N. y Sivadasan, J. (2011). What Happens When Firms Patent? New Evidence from U.S. Economic Census Data. *The Review of Economics and Statistics*, 93(1), 126-146.
- 4 Banco Mundial. (2024, 29 de mayo). *World Development Indicators*.
- 5 Castellion, G. y Markham, S. K. (2013). Perspective: New Product Failure Rates: Influence of Argumentum ad Populum and Self-Interest. *Product Innovation Management*, 30(5), 976-979. <https://doi.org/10.1111/j.1540-5885.2012.01009.x>
- 6 Cenía. (2023). Índice Latinoamericano de Inteligencia Artificial (ILIA). https://indicelatam.cl/wp-content/uploads/2023/09/ILIA-ESP_compressed.pdf
- 7 Cirera, X. y Maloney, W. F. (2020). *La paradoja de la innovación: Las capacidades de los países en desarrollo y la promesa incumplida de la convergencia tecnológica*. Ediciones Uniandes.
- 8 *Convocatoria Investigación para la toma de decisiones en salud mental en Bogotá*. (2024). <https://agenciaatenea.gov.co/convocatorias/convocatoria-investigacion-para-la-toma-de-decisiones-en-salud-mental-en-bogota>
- 9 CPC. (2021). *Informe Nacional de Competitividad 2021-2022*.
- 10 CPC. (2022, 17 de noviembre). *Informe Nacional de Competitividad 2022-2023*. <https://compite.com.co/informe/informe-nacional-de-competitividad-2022-2023/>
- 11 CPC. (2023). *Informe Nacional de Competitividad 2023-2024*. <https://compite.com.co/informe/informe-nacional-de-competitividad-2023-2024/>
- 12 CPC. (2024). *Resultados encuesta de prospectiva INC 2024-2025*.
- 13 CPC, Universidad del Rosario, iNNpulsa y Fundación Bolívar Davivienda. (2024). Índice Subnacional de Emprendimiento. <https://compite.com.co/indice-subnacional-de-emprendimiento/>
- 14 Del Río, A. (2020). *Incidencia de una estructura de gestión estratégica de proyectos de investigación en el incremento de capacidades organizacionales en facultades de administración* [Tesis doctoral, Universidad EAN]. <https://repository.universidadean.edu.co/handle/10882/10189>
- 15 Delgado, A. (2021). *Development of an innovation roadmap for Belize – Innovation Action Plan*. Banco Interamericano de Desarrollo (BID).
- 16 DNP. (s. f.). *Proyectos TIPO. 28 Vouchers de Innovación*. <https://proyectostipo.dnp.gov.co/images/pdf/Vouchers/PT-Vaucher.pdf>
- 17 DNP. (2021, 20 de diciembre). *Documento CONPES 4069 Política Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2022-2031*. <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Económicos/4069.pdf>
- 18 DNP. (2023, 5 de mayo). *Bases Plan Nacional de Desarrollo*. <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/portalDNP/PND-2023/2023-05-04-bases-plan-nacional-de-inversiones-2022-2026.pdf>
- 19 DNP. (2024a, 18 de abril). “CONPES sobre Inteligencia Artificial estará listo en agosto de 2024”: Alexander López, director de Planeación Nacional. <https://www.dnp.gov.co/Prensa/Noticias/Paginas/conpes-sobre-IA-estara-listo-en-agosto-de-2024.aspx>
- 20 DNP. (2024b, 6 de junio). *Documento CONPES – 4011*. <https://shorturl.at/nBIUO>
- 21 DNP. (2024c, 6 de junio). *Documento CONPES – 4069*. <https://shorturl.at/mH6UA>
- 22 DNP. (2024d). *Documento CONPES – 4085*. <https://shorturl.at/SwXNy>
- 23 DNP. (2024e, 7 de junio). *Documento CONPES – 4129*. <https://shorturl.at/8uuwl>
- 24 DNP. (2024f, 4 de abril). *Un total de 1.515 entidades podrán seguir aprobando y ejecutando proyectos del Sistema General de Regalías en 2024: DNP*. <https://www.dnp.gov.co/Prensa/Noticias/Paginas/un-total-de-1515-entidades-podran-seguir-aprobando-y-ejecutando-proyectos-del-sgr-2024.aspx>
- 25 DNP, Fondo de Población de las Naciones Unidas (UNFA), DANE, Minsalud y Cancillería. (2023). *ASP Colombia 2023. Análisis de Situación de Población*. https://colombia.unfpa.org/sites/default/files/pub-pdf/asp_completo_baja_compressed.pdf
- 26 Función Pública. (2023, 9 de agosto). *Ley 2314 de 2023. Por la cual se promueve la participación de niñas, adolescentes y mujeres en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas*. https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma_pdf.php?i=216390
- 27 Fundación Saldarriaga Concha y Fedesarrollo. (2023). *Misión Colombia Envejece*. <https://www.repository.fedesarrollo.org.co/handle/11445/4536>
- 28 Gartner. (s. f.). *Gartner Hype Cycle*. <https://www.gartner.com/en/research/methodologies/gartner-hype-cycle>
- 29 GRIDX. (s. f.). <https://www.gridexponential.com/>
- 30 Jaffri, A. y Khandabattu, H. (Eds.). (2024, 17 de junio). *Hype Cycle for Artificial Intelligence, 2024*. Gartner. <https://www.gartner.com/en/documents/5505695>
- 31 Kantis, H. y Angelelli, P. (2020). *Emprendimientos de base científico-tecnológica en América Latina: Importancia, desafíos y recomendaciones para el futuro*. BID. <http://dx.doi.org/10.18235/0002156>



- 32** Maloney, W., Garriga, P., Meléndez, M., Morales, R., Jooste, C., Sampi, J., Araujo, J. T. y Vostroknutova, E. [2024, 10 de abril]. *Informe Económico América Latina y el Caribe, Abril 2024: Competencia: ¿el ingrediente que falta para crecer?* Banco Mundial. <https://openknowledge.worldbank.org/entities/publication/3b61a-fbc-d799-4d78-8422-6d3c7934f832>
- 33** Mantilla, I. P. [2019, 1 de agosto]. *Los salarios sin techo en las universidades públicas*. El Espectador. <https://blogs.elespectador.com/actualidad/ecuaciones-de-opinion/los-salarios-sin-techo-las-universidades-publicas/>
- 34** Minciencias. [s. f.-a]. *Ciencias básicas y del espacio*. <https://minciencias.gov.co/mision-sabios/ciencias-basicas-y-del-espacio>
- 35** Minciencias. [s. f.-b]. *Oficinas de transferencia de resultados de investigación – OTRIS*.
- 36** Minciencias. [2022, 27 de mayo]. *Política Nacional de Ciencia Abierta*. https://minciencias.gov.co/sites/default/files/ckeditor_files/Documento%20consulta%20p%C3%BAblica%20-%20Pol%C3%ADtica%20Nacional%20de%20Ciencia%20Abierta%20%282%29.pdf
- 37** Minciencias. [2023a, 29 de diciembre]. *Agenda regulatoria 2024*. <https://minciencias.gov.co/planeacion-y-gestion/agenda-regulatoria>
- 38** Minciencias. [2023b]. *Guía para la transferencia de tecnología*. https://minciencias.gov.co/sites/default/files/271022_guia_para_la_transferencia_de_tecnologia.pdf
- 39** Minciencias. [2023c]. *Reconocimiento de actores*. https://minciencias.gov.co/portafolio/reconocimiento_de_actores
- 40** Minciencias. [2023d, 19 de septiembre]. *Tipología de proyectos calificados como de carácter científico, tecnológico e innovación. Versión 7*. https://minciencias.gov.co/sites/default/files/upload/paginas/documento_de_tipologia_de_proyectos_de_caracter_cientifico_tecnologico_e_innovacion_vr.07.pdf
- 41** Minciencias. [2024a]. *Datos abiertos*. <https://minciencias.gov.co/ciudadano/datosabiertos>
- 42** Minciencias. [2024b, 12 de marzo]. *MinCiencias ha impactado a más de 121.000 colombianos a través de la Política Pública de Apropiación Social del Conocimiento en el marco de la CTel*. <https://apropiaconsentido.minciencias.gov.co/42884/minciencias-ha-impactado-a-mas-de-121-mil-colombianos/>
- 43** Minciencias. [2024c, 28 de febrero]. *OCAD FCTel – SGR*. https://minciencias.gov.co/sgr/ocad_fctei?page=1
- 44** MinCIT. [s. f.]. *Abecé Política de Reindustrialización*. <https://www.colombiaproductiva.com/PTP/media/documentos/convocatorias/Solicitud%20de%20Informaci%C3%B3n%20ACDI/Anexo-2-ABCPolitica.pdf>
- 45** Misión de Sabios. [2020a]. *Colombia construye sus cimientos. Propuestas del Foco de Ciencias Básicas y del Espacio* (Vol. 4). https://www.minciencias.gov.co/sites/default/files/upload/paginas/-mision_de_sabios_ciencias_7-9-20doc.pdf
- 46** Misión de Sabios. [2020b]. *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
- 47** Misión de Sabios. [2020c, 20 de octubre]. *Propuestas y desafíos para la salud y la vida: una visión desde la misión. Propuestas del Foco de Ciencias de la Vida y de la Salud* (Vol. 6). https://www.minciencias.gov.co/sites/default/files/upload/paginas/ebook_propuestas_y_desafios_para_la_salud_una_vision_desde_la_mision_ok.pdf
- 48** NCUB. [s. f.]. *R&D Taskforce*. <https://www.ncub.co.uk/about/what-we-do/research-innovation/rd-taskforce/>
- 49** NCUB. [2023]. *Pathways to success*. <https://www.ncub.co.uk/wp-content/uploads/2021/07/NCUBs-Pathway-to-Success.pdf>
- 50** NCUB. [2024]. *Adapting to the Age of Ageing*. <https://www.ncub.co.uk/insight/adapting-to-the-age-of-ageing/>
- 51** OCDE. [2018]. *Manual de Frascati 2015. Guía para la recopilación y presentación de información sobre la investigación y el desarrollo experimental*. FEYCT. <https://doi.org/10.1787/9789264310681-es>
- 52** OCDE. [2024]. *OECD Data Explorer MSTI Main Science and Technology Indicators*. <https://shorturl.at/vilAU>
- 53** OCyT. [2024]. *Inversión en actividades de Ciencia Tecnología e Innovación – ACTI en Colombia*. <https://inversion.ocyt.org.co/>
- 54** PCAST. [2024]. *Supercharging research: Harnessing Artificial Intelligence to Meet Global Challenges*. https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2024/04/AI-Report_Upload_29APRIL2024_SEND-2.pdf
- 55** Perri, L. [2023a, 17 de agosto]. *What's New in Artificial Intelligence from the 2023 Gartner Hype Cycle*. Gartner. <https://www.gartner.com/en/articles/whats-new-in-artificial-intelligence-from-the-2023-gartner-hype-cycle>
- 56** Perri, L. [2023b, 23 de agosto]. *What's New in the 2023 Gartner Hype Cycle for Emerging Technologies*. Gartner. <https://www.gartner.com/en/articles/whats-new-in-the-2023-gartner-hype-cycle-for-emerging-technologies>
- 57** PEW. [2015]. *Basic Science Investment Improves U.S. Global Competitiveness*. https://www.pewtrusts.org/-/media/assets/2015/02/basic_science_and_innovation_final.pdf
- 58** Políticas Públicas. [2024]. *Políticas Públicas/Bill Maloney/Competencia: ¿El ingrediente que falta para crecer?* [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=B0-rM9zz7vc>
- 59** Porras, C. [2023, 11 de mayo]. *Conferencia: La importancia de las redes neutras y la fibra óptica al hogar*. <https://telecomunicaciones.uexternado.edu.co/conferencia-la-importancia-de-las-redes-neutras-y-la-fibra-optica-al-hogar/>
- 60** RICYT. [2024]. *Comparativos*. <http://www.ricyt.org/category/indicadores/>
- 61** Schoemaker, P. J. [2012]. *Brilliant Mistakes: Learning from Serendipity. Learning from Failure in Innovation: Turning Setbacks into Advantages* (pp. 6-9). Wharton University of Pennsylvania. <https://mackinstitute.com/>



wharton.upenn.edu/wp-content/uploads/2012/12/Learning-from-Failure_Full-Conference-Summary_Mack-Center.pdf

- 62** Schwab, K. (2016, 14 de enero). *The Fourth Industrial Revolution: what it means, how to respond*. <https://www.weforum.org/agenda/2016/01/the-fourth-industrial-revolution-what-it-means-and-how-to-respond/>
- 63** Swisscontact. (s. f.). *Senior Expert Contact Colombia*. <https://seniorexpertscolombia.org/>
- 64** Tessier-Lavigne, M. (2013). In Defense of Basic Science Funding: Today's Scientific Discovery Is Tomorrow's Medical Advance. *Cold Spring Harb Perspect Med*, 3(6). <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3662354/pdf/cshperspectmed-MED-a019554.pdf>
- 65** UN-DESA. (2024). *World Population Prospects 2024*. <https://population.un.org/wpp/>
- 66** Wang, T. (2023). Toward an understanding of innovation failure: The timing of failure experience. *Technovation*, 125. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2023.102787>
- 67** Wasserman, M. (2024, 23 de febrero). Evolución de la institucionalidad de la ciencia en Colombia [Videoconferencia].
- 68** WEF. (2024, 25 de junio). *Top 10 Emerging Technologies of 2024*. <https://www.weforum.org/publications/top-10-emerging-technologies-2024/>
- 69** Xposable Colsubsidio. (2024, 4 de julio). *Webinar | IA y su impacto en la innovación* [Video]. YouTube. https://www.youtube.com/watch?v=R-tYx1GGHy_0