

Documento CONPES

CONSEJO NACIONAL DE POLÍTICA ECONÓMICA Y SOCIAL
REPÚBLICA DE COLOMBIA
DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN

4069

POLÍTICA NACIONAL DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN 2022– 2031

Departamento Nacional de Planeación
Ministerio del Interior
Ministerio de Relaciones Exteriores
Ministerio de Hacienda y Crédito Público
Ministerio de Defensa Nacional
Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural
Ministerio de Salud y Protección Social
Ministerio del Trabajo
Ministerio de Minas y Energía
Ministerio de Comercio, Industria y Turismo
Ministerio de Educación Nacional
Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible
Ministerio de Vivienda, Ciudad, y Territorio
Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones
Ministerio de Cultura
Ministerio de Ciencia, Tecnología, e Innovación
Departamento Administrativo de la Función Pública
Departamento Administrativo para la Prosperidad Social
Departamento Administrativo Nacional de Estadística

Versión aprobada

Bogotá, D.C., 20 de diciembre de 2021

CONSEJO NACIONAL DE POLÍTICA ECONÓMICA Y SOCIAL CONPES

Iván Duque Márquez

Presidente de la República

Marta Lucía Ramírez Blanco

Vicepresidenta de la República

Daniel Palacios Martínez

Ministro del Interior

Marta Lucía Ramírez Blanco

Ministra de Relaciones Exteriores

José Manuel Restrepo Abondano

Ministro de Hacienda y Crédito Público

Wilson Ruíz Orejuela

Ministro de Justicia y del Derecho

Diego Andrés Molano Aponte

Ministro de Defensa Nacional

Rodolfo Enrique Zea Navarro

Ministro de Agricultura y Desarrollo Rural

Fernando Ruíz Gómez

Ministro de Salud y Protección Social

Ángel Custodio Cabrera Báez

Ministro del Trabajo

Diego Mesa Puyo

Ministro de Minas y Energía

María Ximena Lombana Villalba

Ministra de Comercio, Industria y Turismo

María Victoria Angulo González

Ministra de Educación Nacional

Carlos Eduardo Correa Escaf

Ministro de Ambiente y Desarrollo Sostenible

Jonathan Tybalt Malagón González

Ministro de Vivienda, Ciudad y Territorio

Carmen Ligia Valderrama Rojas

Ministra de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones

Ángela María Orozco Gómez

Ministra de Transporte

Angélica María Mayolo Obregón

Ministra de Cultura

Guillermo Antonio Herrera Castaño

Ministro del Deporte

Tito José Crissien Borrero

Ministro de Ciencia, Tecnología e Innovación

Alejandra Carolina Botero Barco

Directora General del Departamento Nacional de Planeación

Daniel Gómez Gaviria

Subdirector General Sectorial

Amparo García Montaña

Subdirectora General Territorial

Resumen ejecutivo

La *Misión internacional de sabios*, convocada por el Gobierno nacional en 2019, estableció las recomendaciones, misiones, y áreas estratégicas, para dirigir a Colombia hacia una sociedad del conocimiento y contribuir desde la Ciencia, la Tecnología, y la Innovación (CTI) a la transformación del modelo de desarrollo de país. Por tanto, es necesario actualizar la política nacional en CTI materializada en el Documento CONPES 3582 *Política nacional de ciencia, tecnología, e innovación*¹, aprobado en 2009, en ese sentido, con el fin de impulsar las acciones intersectoriales que establezcan las bases para su despliegue y desarrollo. Este documento presenta la *Política nacional de CTI 2022–2031*, que resulta estratégica para convertir a Colombia en uno de los tres países líderes de América Latina en CTI, así como para lograr que en 2031 el país invierta el 1 % de su Producto Interno Bruto (PIB) en investigación y desarrollo (I+D).

A pesar de los esfuerzos previos en la materia, la contribución de la CTI al desarrollo social, económico, ambiental, y sostenible, del país es limitada. Por lo anterior, el objetivo general de la política será incrementar dicha contribución con un enfoque diferencial, territorial, y participativo, para aportarle desde la CTI a los cambios culturales que promuevan una sociedad del conocimiento. Esta política fue diseñada adoptando las recomendaciones de la *Misión internacional de sabios*; los documentos de política previos relacionados; los marcos de política en CTI propuestos por Schot y Steinmueller (2018); la escalera de capacidades de Cirera y Maloney (2017), y los postulados de la innovación orientada por misiones de Mazzucato (2018).

Esta política busca incrementar la contribución de la CTI al desarrollo social, económico, ambiental, y sostenible, del país con un enfoque diferencial, territorial, y participativo, para aportar a los cambios culturales que promuevan la consolidación de una sociedad del conocimiento. Para lo anterior, se plantean acciones dirigidas a consolidar los sistemas nacionales y regionales de CTI a través de la dinamización de la producción y transferencia de conocimiento a la sociedad colombiana, así como del fortalecimiento de los procesos de investigación y creación.

La política establece siete ejes estratégicos que son transversales a las misiones emblemáticas y los focos estratégicos de la *Misión internacional de sabios*, que se enfocan en: (i) fomentar el talento y el empleo en CTI; (ii) mejorar la generación de conocimiento; (iii) aumentar la adopción y la transferencia de tecnología; (iv) incrementar la apropiación social del conocimiento; (v) aumentar el uso de las potencialidades regionales, sociales, e

¹ Disponible en: <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3582.pdf>.

internacionales; (vi) mejorar la dinamización del Sistema Nacional de CTI (SNCTI), e (vii) incrementar y optimizar la financiación en CTI.

La política se implementará en el periodo 2022–2031 y tendrá un valor indicativo de 1.154.099 millones de pesos para el desarrollo de las acciones habilitantes y de gestión que contempla. A lo anterior, se suma la financiación para CTI correspondiente a *Beneficios tributarios*² y la proveniente de la asignación para la CTI del Sistema General de Regalías (SGR) para inversiones por más de 30 billones de pesos en los próximos diez años. La combinación de estas fuentes de financiación busca lograr dos objetivos complementarios, el primero es incrementar de forma sostenida la financiación de la Investigación y Desarrollo (I+D) y el segundo es garantizar el desarrollo de la política en el mediano y largo plazo. Además, su implementación contempla la participación activa de diferentes entidades del Gobierno nacional como el Ministerio de Ciencia, Tecnología, e Innovación; el Ministerio de Comercio, Industria, y Turismo; el Departamento Nacional de Planeación (DNP) y el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), entre otras.

Clasificación: O25, O30

Palabras clave: ciencia, tecnología, innovación, investigación, conocimiento.

² Artículos 168, 170 y 171 de la Ley 1955 de 2019.

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	10
2. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN	11
2.1. Antecedentes.....	11
2.2. Justificación.....	16
3. MARCO CONCEPTUAL	18
4. DIAGNÓSTICO.....	26
4.1. Insuficiente desarrollo de vocaciones STEAM; formación, y vinculación de capital humano en CTI	27
4.2. Débil entorno habilitante para la generación de conocimiento	31
4.3. Bajo uso del conocimiento.....	35
4.4. Baja apropiación social del conocimiento.....	40
4.5. Insuficiente uso de las potencialidades regionales, sociales, e internacionales, en la generación y uso del conocimiento	42
4.6. Baja dinamización del SNCTI.....	45
4.7. Insuficiencia en el volumen, la eficiencia, y la evaluación, de la financiación, de la CTI	47
5. DEFINICIÓN DE LA POLÍTICA.....	52
5.1. Objetivo general	52
5.2. Objetivos específicos.....	52
5.3. Plan de acción.....	53
5.3.1. Estrategia para incrementar las vocaciones científicas en la población infantil y juvenil, la formación en CTI, y la vinculación del capital humano relacionado en el mercado laboral, para cerrar las brechas de talento humano, fortalecer el capital humano en CTI del país, y aumentar la inserción y la demanda de doctores en el sector productivo.....	53
5.3.2. Estrategia para mejorar la capacidad de generación de conocimiento científico y tecnológico, la infraestructura científica y tecnológica, y las capacidades de las IGC y de las entidades de soporte, para aumentar la calidad e impacto del conocimiento en la sociedad.....	55
5.3.3. Estrategia para mejorar las capacidades y condiciones para innovar y emprender, la transferencia de conocimiento y tecnología hacia el sector productivo y la sociedad en general, así como las condiciones para favorecer la adopción de tecnologías e incrementar los niveles de innovación y productividad del país	58

5.3.4.	Estrategia para fortalecer los procesos de inclusión, impacto, y cultura de CTI y la comunicación pública del quehacer científico y de la CTI, para lograr un cambio cultural en la sociedad colombiana a través de la valoración y apropiación social del conocimiento.....	59
5.3.5.	Estrategia para aumentar la inclusión social en el desarrollo de la CTI, las capacidades regionales en CTI y la cooperación a nivel regional e internacional, para consolidar el SNCTI y los sistemas regionales de innovación	61
5.3.6.	Estrategia para mejorar la articulación institucional, el marco regulatorio y la capacidad de inteligencia e información estratégica en CTI para mejorar la dinamización, gobernanza y relacionamiento de actores del SNCTI	63
5.3.7.	Estrategia para incrementar la financiación de la CTI; mejorar su eficiencia y eficacia, y su monitoreo y evaluación, para incrementar el alcance y la optimización de las inversiones en CTI	67
5.4.	Seguimiento.....	69
5.5.	Financiamiento	70
6.	RECOMENDACIONES	73
	GLOSARIO	79
	ANEXOS.....	81
	Anexo A. Plan de Acción y Seguimiento (PAS)	81
	Anexo B. Contexto de cada eje de la política	82
	BIBLIOGRAFÍA	91

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Resumen de los marcos conceptuales que han soportado las políticas de CTI	23
Tabla 2. Cronograma de seguimiento.....	69
Tabla 3. Financiamiento indicativo de la política por entidad.....	70
Tabla 4. Financiamiento indicativo de la política por objetivo.....	71

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Proporción de matriculados en programas universitarios en áreas de matemáticas; ciencias, y estadística.....	28
Gráfico 2. Investigadores por sector de vinculación en 2017 ^(a)	30
Gráfico 3. Porcentaje de países superados por Colombia en el GII durante el período 2013–2020 (%).....	36
Gráfico 4. Colaboración universidad-empresa 2014-2020	38
Gráfico 5. Asignación porcentual de recursos destinados a validación de conceptos o validación de prototipos en el marco de la CTI 2010-2018.....	39
Gráfico 6. Penetración de tecnologías en empresas colombianas en 2017	40
Gráfico 7. Inversión histórica en I+D como proporción del PIB (%)	48
Gráfico 8. Presupuesto para CTI en entidades del orden nacional, según tipología de instrumento de financiación ofertado	50

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Relación entre ciencia, tecnología e innovación.....	19
Figura 2. Conceptualización de la presente política de CTI	26
Figura 3. Estructura del SNCTI	87
Figura 4. Articulación del SNCTI con otros sistemas nacionales.....	88

ÍNDICE DE MAPAS

Mapa 1. Resultados del IDIC, 2020	44
---	----

SIGLAS Y ABREVIACIONES

ACTI	Actividades de Ciencia, Tecnología e Innovación
Arco	Metodología de Articulación para la Competitividad
Bancóldex	Banco de Comercio Exterior de Colombia
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
Codecti	Consejos Departamentales de Ciencia, Tecnología e Innovación
Colciencias	Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación
CONPES	Consejo Nacional de Política Económica y Social
CTI	Ciencia, Tecnología e Innovación
DANE	Departamento Administrativo Nacional de Estadística
DNP	Departamento Nacional de Planeación
EDIT	Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica
Fedesarrollo	Fundación para la Educación Superior y el Desarrollo
GII	Índice Global de Innovación
I+D	Investigación y Desarrollo
I+D+i	Investigación, Desarrollo e Innovación
IDIC	Índice Departamental de Innovación para Colombia
IES	Instituciones de Educación Superior
IGC	Instituciones Generadoras de Conocimiento
Mipymes	Micro, pequeñas y medianas empresas
OCDE	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos
ODS	Objetivos de Desarrollo Sostenible
PAED	Planes y Acuerdos Estratégicos Departamentales
PAS	Plan de Acción y Seguimiento
PDP	Política de Desarrollo Productivo
PGN	Presupuesto General de la Nación
PIB	Producto Interno Bruto
PISA	Programa Internacional para la Evaluación de Estudiantes
PND	Plan Nacional de Desarrollo
POM	Políticas Orientadas por Misiones
Ricyt	Red Iberoamericana de Indicadores de Ciencia y Tecnología
SGR	Sistema General de Regalías
SINA	Sistema Nacional Ambiental
Sinergia	Sistema Nacional de Evaluación de Gestión y Resultados
SNCI	Sistema Nacional de Competitividad e Innovación

SNCTI	Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación
STEAM	Ciencia, Tecnología, Ingeniería, Arte y Matemáticas
STEM	Ciencia, tecnología, ingeniería, y matemáticas
TIC	Tecnologías de la Información y las Telecomunicaciones
WIPO	Organización Mundial de la Propiedad Intelectual

1. INTRODUCCIÓN

A pesar de los avances recientes del país en Ciencia; Tecnología, e Innovación (CTI), esta contribuye de manera limitada a su desarrollo social, económico, ambiental, y sostenible. En 2021, el país ocupó el puesto 67 entre los 132 evaluados en el Índice Global de Innovación (GII)³ situándose por debajo de otros países de América Latina como Chile, México, Costa Rica, Brasil, y Uruguay (WIPO, 2021). Adicionalmente, en el último quinquenio el país invirtió en promedio el 0,29 % de su Producto Interno Bruto (PIB) en Investigación y Desarrollo (I+D), lo que le sitúa por debajo del promedio de los países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) (2,35 %) y de los países de América Latina y el Caribe (0,73 %) (OCDE, 2021; Banco Mundial, 2020).

La CTI es crucial para atender los retos sociales, ambientales, y económicos, de las sociedades modernas (Schot & Steinmueller, 2018; Perez, 2014). La nueva realidad generada por el COVID-19 expone la relevancia de la CTI para responder efectivamente a los retos que tenemos como país (Banco Interamericano de Desarrollo [BID], 2020). Además, la CTI es un factor fundamental para el crecimiento económico de largo plazo (Fagerberg & Verspagen, 2002), así como un vehículo crucial para favorecer el cambio tecnológico de los países, y de esta forma, mejorar el bienestar social y mover la frontera de productividad global (OCDE, 2018).

Este documento presenta la política nacional de CTI 2022–2031, que parte de los lineamientos de la *Misión internacional de sabios* y de otras políticas relacionadas con CTI aprobadas por el Consejo Nacional de Política Económica y Social (CONPES). Dentro de tales políticas se encuentran el Documento CONPES 3866 *Política nacional de desarrollo productivo*⁴; el Documento CONPES 3934 *Política de crecimiento verde*⁵; el Documento CONPES 3975 *Política nacional para la transformación digital e inteligencia artificial*⁶; el Documento CONPES 3920 *Política nacional de explotación de datos (Big Data)*⁷; el Documento CONPES 4005 *Política nacional de inclusión y educación económica y financiera*⁸; el Documento CONPES 4011 *Política nacional de emprendimiento*⁹; el Documento CONPES 4023 *Política para la reactivación, la repotenciación y el crecimiento*

³ GII por las iniciales de su nombre en inglés *Global Innovation Index*.

⁴ Disponible en <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3866.pdf>.

⁵ Disponible en <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3934.pdf>.

⁶ Disponible en <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3975.pdf>.

⁷ Disponible en <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3920.pdf>.

⁸ Disponible en <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/4005.pdf>.

⁹ Disponible en <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/4011.pdf>.

*sostenible e incluyente: Nuevo compromiso por el futuro de Colombia*¹⁰; más de diez documentos previos de política relacionados con CTI, y el Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2018-2022 *Pacto por Colombia, pacto por la equidad*¹¹ expedido mediante la Ley 1955 de 2019¹².

El objetivo de esta política es incrementar la contribución de la CTI al desarrollo social, económico, ambiental, y sostenible, del país, con un enfoque diferencial, territorial, y participativo. De modo que, gracias a los cambios culturales que promueve, este incremento a su vez permitirá que la CTI contribuya a la consolidación de una sociedad del conocimiento. Para ello, la política plantea acciones en siete ejes estratégicos, ocho principios, y tres enfoques, que fueron contruidos a partir del análisis de documentos previos de política de CTI y de los comentarios de los actores del Sistema Nacional de CTI (SNCTI). De los siete ejes estratégicos, cuatro son constitutivos del SNCTI, a saber: (i) el fomento a vocaciones y empleo en CTI; (ii) la generación de conocimiento; (iii) el uso del conocimiento, y (iv) la apropiación del conocimiento. Los tres ejes restantes constituyen elementos habilitantes para el funcionamiento del SNCTI, y son: (v) potencialidades regionales, sociales, e internacionales; (vi) factores dinamizadores del SNCTI, y (vii) recursos financieros.

Este documento está conformado por seis secciones. La primera consiste en la presente introducción. La segunda contiene los antecedentes de política en CTI y su justificación. La tercera presenta el marco conceptual y los principios que orientan el análisis y las recomendaciones de la política. En la cuarta sección se hace un diagnóstico del estado actual de la CTI. El quinto capítulo incluye los objetivos de la política; las acciones para alcanzarlos durante un horizonte de tiempo de diez años (2022–2031), y los responsables de su ejecución; la financiación requerida, y el plan de seguimiento a la misma. Finalmente, el documento cierra con recomendaciones a los miembros del CONPES dirigidas a incrementar la contribución de la CTI en la sociedad colombiana.

2. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN

2.1. Antecedentes

En esta sección se presentan los principales antecedentes que conforman el marco normativo y de referencia de la política de CTI durante la última década. Los antecedentes por abordar representan avances significativos del país en materia de normatividad, política pública, institucionalidad, y asignación de recursos, relacionados con la CTI. Al final de esta

¹⁰ Disponible en <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/4023.pdf>.

¹¹ Disponible en <https://www.dnp.gov.co/DNPN/Paginas/Plan-Nacional-de-Desarrollo.aspx>.

¹² Por el cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022.

sección se presentan las principales limitaciones de los hitos identificados, que, justifican la propuesta de política hecha en este documento.

Marco normativo

En la última década, se desarrollaron ajustes normativos y de política pública de gran relevancia que orientaron el avance de la CTI. La Ley 1286 de 2009¹³ definió al Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología, e Innovación (Colciencias), fusionado con el Ministerio de Ciencia, Tecnología, e Innovación, por medio del artículo 125 de la Ley 1955 de 2019, como entidad rectora del sector y estableció el marco de acción para el SNCTI. Así también, el Documento CONPES 3582 *Política nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación*¹⁴ presentó los lineamientos de política en materia de CTI a partir de seis líneas estratégicas que buscaban apoyar a los actores del SNCTI en la identificación, producción, divulgación, y uso, del conocimiento científico y tecnológico, para contribuir a la transformación productiva del país. Sin embargo, este documento tiene más de diez años, por lo que actualmente se encuentra desactualizado y no responde adecuadamente a las problemáticas vigentes que el país enfrenta en materia de CTI.

Por su parte, varios instrumentos normativos han permitido incrementar los recursos destinados a financiar la CTI en el país. En 2011 se alcanzó un hito para el SNCTI con la creación del Fondo de CTI del Sistema General de Regalías (SGR). El Acto Legislativo 005 de 2011¹⁵ modificó el artículo 361 de la Constitución Política e incluyó la destinación de un 10 % de los ingresos del SGR a un fondo que tuviera por objeto incrementar la capacidad de la CTI y de competitividad de las regiones. Luego, el artículo 20 de la Ley 1530 de 2012¹⁶ definió la administración de los recursos del SGR a través de un sistema de cuentas conformado, entre otras, por el Fondo de CTI, así como los detalles estratégicos y operativos para el uso de estos recursos. Posteriormente, con la reforma al SGR del año 2019, reglamentada por la Ley 2056 de 2020¹⁷, se transformó el Fondo CTI en la Asignación CTI. Esto permitió incrementar de 9,5 % a 10 %, en términos reales, los recursos destinados a CTI. Sin embargo, los incrementos generados no han sido suficientes para superar el rezago del

¹³ Por la cual se modifica la Ley 29 de 1990, se transforma a Colciencias en Departamento Administrativo, se fortalece el Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación en Colombia y se dictan otras disposiciones.

¹⁴ Disponible en <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3582.pdf>.

¹⁵ Por el cual se constituye el Sistema General de Regalías, se modifican los artículos 360 y 361 de la Constitución Política y se dictan otras disposiciones sobre el Régimen de Regalías y Compensaciones.

¹⁶ Por la cual se regula la organización y el funcionamiento del Sistema General de Regalías. Esta ley se encuentra reglamentada parcialmente por el Decreto nacional 1077 de 2012 y, con excepción de los artículos 106 al 126 y el 128, fue derogada por el artículo 211 de la Ley 2056 de 2020 que reforma el Sistema en 2019.

¹⁷ Por la cual se regula la organización y el funcionamiento del Sistema General de Regalías.

país, frente a países de la región y de la OCDE, en inversión en I+D como proporción del PIB.

Gobernanza en materia de CTI

Igualmente, la gobernanza de la CTI ha sufrido cambios relevantes. La expedición de la Ley 1286 de 2009 definió a Colciencias como rector del SNCTI. Actualmente, dicho sistema tiene cinco organismos asesores dentro de los cuales se encuentran el consejo asesor de CTI; los consejos de los programas nacionales de CTI; los consejos departamentales de CTI; el consejo de beneficios tributarios, y el consejo nacional de bioética¹⁸. Por otro lado, el Decreto 1651 de 2019¹⁹, establece que las comisiones regionales de competitividad deben articularse con las distintas instancias departamentales y territoriales que desarrollen actividades dirigidas a fortalecer la competitividad e innovación en los departamentos, entre ellas, los Consejos Departamentales de Ciencia, Tecnología, e Innovación (Codecti), así como los comités universidad–estado–empresa. Finalmente, la Ley 2162 de 2021²⁰ creó el Ministerio de Ciencia, Tecnología, e Innovación, mediante la fusión con Colciencias, manteniendo su liderazgo en el SNCTI. Dado su antigüedad y alcance, la política vigente de CTI no considera estos cambios.

Innovación transformativa

Respecto a lineamientos de innovación transformativa, el hoy Ministerio de Ciencia, Tecnología, e Innovación, construyó el *Libro Verde* como un primer paso hacia ese propósito. Este documento fue desarrollado en 2018 siguiendo el enfoque de política de innovación transformativa, y su propósito principal es contribuir a la solución de los grandes desafíos sociales, económicos, y ambientales, que enfrenta el país, alineado con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Para esto, se definieron bases conceptuales, orientaciones, y posibles rutas de trabajo entre los diversos actores del SNCTI, de forma tal que se facilitara la transformación de los sistemas sociotécnicos para hacerlos más sostenibles

¹⁸ Si bien con la Ley 1374 de 2010 se creó el Consejo nacional de bioética como organismo asesor y consultivo del Gobierno Nacional, quien propenderá por la formulación, articulación y resolución de los dilemas que plantea la investigación y la intervención sobre la vida, la salud y el medio ambiente, solo hasta el año 2019 a través del Decreto 1954 fueron designados sus miembros. El Consejo fue instalado el 27 de febrero de 2020 en cumplimiento del compromiso adquirido por el país ante la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia, y la Cultura, al suscribir la Declaración de Bioética del 2005. Así mismo, en el año 2018 Colciencias adoptó la Política de ética de la investigación, bioética e integridad científica mediante la Resolución 374 de este año.

¹⁹ Por el cual se adiciona el título 8 a la Parte 1 del Libro 2 del Decreto 1081 de 2015, Decreto Reglamentario Único del Sector Presidencia de la República, para establecer la organización y funcionamiento del Sistema Nacional de Competitividad e Innovación.

²⁰ Por medio del cual se crea el Ministerio de Ciencia, Tecnología, e Innovación y se dictan otras disposiciones.

(Colciencias, 2018). Sin embargo, su implementación implica el desarrollo de acciones específicas orientadas a la promoción de innovación transformativa y de compromisos interinstitucionales que actualmente no se ejecutan.

Marco de referencia de la política

La política nacional vigente en materia de CTI se aprobó hace más de una década. La política, plasmada en el Documento CONPES 3582 aprobado en 2009, tenía un horizonte de implementación hasta el año 2019, razón por la que no cuenta con acciones basadas en los nuevos desarrollos en materia de política pública de CTI que aborden las problemáticas actuales, y cuya implementación es imperativa para contribuir desde la CTI al desarrollo integral del país.

En materia de lineamientos de política para la transferencia de tecnología al sector productivo, se aprobó el Documento CONPES 3866. El documento, que contempla un horizonte de diez años y se conoce como la Política de Desarrollo Productivo (PDP), emitió los lineamientos de política orientados a dar solución a las fallas de mercado, de articulación, y de gobierno, que limitan la productividad del país. La política promovió la sofisticación y diversificación del aparato productivo para lo que propuso la priorización de apuestas productivas según ventajas comparativas reveladas o potenciales. Adicionalmente, la PDP presentó lineamientos de análisis sobre la pertinencia de los programas e iniciativas del Gobierno nacional, privilegiando la provisión de bienes públicos sectoriales y las intervenciones de mercado horizontales. Sin embargo, esta política no abordó las fallas de direccionalidad del sistema sociotécnico del país y su alcance no ha sido suficiente para mejorar la sinergia de la llamada triple hélice²¹.

En complemento, otras políticas relevantes para el país han reforzado la promoción de la CTI como medio para aumentar la competitividad y el crecimiento económico. Es el caso del Documento CONPES 3934 que fue aprobado en 2018 y definió como uno de sus ejes estratégicos el fortalecimiento de las capacidades en CTI del país. Así también, el Documento CONPES 3975, publicado en 2019, priorizó acciones para la transferencia tecnológica e innovación digital en el sector público y privado (Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, 2019). Por último, el Documento CONPES 4023 *Política para la reactivación, la repotenciación y el crecimiento sostenible e incluyente: Nuevo compromiso por el futuro de Colombia* definió acciones para impulsar la reactivación y repotenciación del país a partir de la transferencia de tecnología y la innovación.

²¹ Se refiere al conjunto de interacciones entre la industria, la academia y el estado para fomentar el desarrollo económico y social.

Uno de los antecedentes más recientes relacionados con la política de CTI radica en la *Misión internacional de sabios de 2019* (Gobierno nacional, 2019). La mencionada misión reunió 47 expertos en diferentes áreas del conocimiento, nacionales e internacionales, y fue convocada por el Gobierno nacional en 2019 con el fin de aportar en la construcción de la política pública en materia de educación y CTI. Esta misión definió tres retos, cinco misiones emblemáticas, y ocho áreas estratégicas del conocimiento. Además, realizó recomendaciones para superar el rezago de Colombia en materia de CTI, las cuales constituyen un insumo esencial para esta política.

Los tres retos y cinco misiones emblemáticas de la *Misión internacional de sabios* buscan impulsar el desarrollo del país a partir del conocimiento y con metas puntuales a 2030. El primer reto es *Colombia bio-diversa* y consta de dos misiones, una enfocada en diversidad, bioeconomía, y economía, y otra enfocada en el agua y el cambio climático. Las metas asociadas a estas misiones son que la bioeconomía represente el 10 % y la economía creativa el 8 %²² del PIB, así como reducir a la mitad los riesgos socioambientales del cambio climático entre 2030–2050. El segundo reto es *Colombia productiva y sostenible* cuya misión es desarrollar un nuevo modelo productivo, sostenible, y competitivo. Esta misión tiene como metas a 2030 duplicar la producción de la industria manufacturera y de la agricultura y alcanzar el 3 % del PIB en producción de industrias digitales. Finalmente, el reto *Colombia equitativa* consta de dos misiones, una enfocada en equidad y otra en educación. Las metas asociadas a estas misiones son: reducir la desigualdad social y la pobreza multidimensional en Colombia a partir del conocimiento científico y la innovación social, y universalizar la educación con atención integral de niñas y niños de cero a cinco años en el año 2026 y la educación media diversificada o con doble titulación de bachiller.

Por otro lado, las ocho áreas estratégicas del conocimiento de la mencionada misión buscan direccionar los esfuerzos venideros en materia de CTI. Estas áreas son: (i) *biotecnología, bioeconomía y medio ambiente* enfocada en el reconocimiento del potencial biológico y ambiental del país; (ii) *ciencias básicas y del espacio* enfocada en ciencias exactas y base fundamental de los procesos de desarrollo científico y tecnológico e innovación; (iii) *ciencias de la vida y de la salud* enfocada en desarrollar los conocimientos adecuados para la prevención y erradicación de las enfermedades y el bienestar de las personas; (iv) *ciencias sociales, desarrollo humano y equidad* enfocada en identificar desafíos para el desarrollo humano, diseño de políticas que reduzcan pobreza y desigualdad, y mejorar el dialogo social; (v) *energías sostenibles* enfocada en el ODS 7 referente a energía asequible y no contaminante; (vi) *industrias creativas y culturales* enfocada en las industrias basadas en la creación, la producción, y la comercialización, de

²² Esto implicaría una duplicación del valor de sus exportaciones y la creación de 100.000 nuevos empleos.

contenidos creativos y culturales; (vii) *océanos y recursos hidrobiológicos* enfocada en identificar, valorar, y proyectar, este recurso natural, y (viii) *tecnologías convergentes e industrias 4.0* enfocada en tecnologías convergentes que integran tecnologías fundamentales y emergentes como nanotecnología, biotecnología, TIC, y ciencias cognitivas.

Por otro lado, el PND 2018–2022 reiteró el compromiso del Gobierno nacional con el impulso de la inversión en CTI. Específicamente, el Pacto V: *Pacto por la Ciencia, la Tecnología, y la Innovación: un sistema para construir el conocimiento de la Colombia del futuro* establece un conjunto de acciones para duplicar la inversión en Actividades de CTI (ACTI) de modo que pase de 0,64 % a 1,5 % del PIB. Otros de los objetivos de este pacto son: (i) desarrollar sistemas nacionales y regionales de innovación integrados y eficaces; (ii) desarrollar tecnología e investigación para el desarrollo productivo y social, y (iii) fortalecer las condiciones institucionales para impulsar la innovación pública y remover barreras para su desarrollo. Precisamente, este pacto incluye como compromiso la publicación de un documento CONPES cuyo tema principal sea la CTI.

Así también, recientemente algunos documentos CONPES y estudios han hecho promoción de la CTI como herramienta para alcanzar metas relacionadas con el emprendimiento, la reactivación y la internacionalización. En 2020, el Documento CONPES 4011 promovió la generación de condiciones habilitantes en el ecosistema de emprendimiento facilitando la experimentación rápida y de bajo costo para impulsar emprendimiento de base científica y tecnológica. Así también, el Documento CONPES 4023, aprobado en 2021, definió acciones para impulsar la reactivación y repotenciación del país a partir, entre otras estrategias, de la transferencia de tecnología y la innovación. En complemento, la *Misión de internacionalización* de 2021 definió como gran desafío el cierre de la brecha tecnológica del país frente a los líderes mundiales en la materia, para lo que se propone la internacionalización del país.

Sin embargo, a pesar de los esfuerzos descritos el país presenta una baja implementación de varios de los instrumentos mencionados, situación que se acentúa debido al considerar que la Política nacional de CTI está desactualizada. Un análisis realizado por el Departamento Nacional de Planeación (DNP) reveló que entre 2013 y 2019 se propusieron alrededor de 737 recomendaciones relacionadas con la CTI, pero más del 50 % de estas tienen un nivel bajo de implementación. Esta problemática ha generado retrasos en el desarrollo de soluciones para las problemáticas identificadas y ha impedido incrementar la contribución de la CTI a la sociedad colombiana de forma transversal.

2.2. Justificación

El país requiere actualizar su política nacional de CTI dado el surgimiento de nuevos avances y retos globales a los que, por su alcance inicial, no está en capacidad de afrontar. La capacidad de respuesta de la política científica de los países es fundamental debido a que los avances de la ciencia son cada vez más rápidos y sofisticados (Banco Interamericano de Desarrollo, 2020). Además, la pandemia ocasionada por la propagación del SARS-CoV-2 ha planteado múltiples desafíos al sistema socioeconómico mundial y uno de los ejes principales de intervención en política para abordarlos es la ciencia y la tecnología (Banco Interamericano de Desarrollo, 2020). Esto sustenta la necesidad de actualizar las acciones de política en CTI del país, así como orientar mayores recursos para implementar acciones de CTI orientadas a la solución de retos globales y de retos de país, como la reactivación económica y el fortalecimiento de las capacidades de CTI del SNCTI, estableciendo los compromisos necesarios para su implementación.

Adicionalmente, el PND 2018-2022 formaliza el compromiso del Gobierno nacional con la actualización de la política de CTI. El *Pacto por la Ciencia, la Tecnología, y la Innovación: un sistema para construir el conocimiento de la Colombia* del PND 2018-2022 justamente se compromete a desarrollar una nueva política de CTI. Lo anterior es relevante al considerar que la última política de CTI para Colombia fue desarrollada hace más de una década y proyectó su alcance hasta 2019.

Así también, el país necesita desarrollar una política nacional de CTI moderna que contribuya al crecimiento económico y a solución los retos globales incluyendo las recomendaciones de la *Misión internacional de sabios*. Para hacerle frente a estos ambiciosos desafíos se requiere una nueva política de CTI que promueva la innovación transformativa y establezca los arreglos interinstitucionales requeridos para favorecer el despliegue de las recomendaciones y misiones emblemáticas de la misión de sabios. La incorporación de un modelo productivo, sostenible, y competitivo, basado en CTI, contribuye al incremento del ritmo de crecimiento económico y a la solución de problemáticas sociales en materia de pobreza y de desigualdad (Perez, 2014). Lo anterior es clave para la construcción de paz. En este contexto, la ética de la investigación, la bioética, y la integridad científica, son referentes para la reflexión sobre la responsabilidad social de la CTI, así como para alcanzar la excelencia en CTI.

Finalmente, se requiere una nueva política que aborde los retos de gobernanza multinivel de la CTI contemplando las transformaciones recientes en este aspecto. De acuerdo con el Documento CONPES 3866 las fallas de gobierno y articulación generan barreras al interior del Estado; ocasionan el traslape de sus funciones; la asignación incorrecta de competencias y funciones, y desarticulación intergubernamental. Por lo tanto, la nueva política de CTI debe orientar la gobernanza multinivel de la CTI en el país, dados

los recientes cambios del SNCTI y la creación del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, para mejorar la sinergia entre los diferentes niveles de gobierno y fomentar la participación en los procesos de la política pública de todos los actores del SNCTI.

3. MARCO CONCEPTUAL

Para el correcto entendimiento de la naturaleza y alcance de la política nacional de CTI presentada es necesario comprender algunos conceptos clave, así como principios que la orientan. Bajo el anterior argumento, a continuación, se presentan los conceptos clave; marcos conceptuales que han motivado las iniciativas de CTI en Colombia; principios y enfoques a partir de los cuales se construyó la propuesta de política aquí presentada, y un resumen breve del proceso de conceptualización de la misma.

Conceptos base

Durante las últimas décadas los manuales de Frascati y Oslo han sido los referentes a nivel global para definir y medir las ACTI. El manual de Frascati define la I+D como el trabajo sistemático y creativo desarrollado para aumentar la cantidad de conocimiento y definir sus nuevas aplicaciones a partir de su disponibilidad. Esto incluye el conocimiento de la humanidad, la cultura, y la sociedad (OCDE, 2015). Por otra parte, la innovación en sentido amplio es un proceso que consta de tres partes: (i) la generación, desarrollo, o adaptación, de una invención; (ii) su realización o materialización, y (iii) la implementación de dicha invención. Como resultado de este proceso se obtienen productos o procesos nuevos o mejorados que difieren de sus versiones previas y que han sido puestos a disposición de los usuarios potenciales o han sido implementados por la unidad (OCDE, 2018).

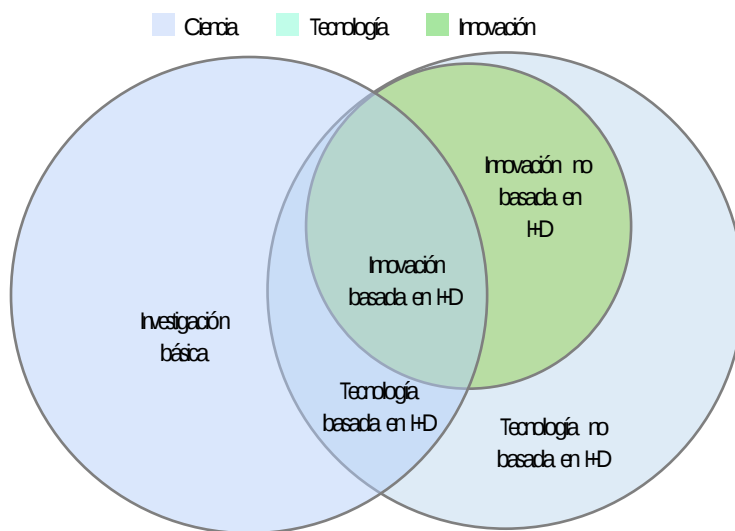
El proceso de innovación se concibe como un proceso dinámico y no lineal. Por lo tanto, la acumulación de conocimiento se da a través de actividades de I+D; la colaboración informal o formal entre actores del sistema de innovación; el aprendizaje empírico; la participación en cadenas globales de valor o en mercados internacionales, entre otros (Cirera & Maloney, 2017). Así mismo, los procesos de innovación incluyen actividades técnicas, de diseño, de manufactura, de gestión, y comerciales (Freeman, 1982), de modo que, es importante resaltar que las actividades de innovación no solo ocurren en el sector empresarial, sino también en el gubernamental, así como en las entidades sin ánimo de lucro y en los hogares (OCDE, 2018).

Así también, debe precisarse que la ciencia y la tecnología son cuerpos de conocimiento diferentes. Por un lado, la ciencia es un proceso y un cuerpo de conocimiento cuyo propósito es la búsqueda del conocimiento y la comprensión del mundo natural y social siguiendo una metodología sistemática basada en la evidencia (Consejo Científico Británico,

2020; Academia Australiana de Ciencias, 2020). Por otro lado, la tecnología puede definirse como el conocimiento asociado para diseñar; desarrollar, y probar, artefactos (productos, procesos, y servicios) que desempeñan funciones útiles, o como el objeto o artefacto físico construido con dicho conocimiento (Nightingale, 2014). Adicionalmente, es importante señalar que el entendimiento científico no es una condición necesaria para desarrollar tecnología y, por tanto, la relación entre ciencia y tecnología es compleja y no lineal (Nightingale, 2014).

Por otro lado, la CTI se relacionan como se observa en la Figura 1. La investigación básica genera nuevos conocimientos sin ninguna aplicación o uso específico (OCDE, 2015), como es el caso de la investigación fundamental en física del estado sólido. Sin embargo, parte de ese conocimiento generado puede ser usado en la investigación aplicada o en el desarrollo experimental para la generación de tecnologías como fue el caso de la creación del transistor. Finalmente, mediante la integración de conocimientos técnicos, de gestión, y de *marketing*, es posible generar innovaciones, como sucedió con los circuitos integrados. Sin embargo, el desarrollo de muchas tecnologías e innovaciones no requiere de I+D, como es el caso de las prácticas y usos alrededor del conocimiento ancestral.

Figura 1. Relación entre ciencia, tecnología e innovación



Fuente: Dirección de Innovación y Desarrollo Empresarial del DNP (2021).

***Science push* y sistemas nacionales de innovación**

Las políticas de CTI se han basado en tres marcos conceptuales (Schot & Steinmueller, 2018). El primero de los mencionados marcos surgió después de la segunda

guerra mundial impulsado por el modelo de innovación *science push*²³. Este marco conceptualiza la CTI como un medio para generar crecimiento económico e incrementos en la productividad, dentro de un sistema sociotécnico basado en producción y consumo masivo. Posteriormente, durante los años ochenta se desarrolló el segundo marco conceptual denominado Sistemas Nacionales de Innovación (Freeman, 1987; Nelson, 1992; Lundvall, 1992). En él, la CTI se define dentro de sistemas de innovación conformados por diferentes actores y capacidades, cuyo fomento es clave para incrementar la competitividad de los países en un contexto globalizado. Finalmente, en las últimas dos décadas surgió el tercer marco denominado Transformativo (Schot & Steinmueller, 2018). Este marco entiende la CTI como un medio para enfrentar los grandes desafíos de la humanidad en términos de necesidades sociales y sostenibilidad con el entorno. Es importante aclarar que estos marcos no son necesariamente excluyentes sino potencialmente complementarios.

Las políticas bajo el marco conceptual de *science push* conciben la innovación como un proceso lineal y el conocimiento científico como un bien público (Schot & Steinmueller, 2018). Además, los roles de los actores en estas políticas son claramente definidos sin bucles explícitos de retroalimentación. Por un lado, los científicos deben buscar el avance de la ciencia y publicar su trabajo revelando sus métodos y descubrimientos. Por otro lado, el sector privado debe transformar los descubrimientos científicos en innovaciones que contribuyan al crecimiento económico sostenido de largo plazo. Finalmente, el Estado debe proveer bienes públicos que permitan resolver las fallas de mercado que generan un nivel subóptimo de inversión en conocimiento científico y tecnológico. Por lo tanto, estas políticas se caracterizan por el rol del Estado como promotor de la ciencia bajo el estímulo a la I+D y su limitada competencia como catalizador de la innovación.

Por su parte, las políticas de CTI cobijadas por el marco conceptual de Sistemas Nacionales de Innovación conciben la innovación como un proceso interactivo con bucles de retroalimentación. Así mismo, reconocen que el conocimiento científico y tecnológico tiene elementos tácitos, y que existen diversas fuentes de innovación (Schot & Steinmueller, 2018). Además, reconocen que el cambio tecnológico es acumulativo y dependiente de una trayectoria, y que el conocimiento es generado a través de la interacción de diversos actores (Nelson & Winter, 1982). Por lo tanto, las políticas son desarrolladas bajo modelos de alineación y coordinación de actores en diferentes niveles (sectoriales, territoriales, y similares), promoviendo el fortalecimiento de alianzas; el aprendizaje de los actores del

²³ De acuerdo con el *paper Systemic Integration of the Innovation Process within the Firm* se trata de un enfoque en el que se considera que la innovación comienza con el descubrimiento científico; seguido de la invención; la ingeniería y las actividades de fabricación, y finalizando con la comercialización, de un producto o proceso nuevo.

sistema, y el emprendimiento, para el desarrollo de ventajas competitivas y la solución de fallas de mercado. Así también se resalta la importancia del rol del Estado como financiador de alto riesgo para desarrollar nuevas tecnologías (Mazzucato, 2013).

Sin embargo, a pesar de sus bondades los enfoques de política de CTI basados en estos marcos conceptuales no han sido suficientes para que la gran mayoría de países en desarrollo alcancen la frontera tecnológica de las economías avanzadas (Pritchett, 1997; Comin & Mestieri, 2016). Aunque los países en desarrollo han intentado replicar los instrumentos de política de otros sistemas nacionales de innovación, sus resultados han sido infructuosos (Cirera & Maloney, 2017). De hecho, a pesar del gran potencial de retorno de la innovación, los países en desarrollo innovan mucho menos que los países avanzados; lo que se conoce como la paradoja de la innovación (Cirera & Maloney, 2017). Esta situación, se origina gracias a que los retornos de la inversión en I+D aumentan en función del desarrollo tecnológico hasta cierto nivel de distancia de la frontera tecnológica, a partir del cual, los retornos en I+D serán más bajos debido a la ausencia de tres elementos requeridos, a saber: (i) capacidades gerenciales y organizacionales de las firmas; (ii) factores complementarios, como por ejemplo, el ambiente regulatorio, y (iii) capacidades gubernamentales para gestionar la creciente complejidad y amplitud de las políticas de innovación (Cirera & Maloney, 2017).

De este modo, con el fin de solucionar los retos que exhibe la paradoja de la innovación, Maloney y Cirera (2017) proponen el modelo de escalera de capacidades. Este modelo conceptual postula que los países pueden optimizar la inversión en CTI escogiendo la combinación apropiada de instrumentos de política y alineándolos con sus necesidades en materia de política fiscal y monetaria. Este modelo plantea tres etapas de madurez de los sistemas nacionales de innovación. En la primera etapa los países deben enfocar sus esfuerzos en desarrollar capacidades de producción y gestión de conocimiento. En la segunda, los países deben dirigir sus esfuerzos a desarrollar capacidades tecnológicas, y en la última etapa, la orientación principal de sus políticas debe ser hacia el desarrollo de capacidades de invención y generación de tecnología. A este aspecto, es importante aclarar que el avance en la escalera de capacidades no implica abandonar los esfuerzos en etapas previas, de hecho, muchos países avanzados en la materia continúan invirtiendo de forma rentable en la primera etapa (Cirera & Maloney, The Innovation Paradox, 2017).

Política de innovación transformativa y orientada por misiones

Las políticas sustentadas en el tercer marco conceptual conciben el proceso de innovación como la interacción de múltiples actores en procesos de negociación para identificar rutas alternativas con potencial para generar cambios sistémicos. A diferencia

de las políticas bajo los otros dos marcos, estas políticas reconocen la sostenibilidad, la pobreza, y la desigualdad en la distribución e ingresos, como parte esencial de las políticas de innovación (Schot & Steinmueller, 2018). Es decir, la direccionalidad del desarrollo tecnológico está ligado estrechamente a los problemas de los sistemas sociotécnicos. Por lo tanto, el proceso de innovación tiene que incluir procesos de experimentación sistémica, así como el desarrollo y escalamiento de nichos y pilotos (Schot & Geels, 2008). Por otro lado, estos sistemas reconocen al Estado como un agente generador de CTI que puede crear o moldear mercados (Mazzucato, 2013; Mazzucato, 2015). Además, el Estado puede abogar por nuevos arreglos institucionales que permitan anticipar los efectos del cambio tecnológico y las posibles trayectorias de innovación (Schot & Steinmueller, 2018). Por consiguiente, las políticas que parten del tercer marco conceptual centran sus intervenciones en direccionar la innovación hacia la solución de retos públicos con un fuerte énfasis en procesos de experimentación.

Así, las Políticas Orientadas por Misiones (POM) son una alternativa de intervención dentro del espectro del tercer marco conceptual. Las POM se definen como políticas públicas sistémicas que se basan en conocimiento de frontera para alcanzar objetivos específicos (Institute for Innovation and Public Purpose, 2019). Este tipo de política reconoce que la innovación tiene un ritmo, pero también una dirección, y, por lo tanto, es un medio para abordar los retos complejos de la sociedad, del ambiente, y de la economía (Mazzucato, 2018). La solución a estos retos requiere ser abordada mediante misiones las cuales son definidas como objetivos concretos dentro de estos retos que actúan como marco y estímulo para la innovación (Mazzucato & Dobb, 2019). Es por esto, que, las misiones actuales son mucho más complejas que las del pasado, dado que sus límites son menos acotados y su definición debe ser realizada por múltiples y diversos actores (Mazzucato & Dobb, 2019). De este modo, el éxito de estas políticas depende de la coordinación de actores y sectores, así como de su capacidad para permitir la experimentación y el aprendizaje de base con el fin de generar bucles dinámicos de retroalimentación.

Estas características de las POM las hacen diferentes a las intervenciones de política tradicionales. El objetivo principal de la política tradicional es solucionar fallas de mercado y de coordinación, mientras que la de las POM tienen como fin generar valor público y crear nuevos mercados (Kattel & Mazzucato, 2018). Por otro lado, las POM no establecen las soluciones correctas de antemano, sino que, estimulan el desarrollo de un rango de soluciones y recompensan a los actores que toman los riesgos relacionados (Institute for Innovation and Public Purpose, 2019). Las POM estimulan el desarrollo de las tecnologías de propósito general que tienen el potencial de transformar la estructura productiva y los patrones de consumo de la economía (Institute for Innovation and Public Purpose, 2019). Debido a este

enfoque, la gestión de las POM es dinámica y su evaluación no se realiza de forma *ex-ante* y *ex-post*, sino de forma iterativa y por hitos.

Así mismo, las POM constituyen una oportunidad para fortalecer la diplomacia científica y enfrentar los retos articulados entre diferentes instituciones. La cooperación internacional es importante para encontrar e implementar soluciones a las misiones y requiere políticas tanto basadas en la oferta como en la demanda (Comision Europea, 2017). Por lo tanto, esta cooperación alrededor de misiones abre la posibilidad de que la diplomacia científica sea una herramienta clave de cooperación internacional para enfrentar los retos más urgentes de la globalización y alcanzar el desarrollo de largo plazo propuesto por los ODS (Comision Europea, 2018). En relación con estas particularidades y con los marcos anteriores, la Tabla 1 presenta un resumen de los marcos de política presentados.

Tabla 1. Resumen de los marcos conceptuales que han soportado las políticas de CTI

Descriptor	Políticas basadas en marco lógico		Políticas orientadas por misión
	Marco I: <i>Science push</i>	Marco II: Sistemas de innovación	Marco III: Innovación transformativa
Objetivos	Crecimiento económico y productividad	Competitividad	Sostenibilidad
Motivación	Fallas de mercado	Fallas de coordinación	Generación de valor público creando nuevos mercados
Rol del Estado	Provisión de bienes públicos	Catalizador de innovación	Activo y emprendedor
Abordaje	Intervenciones para I+D	Escalera de capacidades, triple hélice	Innovación orientada a misiones, nichos tecnológicos

Fuente: Dirección de Innovación y Desarrollo Empresarial del DNP (2021).

Principios y enfoques de la política de CTI planteada

A partir del marco teórico expuesto anteriormente se han definido ocho principios rectores para la presente política nacional de CTI 2022–2031. Estos principios son ideas que soportan el desarrollo de la CTI y las acciones de política que se formulan como respuesta a los problemas que se identifican en la sección de diagnóstico de este documento. Los ocho principios son: (i) ética e integridad científica; (ii) excelencia; (iii) articulación intersectorial e interinstitucional; (iv) direccionalidad y prospectiva; (v) interdisciplinariedad, colaboración, y diálogo de saberes; (vi) inclusión y justicia social; (vii) sostenibilidad, y (viii) evaluación y flexibilidad. A continuación, se presenta cada uno de los mencionados principios.

El principio de ética e integridad científica prioriza los códigos de ética sociales, profesionales, y de investigación, mientras que, el principio de excelencia garantiza que la praxis de las ACTI se lleve a cabo con los mejores estándares de calidad. Así, los códigos de ética priorizados tienen como objetivo respetar la biosfera y la biodiversidad, los derechos humanos, los derechos de los demás seres vivos, y de la naturaleza, primando la acción sin daño, el respeto a la propiedad intelectual, el trabajo digno, la responsabilidad, la seguridad, la transparencia, y la veracidad. Por su parte, el principio de excelencia es multidimensional para valorar condiciones, procesos, e impactos tangibles e intangibles.

Por su parte, el principio de articulación intersectorial e interinstitucional busca mejorar la articulación del SNCTI mientras que el principio de direccionalidad y prospectiva se orienta los esfuerzos en CTI hacia el logro de objetivos del país. El principio de articulación se orienta a generar sinergia entre los diversos sectores institucionales, económicos, y sociales, para dar respuesta adecuada e integral a los desafíos del país. Por su parte el principio de prospectiva fomenta la innovación orientada a misiones, la transformación de los sistemas sociotécnicos y el desarrollo de nuevos mercados, así como condiciones de bienestar social basados en innovación, guiadas por los análisis del pasado, las tendencias actuales, y la modelación del futuro.

De modo similar, el principio de interdisciplinariedad, colaboración, y diálogo de saberes, busca dotar a la política de herramientas para abordar problemas complejos, mientras que el de inclusión y justicia social reconoce las particularidades de sus actores. Así, el primer principio se entiende como la colaboración entre las distintas perspectivas epistemológicas, disciplinares, y los saberes, para el abordaje de problemas complejos que requieren entendimientos y estrategias multidimensionales. Por otra parte, el principio de inclusión y justicia social reconoce la heterogeneidad de cada territorio y de su población, promoviendo su vinculación activa y el diálogo entre los diversos actores de la política con miras a asegurar su pertinencia.

Finalmente, los principios de sostenibilidad, y de evaluación y flexibilidad, contribuyen a lograr que la política de CTI sea sostenible en términos ambientales, sociales, y económicos, al tiempo que, es flexible y perfeccionable. El principio de sostenibilidad contribuye a lograr un balance entre los factores ambientales, sociales, y económicos, de las estrategias de desarrollo, con el fin último de garantizar la calidad de vida de las futuras generaciones. Por otro lado, el principio de evaluación y flexibilidad contempla que las políticas y estrategias de CTI se evalúen con el objetivo de generar evidencias y permitir mejoras o rediseños.

Por otro lado, los enfoques diferencial, territorial, y participativo, harán parte de la presente política de CTI. El enfoque diferencial puede definirse como un método de análisis

para hacer visibles formas de desigualdad y de discriminación, así como una guía de acción para proveer atención y protección a los derechos de la población (Forst, 2018; Ministerio del Interior, 2015). Este enfoque está compuesto por acciones que pueden ser implementadas por el Gobierno nacional, el sector empresarial, la academia, o la sociedad en general, que mediante un trato diferenciado contribuyen a reducir las brechas sociales, económicas, y políticas (Ministerio del Interior, 2015; Leon, 2017; Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, 2021). Este enfoque encuentra sustento jurídico en los artículos 7 y 13 de la Constitución Política de Colombia²⁴. Por otro lado, el enfoque territorial propende por la comprensión de las configuraciones particulares de los territorios dada su ecología, cultura, institucionalidad, y demás factores, con el fin de hacer políticas de CTI que respondan a esas características. Finalmente, el enfoque participativo busca la co-creación e implantación de la política con todos los actores de la misma, en este caso, con los actores del SNCTI.

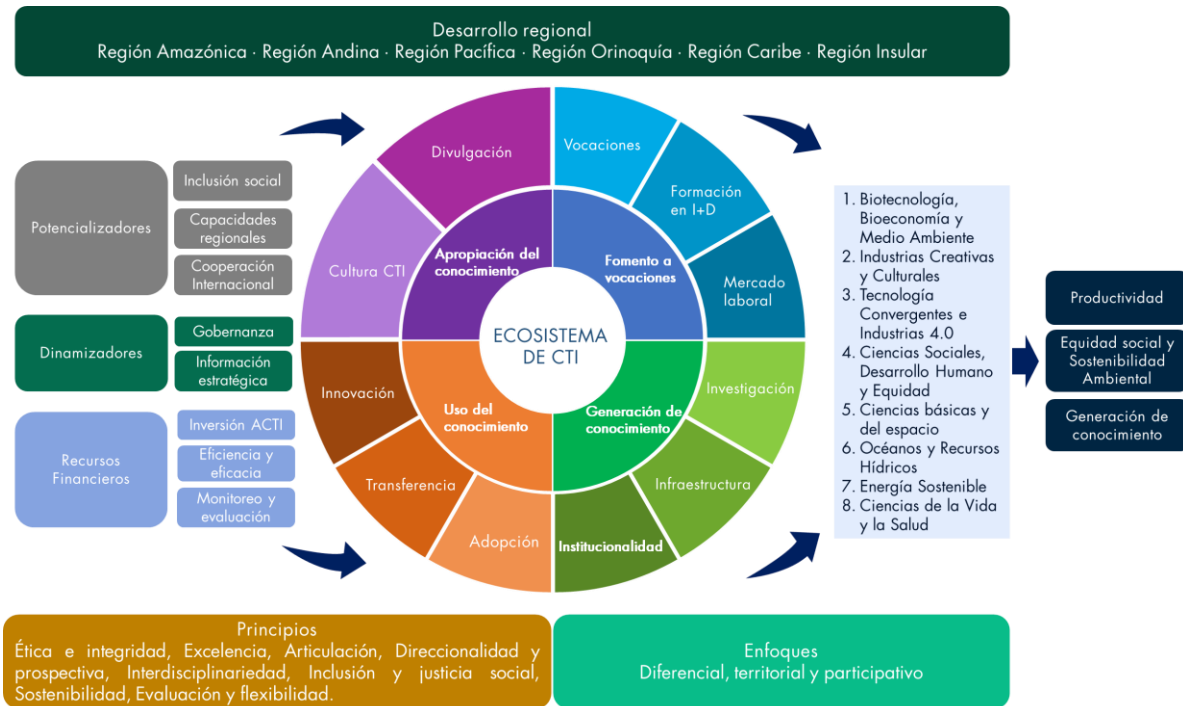
Conceptualización de la política

En el marco del desarrollo de la presente política, se identificaron más de setecientas acciones de dieciocho documentos de política previos relacionados con CTI y se recopilaron las recomendaciones de la *Misión internacional de sabios* (2019). Luego de un análisis de estos insumos, en un trabajo conjunto entre el DNP y el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, se identificaron siete factores clave para aumentar la contribución de ella CTI en el país, los cuales son transversales a las problemáticas, barreras, recomendaciones, y acciones, contenidas en los mencionados documentos.

En consecuencia, la conceptualización de la política nacional de CTI 2022–2031 es el resultado de la interacción entre ejes, principios, y enfoques. Es posible apreciar lo anterior en la Figura 2. Así, los siete ejes transversales de la política son: (i) fomento a vocaciones; (ii) generación de conocimiento; (iii) uso del conocimiento; (iv) apropiación del conocimiento; (v) potencialidades regionales, sociales, e internacionales; (vi) factores dinamizadores, y (vii) recursos financieros. Mientras que los cuatro primeros ejes son constitutivos del SNCTI, los tres restantes son elementos habilitantes para su funcionamiento. Así también, cada eje contiene temáticas particulares que funcionan como unidades de análisis y de política, de modo que, toda la visión de la política se soporta en los ocho principios y los tres enfoques que guían la identificación y definición de soluciones.

²⁴ Los citados artículos señalan que el Estado debe reconocer y proteger la diversidad étnica y cultural de la Nación colombiana y promover las condiciones para que la igualdad sea real y efectiva y adoptar medidas en favor de grupos discriminados o marginados.

Figura 2. Conceptualización de la presente política de CTI



Fuente: Dirección de Innovación y Desarrollo Empresarial del DNP con información del Ministerio de Ciencia, Tecnología, e Innovación (2021).

Finalmente, esta conceptualización de la política de CTI sigue los lineamientos de las propuestas y recomendaciones de la *Misión internacional de sabios*. Entre los factores dinamicadores del ecosistema de CTI se encuentran la gobernanza y la información estratégica, así como los factores potencializadores que son la inclusión social, las capacidades regionales, y la cooperación internacional. Por lo tanto, los siete ejes y sus temáticas se orientan hacia los ocho focos temáticos priorizados por dicha misión para el cumplimiento de tres grandes propósitos, a saber: (i) la CTI para la generación de nuevo conocimiento y el aprovechamiento de la diversidad natural y cultural; (ii) la CTI para la productividad y la competitividad; y (iii) la CTI para la equidad social y la sostenibilidad ambiental.

4. DIAGNÓSTICO

La baja contribución de la CTI en Colombia limita su desarrollo social, económico, ambiental, y sostenible. El país exhibe bajas capacidades en CTI las cuales limitan su contribución (OCDE, 2021; Foro Económico Mundial, 2019), por tanto, su crecimiento económico a largo plazo se ve comprometido dado que la CTI es un factor fundamental para

su logro (Fagerberg & Verspagen, 2002). Además, esta baja de contribución de la CTI limita el desarrollo social y ambiental ya que el cambio tecnológico es un canal de mejora del bienestar social, de acercamiento a la frontera de productividad global y de oportunidad para transformar los sistemas sociotécnicos (OCDE, 2018).

El presente documento plantea siete causas asociadas al problema descrito previamente. Las causas se estructuran en siete ejes problemático, que son: (i) insuficiente desarrollo de vocaciones de ciencia, tecnología, ingeniería, artes, y matemáticas (STEAM)²⁵; formación y vinculación de capital humano altamente calificado; (ii) débil entorno habilitante para la investigación; (iii) bajo uso, adopción, y transferencia, del conocimiento generado; (iv) baja apropiación social del conocimiento; (v) insuficiente uso de las potencialidades regionales, sociales, e internacionales, en la generación y uso del conocimiento; (vi) débil dinamización del SNCTI, e (vii) insuficiencia en el volumen, la eficiencia, y la evaluación, de la financiación de la CTI. Estos problemas son elementos comunes a los retos, las misiones, y los focos estratégicos, propuestos por la *Misión internacional de sabios* (2019). A continuación, se presentan y desarrollan los mencionados ejes problemáticos, así como los elementos que los componen y dimensionan.

4.1. Insuficiente desarrollo de vocaciones STEAM; formación, y vinculación de capital humano en CTI

Existen brechas de formación de talento y vinculación de capital humano en CTI que impiden mejorar su contribución en los distintos ámbitos de la sociedad colombiana. Estas brechas son: (i) bajo desarrollo de vocaciones científicas en la población infantil y juvenil del país; (ii) déficit de capital humano en CTI, y (iii) baja inserción del capital humano en CTI en el sector productivo. A continuación, se abordarán cada una de las problemáticas identificadas.

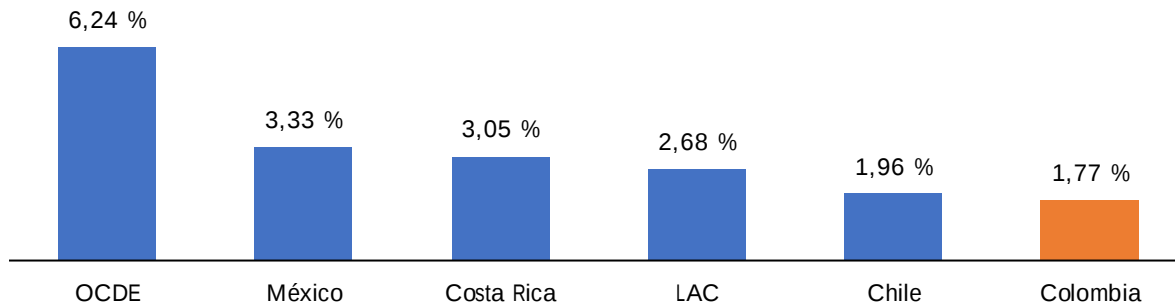
Bajo desarrollo de vocaciones científicas en la población infantil y juvenil del país

El país presenta un amplio rezago frente a pares internacionales en materia de formación de capital humano en áreas del conocimiento STEAM. Solo el 1,77 % de los matriculados en el nivel de educación superior corresponde a estudiantes en áreas relacionadas con matemáticas, ciencias, y estadística. Lo anterior resulta problemático al compararlo con el promedio de los países de la OCDE, en cuyos casos, las matrículas en áreas relacionadas con las mismas áreas del conocimiento alcanzaron el 6,24 % (Gráfico

²⁵ STEAM por las iniciales de su nombre en inglés, a saber, *science; technology; engineering; arts, and mathematics**.

1). Esta brecha se mantiene, aunque en una proporción menor, para países de la región latinoamericana como México y Costa Rica.

Gráfico 1. Proporción de matriculados en programas universitarios en áreas de matemáticas; ciencias, y estadística



Fuente: Dirección de Innovación y Desarrollo Empresarial del DNP con información de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia, y la Cultura (2020).

Así mismo, existen debilidades en la educación y en la orientación vocacional para la CTI en la población infantil y juvenil. En relación con las debilidades en la educación, en las pruebas del Programa Internacional para la Evaluación de Estudiantes (PISA)²⁶, entre 2015 y 2018, Colombia desmejoró el puntaje en ciencias pasando de 416 a 413 puntos; así también, el 51 % de los estudiantes no alcanzó el nivel mínimo esperado en esta área en 2018 (Instituto Colombiano para la Evaluación de la Educación, 2020), siendo matemáticas el área con el más bajo desempeño, dado que, solo aumentó un punto en el mismo periodo (de 391 a 392) (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico, 2018)²⁷. Finalmente, a pesar de que los programas del Ministerio de Ciencia, Tecnología, e Innovación han impulsado el fomento de las vocaciones científicas, su enfoque de acceso por demanda limita la cobertura deseada asociada a los mismos (Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, 2021).

Adicionalmente, se evidencia una baja orientación vocacional en CTI. A pesar de su alta demanda laboral, en Colombia se observa una alta deserción en educación superior (37 %) y una baja inserción y demanda en carreras STEAM en comparación con los programas de economía, administración, contaduría, y ciencias sociales y humanas (Banco Mundial, 2019). Además, los semilleros de investigación no se han consolidado como una

²⁶ PISA por las iniciales de su nombre en inglés, a saber: *Program for International Student Assessment*.

²⁷ En el ranking internacional de las pruebas PISA entre 2015 y 2018 Colombia cayó en todas las áreas: en ciencias de la posición 57 a la 62; en habilidades de lectura de la 54 a la 58, y en matemáticas del puesto 61 al 69.

estrategia para la formación de investigadores, pues no cuentan con lineamientos nacionales ni han sido objeto de reconocimiento y valoración institucional por parte del SNCTI (Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, 2021).

Finalmente, existe un desconocimiento generalizado de las acciones realizadas por los distintos actores del SNCTI para el fomento y desarrollo de vocaciones científicas. La información sobre la oferta de instrumentos e intervenciones en materia de fomento de vocaciones en CTI se encuentra atomizada, lo que contribuye a que la población la desconozca, y, por lo tanto, no participe en las mencionadas actividades (Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, 2021). Asimismo, existe un desconocimiento de la información precisa acerca de las acciones de fomento a las vocaciones científicas dirigidas a poblaciones en condición de vulnerabilidad (Colciencias, 2018).

Déficit de capital humano en CTI

El acervo de capital humano con el que cuenta el país para mejorar la calidad de la investigación es insuficiente (Gómez, 2015). La brecha de capital humano con formación para la CTI es amplia respecto a países de Latinoamérica y entre las regiones del país. Pese a que en los últimos años se ha incrementado el número de oportunidades de acceso a la formación de alto nivel²⁸, para 2017, el país solo tenía 0,17 investigadores por cada 1.000 personas de la población económicamente activa; mientras que, la misma tasa en Latinoamérica y el Caribe para 2018 era de 1,03 (Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología Iberoamericana e Interamericana [Ricyt], 2018). Por otro lado, las regiones del país presentan entre sí amplias diferencias en el capital humano en CTI, ya que, por ejemplo, Bogotá tiene 0,75 investigadores por cada 1.000 habitantes mientras que la región centro-oriente 0,28 y la región pacífica 0,27 (Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, 2020). Además, el 51 % de los beneficiarios de la estrategia de formación de alto nivel del Ministerio de Ciencia, Tecnología, e Innovación provienen de las ciudades principales, mientras que varios departamentos no están representados²⁹ (Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, 2021).

Sumado a lo anterior, la formulación de los planes de formación de talento humano en el país tiene debilidades en la focalización de áreas de conocimiento estratégicas y emergentes en sinergia con el tejido empresarial, la academia, y el sector público. Esta

²⁸ De acuerdo con el Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología, Colombia pasó de 356 becas de doctorado y 1.467 de maestría en 2008 a 981 y 4.446 becas en 2017.

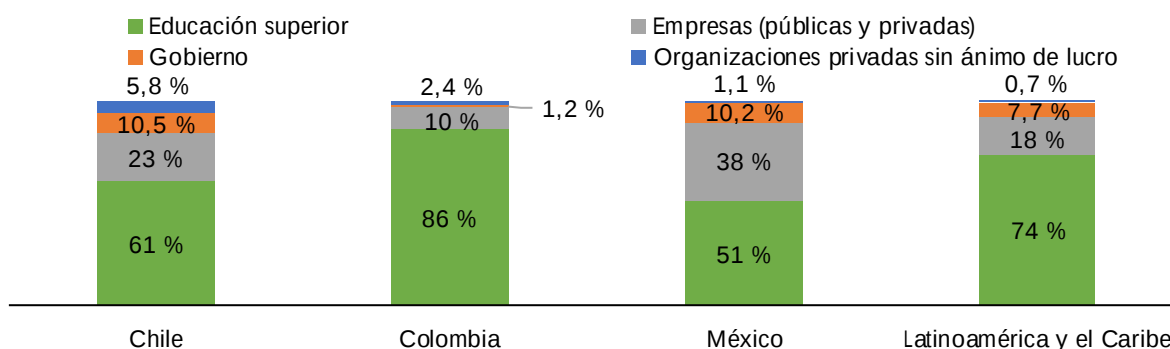
²⁹ La no representación de algunos departamentos se explica en el enfoque de demanda que la estrategia tiene, si la población de un departamento no aplica al beneficio, el departamento no lo obtiene, y, por lo tanto, no queda representado.

desarticulación se refleja en la oferta educativa nacional y en las líneas de investigación para el otorgamiento de becas a nivel de maestría y doctorado (Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, 2021). En particular, la pirámide de la educación superior en Colombia está invertida, ya que la cantidad de egresados de programas técnicos y tecnológicos es baja respecto a la demanda del sector productivo y este tipo de formación presenta baja calidad (Fundación para la Educación Superior y el Desarrollo [Fedesarrollo], 2015).

Baja inserción del capital humano en CTI en el sector productivo

Relacionado con los retos de formación de capital humano en CTI, el país presenta un rezago en el nivel de vinculación y demanda de estos profesionales en el sector productivo. De acuerdo con el GII Colombia ha tenido un descenso continuo en el empleo intensivo en conocimiento, cayendo de la posición 57 del índice en 2013 a la 86 en 2019 (Cornell University; Institut Européen d'Administration des Affaires; WIPO, 2019). En el año 2017, sólo el 2,62 % de los investigadores colombianos se encontraban vinculados a empresas mientras que en promedio en América latina y el Caribe esa cifra alcanzaba el 16,60 % (Ricyt, 2020). Además, en 2018 solo 24,5 % de las empresas del sector manufacturero reportaron personas trabajando en ACTI, que representaban el 1,8 % del personal de la industria (Departamento Administrativo Nacional de Estadística [DANE], 2018). Por otro lado, como se muestra en el Gráfico 2 Colombia es el país con la menor proporción de investigadores fuera de la academia dado que tal cifra asciende a 4,4 % mientras el promedio de Latinoamérica y el Caribe está en 27,7 %.

Gráfico 2. Investigadores por sector de vinculación en 2017^(a)



Fuente: Dirección de Innovación y Desarrollo Empresarial del DNP con información de la Ricyt (2018).

(a) Los datos de Chile y México corresponden al año 2016.

De modo similar, la contratación de docentes con educación doctoral es baja en las Instituciones de Educación Superior (IES). Si bien la mayor parte de los investigadores

activos con doctorado en el país se encuentran vinculados a la academia³⁰, según el reporte estadístico del Ministerio de Educación Nacional para 2019 solo el 9,2 % de los docentes de las IES tenían título de doctorado (Ministerio de Educación Nacional, 2020). Esta cifra es levemente menor a la de otros países de la región como Chile, donde el 13,9 % de los docentes de las IES corresponden a docentes con títulos de doctorado en el año 2019 (Subsecretaría de educación de Chile, 2020).

Además, los incentivos e instrumentos orientados a la inserción de doctores en los sectores empresarial y público son insuficientes. La tasa de retención de doctores luego de la terminación de programas de vinculación doctoral o de estancias postdoctorales es baja, pese a los resultados positivos como la mejora de la productividad de las entidades beneficiarias en un 29,2 % y la reducción de sus costos en un 12,5 % (Estupiñán, 2014). Por otra parte, la vinculación de doctores a entidades del Gobierno nacional es baja debido a la reducida oferta de plazas laborales que solicitan ese nivel de formación, y a la limitada capacidad del sector para crear nuevas plazas que vinculen ese tipo de profesionales (Centro Nacional de Consultoría, 2017).

Otros de los retos que enfrenta la inserción de capital humano en CTI en el mercado de trabajo es el bajo reconocimiento social de la carrera de investigador y la baja atracción de talento humano en la academia y en el sector público. En el sector gubernamental y académico no se establecen cargos bajo la denominación de investigador como nivel o perfil de empleo, y este sector no siempre es del interés de los investigadores (Organización para los Estados Iberoamericanos, 2012). Esta situación incrementa la probabilidad de fuga de cerebros con lo cual se disminuye la tasa de retorno de la inversión realizada desde el Gobierno nacional en la formación de alto nivel (Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, 2019).

4.2. Débil entorno habilitante para la generación de conocimiento

La débil generación de conocimiento en el país atenúa la contribución de la CTI a su desarrollo económico, social, y ambiental. El conocimiento generado en Colombia presenta rezagos en calidad e impacto lo que debilita la contribución de la CTI en la sociedad colombiana. Se ha identificado que este rezago está asociado a: (i) la baja capacidad de generación de conocimiento científico; (ii) el insuficiente desarrollo de la infraestructura científica y tecnológica, y (iii) las débiles capacidades de las Instituciones Generadoras de Conocimiento (IGC) y de las entidades de soporte para cumplir su misionalidad. A continuación se abordan cada una de las problemáticas identificadas.

³⁰ De acuerdo con el Observatorio colombiano de Ciencia y Tecnología (2014) de los 4.539 investigadores activos con doctorado en el 2012 el 90,8 % se encontraba vinculado a IES.

Baja capacidad de generación de conocimiento científico

La producción científica total y en ciencia, tecnología, ingeniería, y matemáticas (STEM)³¹ en Colombia se encuentra rezagada en términos de volumen e impacto. En 2019 el aporte del país a la producción científica mundial fue del 0,33 % ubicándolo por debajo de Brasil, México, Chile, y Argentina (Scimago, 2020). Así mismo, en Colombia se publican 4,5 artículos por billón de dólares del PIB *per cápita*³² lo cual es menor que lo que publica Argentina (6,8), Brasil (9,7), y Chile (13,2) (WIPO, 2021). Por otro lado, aunque en el año 2019 Colombia se ubicó en el puesto 47 de 231 países en el ranking mundial del *índice H³* (Scimago, 2020), no se posicionó como uno de los tres mejores países latinoamericanos. Finalmente, a pesar de que la producción científica total³⁴ ha aumentado de forma continua, la producción en STEM no lo ha hecho. En el periodo 2008–2017 la participación de áreas STEM en el total de la producción científica del país cayó 6,5 puntos porcentuales en *Scopus* (Observatorio de Ciencia y Tecnología, 2019).

Relacionado con lo anterior, los incentivos para la generación de producción científica de calidad son insuficientes. El sistema científico mundial presenta una baja pertinencia en la investigación respecto a los retos regionales y nacionales de los entornos en los que se desarrolla (Arocena, Göransson, & Sutz, 2018). En Colombia esta dinámica es reforzada por la estructura asimétrica de incentivos del Decreto 1279 de 2002³⁵ de alcance para las IES públicas, que privilegia la investigación sobre la extensión y la docencia, los cuales también son ejes fundamentales de la universidad consignados en la Ley 30 de 1992³⁶ (Universidad de Antioquía, 2014). Por tanto, dicha estructura otorga una baja ponderación a la producción tecnológica; de innovación, y artística.

Por otro lado, la ciencia abierta presenta un bajo desarrollo en el país. La ciencia abierta involucra la apertura del acceso a la producción y los datos científicos, así como la participación de la ciudadanía en la ciencia (Smith, Gunashekar, Lichten, Parks, & Chataway,

³¹ STEM por las iniciales de su nombre en inglés, a saber, *science; technology; engineering; and mathematics* *.

³² Las cifras presentadas tienen en cuenta la paridad del poder adquisitivo. Este principio establece que los niveles de precios en diferentes economías deben ser iguales. De esta forma, los tipos de cambio entre diversas monedas deben mantener el mismo poder adquisitivo en cualquier parte del mundo, de modo que lo que se compra con un dólar en Colombia, debe ser igual a lo que se puede comprar en Ecuador; Estados Unidos, y demás países con un dólar.

³³ El *índice H* expresa el número de artículos de la revista *Scimago* que han recibido al menos *h* citas. Cuantifica tanto la productividad científica de la revista como su impacto científico. También es aplicable a científicos; países, y otros.

³⁴ La producción científica total se mide en términos de los artículos y documentos científicos.

³⁵ Por el cual se establece el régimen salarial y prestacional de los docentes de las Universidades Estatales.

³⁶ Por la cual se organiza el servicio público de la Educación Superior.

2016). En Colombia, se ha identificado que las principales barreras para el desarrollo de la ciencia abierta son: (i) insuficiencia de recursos para la financiación; (ii) limitado conocimiento sobre sus potenciales beneficios; (iii) baja motivación y pocos incentivos para su desarrollo, y (iv) débil infraestructura tecnológica asociada a la apertura y acceso a producción y datos científicos (Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, 2018). De hecho, ya que la mayoría de los incentivos en el país están dirigidos a la publicación de artículos en revistas indexadas en *Web of science* y *Scopus*, el acceso abierto a la producción nacional se ha obstaculizado debido a las restricciones de estas plataformas (Uribe-Tirado, 2016). Por otro lado, tal y como lo indica el Documento CONPES 3920, publicado en 2018, en el país hay una baja cultura de datos abiertos, lo que además de causar las implicaciones abordadas en el mencionado documento de política, obstaculiza el desarrollo de la ciencia abierta.

Finalmente, se exhibe un débil reconocimiento de los lineamientos en ética de la investigación, bioética, e integridad científica, entre los diversos actores del SNCTI. Los resultados de la encuesta realizada como insumo para la formulación de la política vigente en este aspecto señalan que la problemática más recurrente en la consolidación de la ética, bioética, e integridad científica, es el bajo grado de conocimiento, uso, articulación, y actualización, de lineamientos mínimos éticos de investigación y de integridad científica (Colciencias, 2017)³⁷. Así también, la misma encuesta identificó que las malas prácticas más frecuentes en el ejercicio de la CTI son: (i) omisión o inclusión de autores en publicaciones sin el respectivo reconocimiento o mérito (54,8 %); (ii) falta de rigurosidad en la trazabilidad de los datos, su recolección, análisis, y custodia (51,9 %); (iii) falta de compromiso, seguimiento, y acompañamiento, en la dirección de trabajos de grado (42,2 %), y (iv) realización de investigaciones sin el respectivo aval y seguimiento de un Comité de ética de la investigación o de bioética (37,7 %). Finalmente, muchas de las instituciones que realizan ACTI y que han ingresado recientemente a hacer parte más activa del SNCTI, no reconocen la importancia de contemplar lineamientos en ética científica, como camino a la excelencia científica (Colciencias, 2017).

Insuficiente desarrollo de la infraestructura científica y tecnológica

Respecto a sus pares, los investigadores colombianos cuentan con una infraestructura inferior para realizar investigación. Colombia ha retrocedido a nivel internacional respecto a la infraestructura para la CTI. Mientras que en 2013 el país superaba

³⁷ Resultado obtenido mediante encuesta en la que participaron 832 personas, la mayoría investigadores reconocidos por el entonces Colciencias, hoy Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación.

al 74,6 % de los países medidos por el GII en el subíndice de infraestructura³⁸ en 2020 superó a solo al 56,9 % (WIPO, 2021) . Por otro lado, en 2017 el gasto promedio en I+D por investigador en Colombia fue de USD 58.260 lo cual es inferior en USD 16.900 al promedio de Latinoamérica y el Caribe (Ricyt, 2020).

Así también, el estado de la infraestructura física y de equipamientos de laboratorios del país, es inadecuado. Actualmente, no se dispone de información que permita establecer las condiciones del país en relación con la obsolescencia y antigüedad de equipos robustos para la CTI, lo que dificulta la toma de decisiones para el fortalecimiento de los mismos y por esta vía, el fortalecimiento de ACTI que requieren de dicha infraestructura.

Finalmente, el país presenta un rezago en infraestructura empresarial de alta tecnología. En las categorías de exportaciones de alta tecnología; exportaciones de servicios de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC), y manufactura de alta tecnología, del GII, el país ocupa los puestos 69; 90, y 63, respectivamente, entre 132 países (Cornell University; Institut Européen d'Administration des Affaires; WIPO, 2019)³⁹.

Débiles capacidades de las IGC y de las entidades de soporte para cumplir su misión

Las capacidades de las IGC para cumplir su misión son débiles. Aunque Colombia se ubicó en la posición 35 de 132 a nivel global⁴⁰ en la clasificación mundial de universidades *QS world university ranking* (WIPO, 2021), esta puntuación lo ubica por debajo de Chile, Argentina, México, y Brasil, en reputación académica, calidad de la investigación y la enseñanza, e internacionalización, de las universidades del país. Además, en el *Ranking web de centros de investigación del mundo* ninguno de los centros de investigación colombianos está dentro de los primeros mil puestos a nivel global y sólo existen tres dentro de los primeros cien a nivel latinoamericano (Laboratorio de Cibermetría, 2019)⁴¹.

³⁸ Este subíndice incluye infraestructura de tecnologías de la información y las comunicaciones; infraestructura general, y sostenibilidad ecológica.

³⁹ De acuerdo con Hidalgo & Hausmann, la teoría de complejidad económica, es posible inferir las capacidades tecnológicas de un país a partir de sus exportaciones.

⁴⁰ Esta posición se asignó considerando el promedio de puntuación obtenido por las tres mejores universidades del país.

⁴¹ Los tres institutos y sus respectivas posiciones a nivel latinoamericano y global son: Instituto Nacional de Salud (39 de 1.066); Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humbolt (51 de 1.267), y la Corporación colombiana de investigación agropecuaria (61 de 1.540).

Por otro lado, las entidades de soporte⁴² de las diferentes regiones del país presentan falencias en sus capacidades e institucionalidad. Aunque el 41 % de las entidades tienen servicios de laboratorio, el 92% de las pruebas que ejecutan no cuentan con certificación. Estas entidades presentan una alta rotación del personal, ya que al menos el 45 % del personal de los centros está vinculado en el desarrollo de proyectos y servicios tecnológicos temporales. Esto es un problema reconocido en la literatura, ya que la alta rotación del personal afecta la base de conocimiento institucional; genera costos adicionales, y afecta la efectividad de la organización (Fidalgo & Borges, 2012). Por último, el 64 % de estas entidades depende financieramente de la disponibilidad de recursos de terceros y solo el 28 % obtiene sus principales ingresos por venta de servicios (Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, 2020), lo que limita la planeación de mediano y largo plazo, y en esa vía, la ejecución de acciones y estrategias de fortalecimiento que perduren en el tiempo.

Adicionalmente, las entidades de soporte presentan un bajo esfuerzo y orientación comercial, así como debilidades en su plataforma estratégica y en propiedad intelectual (Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, 2020). La transferencia tecnológica y la gestión de la propiedad intelectual no tienen un peso relevante dentro de estas entidades (Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, 2020). En particular, las Oficinas de Transferencia de Resultados de Investigación presentan deficiencias en sus capacidades de prospectiva tecnológica, de construcción de portafolios de propiedad intelectual, y en la prestación de servicios especializados.

4.3. Bajo uso del conocimiento

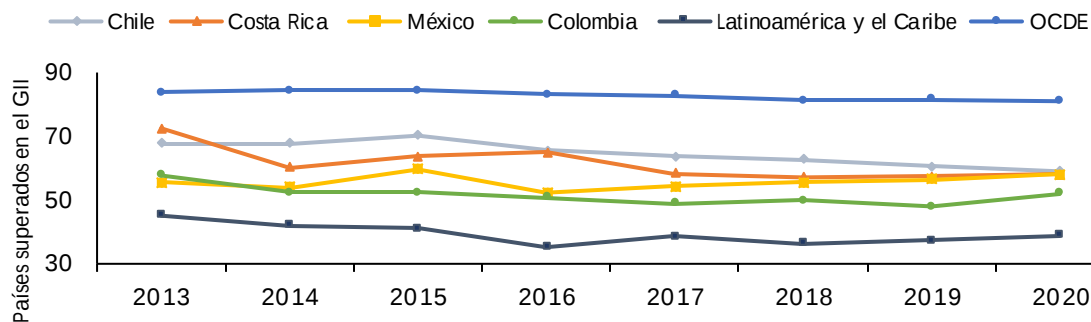
Además de la baja producción de conocimiento, en Colombia existen bajos niveles de uso del conocimiento asociados a bajos niveles de innovación y productividad. Estos bajos niveles de innovación y productividad, a su vez dificultan la contribución de la CTI a la solución de las problemáticas de la sociedad colombiana. Se ha identificado que el bajo uso del conocimiento se origina en: (i) las bajas capacidades y condiciones para innovar y emprender; (ii) el bajo desarrollo y transferencia de conocimiento y tecnología hacia el sector productivo, y (iii) el rezago en la adopción de tecnologías. A continuación, se abordan cada una de las problemáticas causa identificadas.

Bajas capacidades y condiciones para innovar y emprender

⁴² Agrupa aquellas entidades que proporcionan servicios científicos y tecnológicos como centros de Investigación; centros de desarrollo tecnológico; parques CTI, entre otros. Para más información debe consultarse el glosario.

Colombia presenta una baja capacidad innovadora en todos los sectores del país, tal como lo refleja su desempeño en el GII. En su última edición de 2021, el país ocupó el puesto 67 de 132 naciones evaluadas, lo cual puede ser explicado en función de un débil desempeño en los pilares de sofisticación de negocios, infraestructura tecnológica, y sofisticación de mercado, que son en los que el país se encuentra peor posicionado (WIPO, 2021). Esta situación es especialmente problemática al considerar que se viene presentado y empeorando desde 2014, ya que tal y como lo señala el *Pacto por la Ciencia, la Tecnología y la Innovación: un sistema para construir el conocimiento de la Colombia del futuro* del PND 2018-2022, y como puede apreciarse en el Gráfico 3, el país supera cada vez menos países en el mencionado índice.

Gráfico 3. Porcentaje de países superados por Colombia en el GII durante el período 2013–2020 (%)



Fuente: Dirección de Innovación y Desarrollo Empresarial del DNP con información del Índice Global de Innovación (2013 - 2020).

Así mismo, la gran mayoría de las empresas del país no contempla la innovación dentro de su estrategia de desarrollo empresarial. En Colombia alrededor del 75,4 % y del 67,7 % de las empresas manufactureras y de servicios, respectivamente, no son innovadoras. De acuerdo con los resultados 2017–2018 de la Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica (EDIT) solo el 0,1 % de las empresas manufactureras innovan en sentido estricto, mientras que 20,7 % innovan en sentido amplio (DANE, 2018). Por otro lado, de acuerdo con la EDIT de Servicios 2018–2019 solo 28,91 % y 3 % de las empresas son innovadoras en sentido amplio y potencialmente innovadoras, respectivamente (DANE, 2020). Respecto al reconocimiento del Ministerio de Ciencia, Tecnología, e Innovación a unidades de Investigación, Desarrollo e Innovación (I+D+i) de empresas y a empresas altamente innovadoras, solo hay 17 y 4 vigentes, respectivamente (Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, 2021).

Por otra parte, las empresas colombianas están lejos de alcanzar la frontera tecnológica y no hacen uso de servicios intensivos en conocimiento. De acuerdo con el Índice de Competitividad Global 4.0 (2018) Colombia cayó 3 puestos pasando de la posición 57 a la 60 entre 140 economías evaluadas de 2017 a 2018, lo que sugiere que el país no está bien equipado para enfrentar los desafíos de la cuarta revolución industrial. Esta caída puede estar explicada por un deterioro en: infraestructura logística y de servicios públicos; adopción de TIC; habilidades digitales; el sistema financiero, y el dinamismo de los negocios (Schwab, 2018). Además, en Colombia existen retos en la generación de empleos de servicios intensivos en conocimiento, ya que el país no cuenta con compañías globales de I+D y se encuentra 24,5 puntos por debajo del promedio de la OCDE en el GII en materia de *servicios intensivos en conocimiento* (Observatorio de Ciencia y Tecnología, 2019).

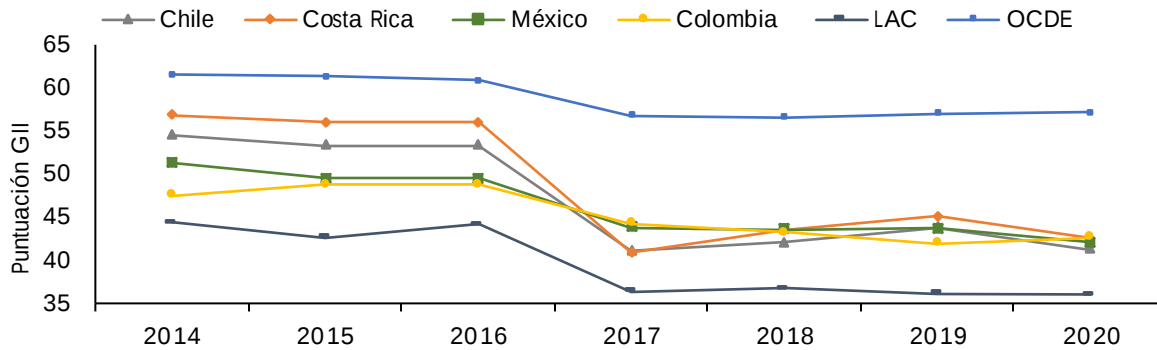
De modo similar, las empresas colombianas evidencian bajas capacidades gerenciales que impactan negativamente su capacidad de innovación. De acuerdo con la *World management survey* (2014), en una escala de 1 a 5, las empresas colombianas tienen un puntaje de 2,57 en prácticas de gestión, mientras que las empresas de países como Estados Unidos, Japón, y México, obtuvieron puntajes de 3,30; 3,20, y 2,89 respectivamente. Sumado a lo anterior, existe una diferencia entre los resultados obtenidos en las prácticas de gestión y la autopercepción de los gerentes colombianos, ya que estos últimos sobrevaloran sus capacidades gerenciales otorgándose un puntaje de 3,70 en *The New Empirical Economics of Management* (Bloom, Lemos, Sadun, Scur, & Reenen, 2014). Lo anterior resulta problemático en la medida en que limita sus capacidades para identificar oportunidades de mejora o innovación debido al rechazo o baja identificación de problemas y a la restricción de planeación de largo plazo (Cirera & Maloney, 2017; Rogers, 2013). Finalmente, la situación expuesta es consistente con los resultados 2017-2018 de la EDIT a partir de los cuales es posible concluir que el 63,64 % de las empresas colombianas no considera que sus gerentes tengan un bajo rendimiento, y el 24,64 % lo consideró rara vez o nunca (DANE, 2018).

Bajo desarrollo y transferencia de conocimiento y tecnología hacia el sector productivo

En Colombia se evidencia una limitada dinámica de cooperación para innovar entre universidades y empresas, lo cual obstaculiza el flujo de conocimiento. Lo anterior, puede apreciarse en el Gráfico 4. De acuerdo con el GII el país presenta un claro deterioro en redes de colaboración entre el sector productivo y la academia, ya que entre 2014 y 2020 el subíndice de *Colaboración de investigación universidad/Industria* decreció en promedio 1,5 % cada año. Asimismo, la EDIT muestra un retroceso en dicha articulación, pues mientras en el período 2009–2010 un 5,7 % de las empresas del sector manufacturero indicaron que tenían relacionamiento con universidades, entre 2017–2018 sólo el 3,8 % de

las empresas así lo manifestaron (DANE, 2017-2018), reflejando la inexistencia de un puente robusto de transferencia de conocimiento científico al sector productivo y empresarial.

Gráfico 4. Colaboración universidad-empresa 2014-2020



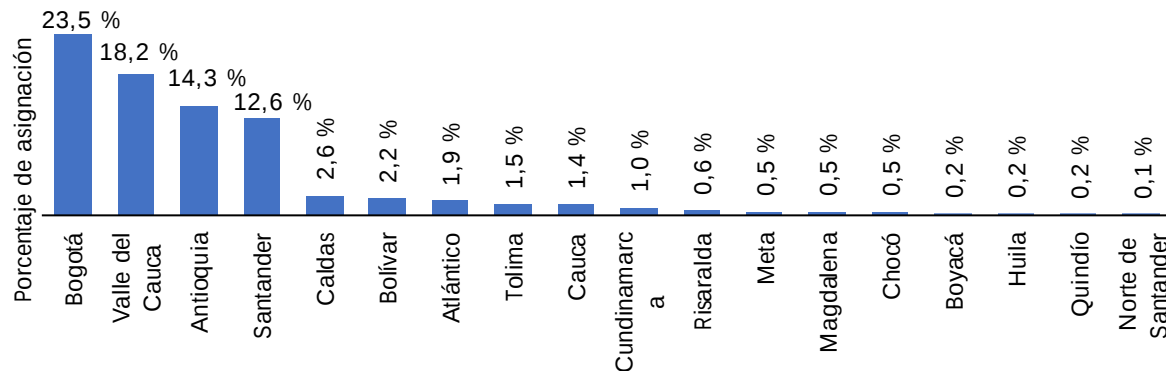
Fuente: Dirección de Innovación y Desarrollo Empresarial del DNP con información del Global de Innovación (2021).

El país enfrenta retos importantes en materia de sensibilización empresarial y su acercamiento a la ciencia como factor de desarrollo productivo y de competitividad. Según el Monitor Global de Emprendimiento, y tal y como lo señala el PND 2018–2022, en Colombia la aceptación sociocultural del emprendimiento se ha reducido de 71 % en 2015 a 66 % en 2016, lo cual puede estar explicado por la baja sensibilización empresarial sobre el tema. Sumado a lo anterior, existe un profundo desconocimiento de los instrumentos públicos para la financiación de la CTI. De acuerdo con los resultados 2017–2018 de la EDIT cerca del 76,7 % de las empresas que tuvieron la intención de acceder a recursos para financiar ACTI identificaron como obstáculos al acceso a recursos públicos el desconocimiento de las líneas de financiación públicas existentes, seguido de la falta de información sobre requisitos y trámites que fue reportado por el 75,7 % de las empresas encuestadas (DANE, 2017-2018).

Por otra parte, en Colombia no existen incentivos para el aprovechamiento de los resultados de investigación en el desarrollo de nuevas tecnologías, pues existe una baja demanda de conocimiento científico y tecnológico desde el sector productivo. De acuerdo con la medición de la producción nacional registrada en *Scienti* en 2019 sólo un 4 % de los productos correspondía a patentes de invención, modelos de utilidad, o productos de desarrollo tecnológico e innovación, lo que indica una baja demanda de conocimiento científico. Por su parte, la inversión destinada al financiamiento de pruebas de concepto o validación de prototipos de nuevas tecnologías pre comercial o comercial representa sólo el 8,2 % del total invertido en proyectos de CTI allí registrados (Ministerio de Ciencia,

Tecnología e Innovación, 2020). Adicionalmente, esta situación se agudiza en los diferentes departamentos del país como se observa en el Gráfico 5.

Gráfico 5. Asignación porcentual de recursos destinados a validación de conceptos o validación de prototipos en el marco de la CTI 2010-2018



Fuente: Ministerio de Ciencia, Tecnología, e Innovación (2021).

Rezago en la adopción de tecnologías

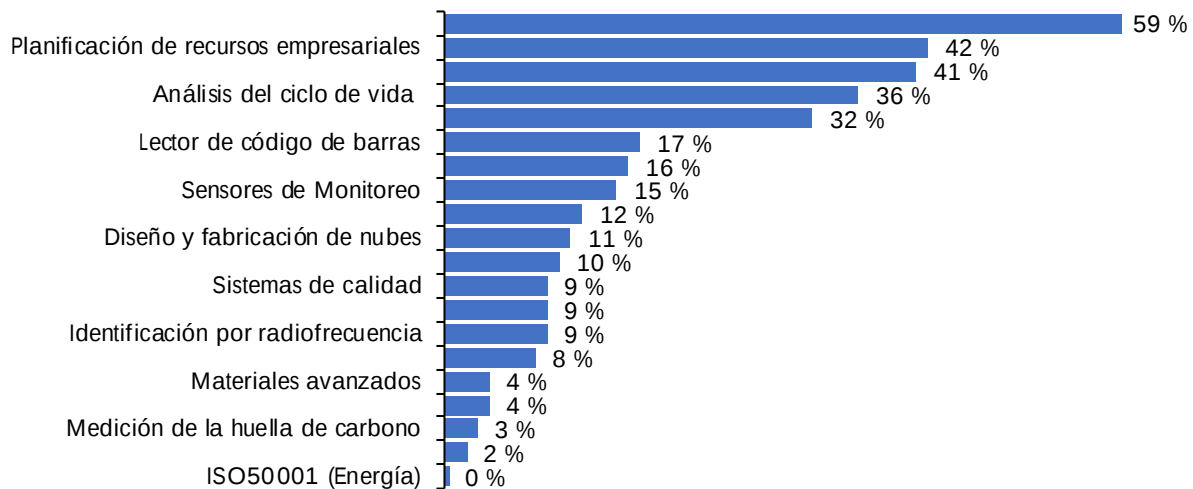
En Colombia, existe una baja capacidad de adopción tecnológica en la producción empresarial. Según el estudio *Colombia manufacturing surveys* solo 67 % de las empresas manufactureras recurren a asistencia externa para la adopción de técnicas y tecnologías de producción. Además, en el país se identificaron disparidades por tamaño empresarial y antigüedad en este aspecto. A ese respecto, el 42 % de las empresas más pequeñas y el 47 % de las empresas jóvenes no buscan ningún tipo de apoyo para la transferencia de conocimiento y tecnología. Adicionalmente, los mencionados resultados permitieron concluir que la introducción de tecnologías avanzadas tiene una relación directa con el tamaño empresarial, ya que el 11,1 % de las empresas grandes utilizó robótica en sus procesos productivos mientras que esta tecnología fue usada por menos del 1 % de las microempresas.

Además, en Colombia existe un acceso limitado y bajo uso de las TIC. De acuerdo con el reporte del Banco Mundial *Readiness for the future of production* (2018) el país se encuentra clasificado en *etapa naciente* en el uso de TIC debido a su desempeño en la estructura productiva en la cual ocupó el puesto 56 de 100 economías estudiadas. Esto es importante pues la industria 4.0 se desarrolla a través de tres actividades simultáneas, a saber: (i) la digitalización e integración de cadenas de valor horizontales y verticales; (ii) la digitalización de productos y servicios, y (iii) la aparición de nuevos modelos de negocio digitales (DNP, 2020).

Ahora bien, aunque el país no cuenta con la infraestructura suficiente para la adopción de las tecnologías 4.0, y, aún con su capacidad actual, tampoco explota su máximo potencial. De acuerdo con el Observatorio de Economía Digital, en 2017 el 59 %

de las empresas adoptaron tecnologías de la cuarta revolución industrial para realizar operaciones de mantenimiento preventivo y tan solo el 2 % lo hicieron para la implementación de procesos automáticos o de robótica (Cámara de Comercio de Bogotá; Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones; International Chamber of Commerce, 2018). Lo anterior puede observarse en el Gráfico 6.

Gráfico 6. Penetración de tecnologías en empresas colombianas en 2017



Fuente: Dirección de Innovación y Desarrollo Empresarial del DNP con información del Observatorio de Economía Digital (2021).

4.4. Baja apropiación social del conocimiento

En la sociedad colombiana se evidencia una cultura en CTI débil que impide mejorar la contribución de la CTI en la sociedad colombiana. Se ha identificado que esta baja apropiación social del conocimiento es causada por: (i) la baja inclusión y cultura de CTI, y (ii) la débil comunicación del quehacer científico y de la CTI. Cada una de estas problemáticas causas se soportan el diagnostico presentado a continuación.

Baja participación, impacto, y cultura de CTI

Existe una baja inclusión de la ciudadanía en los procesos de desarrollo y divulgación de conocimiento científico y tecnológico, así como un bajo relacionamiento con actores de dichos procesos. De los centros de ciencia, un 29 % establece relaciones con la comunidad académica y con instituciones educativas; un 20 % con organizaciones del sector productivo, y apenas un 13% se relaciona con grupos u organizaciones comunitarias (Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, 2021). Además, hay una baja participación de la academia en debates públicos y en el desarrollo de investigación contextualizada e incluyente (Daza-Caicedo & Lozano-Borda, 2013; Chingaté & Molano,

2016). Por otro lado, en Colombia hay una baja presencia de actores como empresas, centros de desarrollo tecnológico, centros de innovación, y emprendedores, en iniciativas de apropiación social del conocimiento (Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, 2021). Adicionalmente, la ciudadanía ha estado generalmente excluida de la toma de decisiones en CTI Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación, 2018).

Esto se complementa con un insuficiente alcance e impacto en la sociedad de los esfuerzos en apropiación social del conocimiento implementados en el país. La inversión de recursos entre el 2011 y el 2018 para la apropiación social del conocimiento fue de 0,7 % del total del presupuesto del entonces Colciencias, lo que resultó ser un limitante para el desarrollo y consolidación de programas, proyectos, y actividades, de apropiación social del conocimiento (Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, 2020). A ese respecto, durante 2019 los programas de apropiación social del conocimiento en innovación social apenas lograron beneficiar al 0,2 % de la población colombiana, lo que constituye un avance insuficiente en esa materia (Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, 2021).

A pesar de que existe una alta valoración de la CTI en la sociedad colombiana, existe un bajo interés por la misma. Los resultados de la última encuesta de percepción en CTI evidencian que, respecto a las actitudes, prácticas, y valoraciones de la CTI, el 75 % de los encuestados consideran relevante la ciencia pero tienen un bajo interés por ella y sus políticas, ya que solo el 22 % había asistido a charlas o conferencias académicas; el 19 % había asistido a museos de ciencia y tecnología, y el 11 % a la Semana de la Ciencia⁴³ (Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología, 2014).

Débil comunicación del quehacer científico y de la CTI

La socialización y comunicación pública del SNCTI ha sido ineficiente. Uno de los insumos básicos para proponer las políticas de comunicación pública de la ciencia son las encuestas de percepción de la ciencia y las llamadas a orientar estrategias y acciones para enfrentar este tipo de retos (Fernández-Polcuch, Bello, & Massarani, 2016). Sin embargo, sólo se han realizado tres encuestas de este tipo en Colombia, la más reciente publicada en 2014. El bajo número de encuestas refleja la baja importancia en materia de política que se le ha dado al tema y la desactualización de las estrategias de divulgación pública que buscan promover la cultura científica entre los colombianos (Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología, 2014).

⁴³ El Ministerio de Ciencia, Tecnología, e Innovación lidera la semana de la ciencia, espacio que busca reunir a la sociedad civil, la comunidad científica, el sector productivo y los entes gubernamentales, para fortalecer los procesos de diálogo entre ellos en la generación de conocimiento entre expertos y comunidades.

Adicionalmente, la estrategia de promoción de cultura científica y comunicación pública de la CTI es débil. De acuerdo con Fernández-Polcuch et al. (2016), mientras hay países que dedican partes o capítulos enteros de sus respectivas leyes nacionales de CTI a la cultura científica, como Argentina y México, en Colombia sólo mencionan el tema en leyes que definen los objetivos y visiones de organismos nacionales de ciencia y tecnología. El limitado alcance de los instrumentos de política colombianos en promoción y comunicación de la CTI ha contribuido a la insuficiencia de las estrategias y acciones dirigidas a comunicar públicamente la cultura científica.

4.5. Insuficiente uso de las potencialidades regionales, sociales, e internacionales, en la generación y uso del conocimiento

En el país se evidencia un bajo reconocimiento y explotación de las potencialidades regionales, sociales, e internacionales. Se pueden identificar al menos tres problemáticas asociadas a los sistemas regionales de innovación, a las brechas sociales, y a la internacionalización que dificultan el fortalecimiento de la contribución de la CTI en la sociedad colombiana, a saber: (i) la alta exclusión social en el desarrollo de la CTI; (ii) la alta heterogeneidad en las capacidades en CTI entre regiones, y (iii) la baja gestión de la cooperación e internacionalización de la CTI; a continuación, se abordan en detalle cada una de ellas.

Alta exclusión social en el desarrollo de la CTI

En Colombia la participación de mujeres en la ciencia es baja. La brecha de género en la materia es considerable para el caso del país, dado que para el año 2019, de 16.796 investigadores solo el 38 % eran mujeres (Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, 2021). Además, la relación existente en posiciones de liderazgo en los grupos de investigación es de una mujer por cada cinco hombres (Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, 2021).

Adicionalmente, el país enfrenta retos en el desarrollo de políticas de CTI con un enfoque diferencial, territorial, y participativo. Múltiples iniciativas en materia de CTI desconocen las formas de desigualdad y discriminación que pueden existir en el ecosistema innovador. Lo mismo sucede para el caso de las diferencias que se dan en los territorios por su diversidad ecológica, cultural, institucional, entre otros factores. Además, la baja orientación de la CTI hacia necesidades o particularidades de algunos segmentos de la población agudiza su baja apropiación (Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, 2021).

Alta heterogeneidad en las capacidades en CTI entre regiones

El país presenta grandes brechas en CTI entre los territorios, tanto en capacidades como en resultados, reflejado en una concentración de la actividad científica en pocos departamentos. Según la OCDE, mientras la heterogeneidad en la productividad entre regiones es normal, una disparidad excesivamente alta reduce el potencial de productividad agregada de la economía (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico, 2019). Los indicadores regionales de CTI muestran que más de la mitad de los grupos de investigación en las categorías A1 y A (62 %); de los investigadores reconocidos (59 %); de los recursos en ACTI (69%), y de los proyectos de investigación financiados (66%), se localizan en Bogotá y en los departamentos de Antioquia y Valle (Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, 2021).

La definición de apuestas en CTI a nivel nacional y entre regiones se encuentra desarticulada, por lo que carece de alineación alrededor de esfuerzos comunes. En relación con lo anterior, los 33 Planes y Acuerdos Estratégicos Departamentales (PAED) de CTI contienen un total de 208 focos temáticos para priorizar las inversiones en la materia a nivel territorial⁴⁴. En algunos escenarios, de acuerdo con el PND 2018–2022, las apuestas de los PAED no necesariamente coinciden con otros instrumentos de planeación vigentes relacionados con competitividad e innovación como los planes territoriales de desarrollo, las agendas departamentales de competitividad e innovación, entre otros. Esta multiplicidad de agendas genera dificultades en la consolidación de la consistencia y orientación estratégica del SNCTI.

Las capacidades para CTI son bajas en la mayoría de los departamentos y hay un nivel limitado de cooperación entre regiones. De acuerdo con el Índice Departamental de Innovación de Colombia (IDIC)⁴⁵, 23 de 31 departamentos (74 %) tienen un nivel de desempeño medio, medio bajo, o bajo, en sus capacidades y condiciones para el desarrollo de ACTI (DNP, 2021), tal como se observa en el Mapa 1. Adicionalmente, hay baja cooperación entre departamentos alrededor de proyectos conjuntos de CTI, muestra de ello es que de los 346 proyectos financiados entre 2012 y 2018 por el Fondo de CTI del SGR, solo el 3,7 % (13 proyectos) tenían un alcance regional al involucrar recursos de más de un departamento⁴⁶.

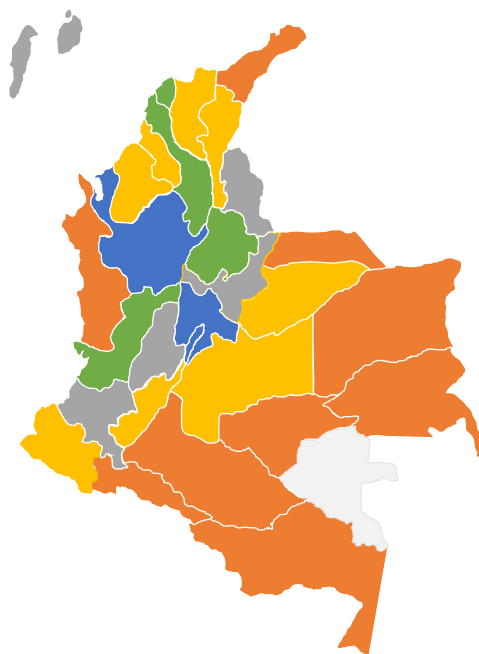
⁴⁴ Esta información se encuentra desagregada y disponible en: <https://minciencias.gov.co/gestion-territorial/paed-suscritos-y-actualizados>.

⁴⁵ El IDIC es un índice calculado por el DNP para medir las capacidades en CTI de los departamentos de Colombia.

⁴⁶ Esta información se encuentra disponible de manera desagregada en: https://MinCiencias.gov.co/sites/default/files/upload/reportes/proyectos_aprobados_03_04_2020.xlsx

Mapa 1. Resultados del IDIC, 2020

■ Alto ■ Medio alto ■ Medio ■ Medio bajo ■ Bajo



Fuente: DNP (2021).

Finalmente, a nivel territorial existe una baja articulación entre las instancias institucionales competentes relacionadas con CTI. Según la Universidad de los Andes (2020), la división de responsabilidades y funciones entre las instancias de CTI y de competitividad no es clara, situación que se refuerza por la heterogeneidad en capacidades entre territorios. Adicionalmente, desde el Ministerio de Ciencia, Tecnología, e Innovación se ha identificado que los Codecti enfrentan problemáticas relacionadas con baja diversidad de actores y débil vinculación con las dinámicas culturales; ambientales, y políticas, de nivel municipal.

Baja gestión de la cooperación e internacionalización de la CTI

El país tiene un bajo dinamismo e inserción en redes internacionales de CTI. Por un lado, durante el siglo XXI el país ha tenido una disminución recurrente en el flujo de recursos internacionales para la financiación de ACTI, con tasas de crecimiento negativas que han oscilado entre -0,9 % y -9,1 % para el periodo 2001–2019 (Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología, 2020). En complemento y según datos de la plataforma *Scienti*, sólo 699 de los investigadores reconocidos (8,4 % del total de investigadores) participan o han participado de alguna red de conocimiento especializado cuyo nodo principal se encuentra fuera de Colombia. Este hecho responde a la ausencia de mecanismos de cooperación y

coordinación para crear y fortalecer lazos, la informalidad de la diáspora científica; la baja gestión de la diplomacia científica, entre otros (Gobierno nacional, 2019).

Adicionalmente, la CTI no es prioridad dentro de las relaciones de cooperación internacional del país. En cuanto a demanda de cooperación, la CTI se ubicó en el último lugar en apalancamiento de recursos con tan solo el 0,14 % de los recursos movilizados en 2019. Por otro lado, el país no ha cumplido un rol significativo como oferente de cooperación internacional en materia de CTI, teniendo en cuenta su admisión como miembro pleno de la OCDE y la identificación de sus potenciales de oferta (Agencia Presidencial para la Cooperación, 2019).

Por otra parte, las colaboraciones internacionales son escasas para el desarrollo de ACTI en Colombia y mayormente informales. En materia de artículos publicados en *Scopus*, solo el 47 % de los artículos colombianos involucraron colaboración internacional, mientras que Chile y Costa Rica involucraron 61,3 % y 71,3 %, respectivamente (Ricyt, 2018). Además, Colombia ocupa el puesto 72 entre 141 países en el número de patentes con coinventores ubicados en el extranjero (Foro Económico Mundial, 2019). Así también, según el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación (2021), gran parte de las actividades e interacciones entre actores del SNCTI y actores internacionales se han llevado a cabo de manera informal, espontánea, y desconectada, de las prioridades definidas desde la política de CTI.

4.6. Baja dinamización del SNCTI

Las dinámicas de gobernanza y relacionamiento entre actores del SNCTI son débiles. Puntualmente, se identifican dos problemáticas asociadas a la dinamización; gobernanza, y relacionamiento, de actores del SNCTI que impiden mejorar la contribución de la CTI en la sociedad colombiana, estas son: (i) débil marco regulatorio y articulación institucional, e (ii) insuficiente información estratégica para la toma de decisiones.

Débil marco regulatorio y articulación institucional

Las entidades públicas del orden nacional tienen baja especialización en roles y funciones respecto a la actual política de CTI. El actuar de las entidades públicas se caracteriza por la existencia de traslape de funciones, superposición de instrumentos, y baja visión sistémica o articulación (Banco Mundial, 2015), así como por la poca claridad en el rol de las entidades públicas en materia de innovación y emprendimiento (Tarana, 2018, pág. 45). En un ejercicio reciente, el DNP y la Presidencia de la República (2019) mapearon 221 instrumentos con objetivos de política en CTI en veinte entidades públicas del orden nacional encontrando que se caracterizan por su baja segmentación de usuarios, baja

articulación, y atomización del gasto. Así también, se ha identificado una limitada coordinación de políticas entre las entidades del orden nacional y las acciones de los actores a nivel territorial (DNP, 2021).

De modo similar, existe una limitada articulación entre el SNCTI y otros arreglos institucionales relacionados con CTI. De acuerdo con el Consejo Privado de Competitividad (2019), el arreglo institucional en CTI presenta confusiones entre los niveles estratégicos, de diseño de política, y de ejecución de instrumentos, los cuales se incrementan por los cambios gubernamentales asociados al ciclo político. En complemento, la *Misión internacional de sabios* (2019) señala la falta de vínculos claros del SNCTI con otros sistemas de investigación e innovación como el Sistema Nacional Ambiental (SINA), el Sistema Nacional de Competitividad e Innovación (SNCI), las instancias en materia de educación y formación, entre otros.

El arreglo institucional en CTI tiene multiplicidad de prioridades estratégicas que posibilita la dispersión de esfuerzos y la posterior desarticulación. A nivel nacional el SNCTI cuenta con trece Consejos nacionales de programas en CTI⁴⁷ que no necesariamente están alineados con otros ejercicios de priorización a nivel nacional, como por ejemplo los ocho focos estratégicos de la *Misión internacional de sabios*; las apuestas en otros sectores administrativos, o lineamientos metodológicos como las áreas de conocimiento de la OCDE. Este escenario contribuye a las principales restricciones operacionales para el desarrollo de la CTI, que según la *Misión internacional de sabios* (2019) corresponden a la ausencia de expectativas conjuntas, la falta de espacios de diálogo estructurado, la atomización de asignaciones presupuestales, y el gasto desenfocado.

Además, el marco regulatorio existente dificulta el desarrollo de ACTI, así como su adaptación a tendencias internacionales, y su anticipación a escenarios futuros del cambio tecnológico. La *Misión internacional de sabios* (2019) señala la rigidez de la regulación actual como un obstáculo la adopción tecnológica y la experimentación, por ejemplo, alrededor de soluciones energéticas. Muestra de las dificultades se encontró que, los problemas de funcionamiento en el Fondo de CTI del SGR estuvieron asociados a vacíos en la regulación relacionada en CTI, específicamente en las modalidades de contratación pública en CTI o en el alcance de las actividades de CTI, entre otros (Fedesarrollo, 2014). En complemento, enfoques internacionales como el de *anticipatory regulation*⁴⁸, identifica que la regulación puede ser una barrera o detonante para el aprovechamiento de las oportunidades de la cuarta revolución industrial (Nesta, 2019).

⁴⁷ De acuerdo con el Decreto 2610 de 2010 y la Resolución 068 de 2015 de Colciencias.

⁴⁸ Enfoque para ayudar a los reguladores y al Gobierno a enfrentar desafíos emergentes.

Insuficiente información estratégica para la toma de decisiones

Existen limitaciones en la medición de ACTI y actividades de I+D. De acuerdo con la OCDE (2018), Colombia no cuenta con un marco legal para la producción de estadísticas de CTI, además, en algunos casos la medición de ACTI tiene oportunidades de mejora en términos de calidad que no se atienden. Adicionalmente, las metodologías para la medición de ACTI utilizadas en el país no contemplan suficiente información de actores privados o la existencia de trazadores presupuestales dentro del Estado, lo que genera un riesgo de sub-reporte de los recursos orientados a CTI. Por otra parte, la oferta información disponible sobre la oferta y demanda de doctores, nanotecnología, y biotecnología, está desactualizada debido a la inexistencia de encuestas para su recolección e interpretación (OCDE, 2018).

También hay insuficiente uso de la prospectiva para la definición de acciones de política en CTI. Aunque el país desarrolló un programa de prospectiva en CTI con el propósito de incluir escenarios futuros en la toma de decisiones alrededor de la política de CTI (Colciencias, 2006), la generación y uso de evidencia prospectiva a nivel nacional se caracteriza por ser informal y poco sistemático. Esto contrasta con buenas prácticas de países referentes en innovación, por ejemplo, Finlandia que cuenta con una entidad financiada con recursos públicos y responsable de proporcionar información sobre escenarios futuros en CTI a los niveles ejecutivo y legislativo para la toma de decisiones que promuevan el desarrollo económico (SITRA, 2020).

Igualmente, los sistemas de información en CTI están desarticulados entre sí y presentan limitaciones en sus arquitecturas. El país cuenta con sistemas de información en CTI que funcionan aislados, por ejemplo, para el registro de propuestas de inversión se cuenta con el *Sistema de información de gestión de proyectos* del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, y la *Metodología general ajustada web* del DNP. Además, cada entidad pública del orden nacional del SNCTI tiene su propio sistema de información, a pesar del lineamiento del PND 2018–2022 de centralizar la oferta en el portal web *innovamos.gov.co*. Así también, el acceso y uso de plataformas como *Scienti* del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, es complicada, por lo que la experiencia del usuario desincentiva su uso. Por último, la Red colombiana de información científica tiene baja interoperabilidad con los demás sistemas de información de CTI a nivel nacional.

4.7. Insuficiencia en el volumen, la eficiencia, y la evaluación, de la financiación, de la CTI

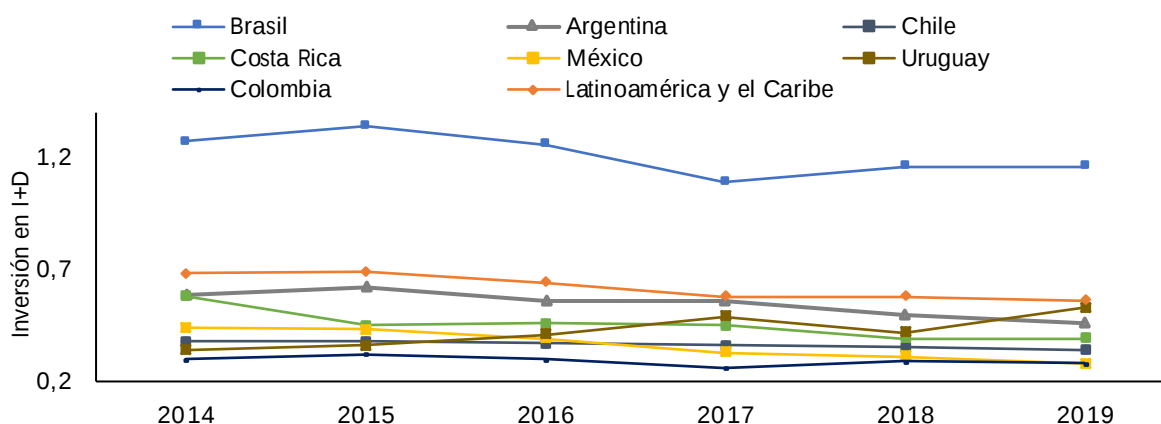
El financiamiento en CTI es insuficiente y enfrenta retos de eficiencia y de seguimiento. Existen tres obstáculos asociados a la financiación de CTI que impiden mejorar su contribución a la sociedad colombiana. Los obstáculos se abordarán a continuación y son:

(i) bajo nivel de financiación de la CTI y alrededor de misiones; (ii) baja eficiencia y eficacia de los instrumentos de financiación, y (iii) escaso nivel de monitoreo y evaluación de la CTI.

Bajo nivel de financiación de la CTI y de misiones relacionadas

Colombia se encuentra rezagada en materia de inversión en I+D. Históricamente, Colombia ha estado rezagada en términos de inversión I+D respecto a los países de la región, como se muestra en el Gráfico 7. En el año 2019, Colombia invirtió el 0,28 % de su PIB en actividades de I+D (Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología, 2020). Esta situación ubica al país por debajo del promedio de inversión en I+D de Latinoamérica y el Caribe (0,35 %), así como de los países de la OCDE (2,36 %) (OCDE, 2020; Ricyt, 2021). A ese respecto, aunque el PND 2018–2022 se plantea como meta lograr una inversión en CTI del 1,5 % del PIB para 2022, a corte de octubre de 2021 aún hace falta realizar un esfuerzo adicional de aproximadamente 5,34 billones de pesos para su cumplimiento.

Gráfico 7. Inversión histórica en I+D como proporción del PIB (%)



Fuente: Dirección de Innovación y Desarrollo Empresarial del DNP con información de la Recyt (2021).

Además, los recursos para el desarrollo de ACTI están desbalanceados o en un estado de desarrollo incipiente. En 2019 el país contó con un desbalance en la oferta de recursos entre los diferentes niveles de madurez de proyectos de CTI. Mientras las etapas de (i) investigación y viabilidad y (ii) escalamiento y maduración contaron con nueve u ocho billones de pesos respectivamente; las etapas de desarrollo y crecimiento solo contaron con 1,2 billones (Unión Temporal VOZ, 2020). Por otro lado, el desarrollo del mercado crediticio para la financiación de actividades de innovación ha tenido antecedentes aislados y de baja escala (Colciencias, 2018), que se evidencia en el hecho de que menos del 23 % de las empresas innovadoras usan este tipo de financiación para apalancar sus inversiones en la materia (DANE, 2018).

Además, la oferta pública de instrumentos de CTI tiene baja diversificación orientándose, en su mayoría, a subsidios, y desconoce la orientación por misión. El Banco Mundial (2015) encontró que el 77 % de los instrumentos en CTI del Gobierno nacional corresponden a subsidios, mientras que mecanismos de intervención como *vouchers* (bonos), o compras públicas de innovación, estaban ausentes. Además, el DNP y la Presidencia de la República (2019) encontraron que el 50 % de los recursos de la oferta de instrumentos de competitividad e innovación se destina a la provisión de intervenciones de mercado sectoriales (subsidios), a pesar de que tal y como lo señala el Documento CONPES 3866 prima la provisión de bienes públicos. Finalmente, existe desarticulación presupuestal alrededor de los tres retos y las cinco misiones definidas por la *Misión internacional de sabios*⁴⁹ (2019).

Baja eficiencia y eficacia de los instrumentos de financiación

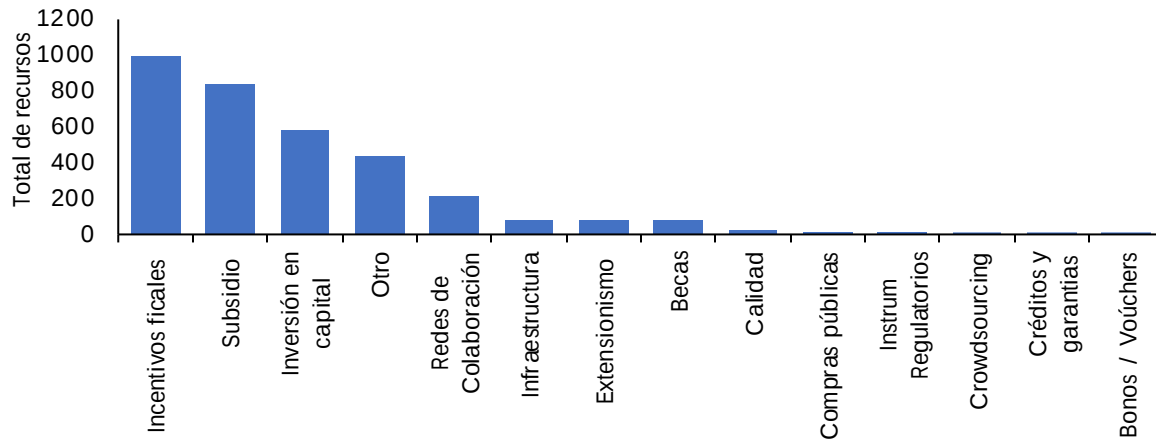
La mayoría de los recursos de los instrumentos de política de CTI en Colombia se concentran en becas y beneficios tributarios, lo que genera desfinanciamiento de otros instrumentos. De acuerdo con el Portafolio de Instrumentos de la metodología *Articulación para la Competitividad (Arco)*⁵⁰ (DNP, 2020), las entidades del Gobierno nacional ofrecen 302 instrumentos de política orientados a la promoción de la CTI. Estos instrumentos concentran en 2021 alrededor de 7,2 billones de pesos. Al realizar una revisión de dichos instrumentos, se evidencia que las becas y beneficios tributarios concentran alrededor del 75 % de los recursos mientras que otros instrumentos como las compras públicas y las garantías financieras o los *vouchers* de innovación resaltan por su baja asignación presupuestal, tal como se muestra en el Gráfico 8.

⁴⁹ Los 3 retos y las 5 misiones se explican en la sección de antecedentes.

⁵⁰ *Arco* es una metodología liderada por el DNP que busca mejorar el alcance e impacto de los instrumentos de intervención en materia de competitividad e innovación.

Gráfico 8. Presupuesto para CTI en entidades del orden nacional, según tipología de instrumento de financiación ofertado

(miles de millones de pesos)



Fuente: Dirección de Innovación y Desarrollo Empresarial del DNP con información de la metodología Arco (2021).

Existe una baja eficiencia en la funcionalidad de la oferta de instrumentos del Gobierno nacional orientados a objetivos de política nacional en CTI. En un análisis reciente, el DNP (2020) encontró que la oferta preliminar de instrumentos relacionada con CTI presenta los siguientes problemas: (i) alta concentración, representada en que solo el 7,8 % de los instrumentos concentran el 80,1 % del total de los recursos asignados; (ii) significativa atomización, teniendo en cuenta que el 52,5 % de los instrumentos tienen recursos iguales o inferiores a 1.000 millones de pesos, que limitan su escala, y (iii) baja segmentación de usuarios, expresada en que más del 60 % de los instrumentos reporta estar orientados de forma simultánea hacia tres o más tipos de usuarios objetivo.

En este sentido, la oferta de instrumentos de CTI presenta baja eficacia, especialmente en lo referente a su regionalización y articulación con otros instrumentos de política pública⁵¹. La implementación de la metodología Arco permitió evaluar el diseño, la implementación, y la gobernanza, de los instrumentos de acuerdo con buenas prácticas internacionales⁵². Aunque la oferta en CTI presentó una puntuación promedio por encima de

⁵¹ Respecto a los instrumentos de la metodología Arco que tienen como objetivo de política Investigación, Innovación, Emprendimiento, Transferencia de conocimiento o Formación de talento humano.

⁵² El autodiagnóstico fue respondido por cada gestor de instrumento a partir del *Test de Funcionalidad* disponible en: <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Desarrollo%20Empresarial/Anexo%203.%20Test%20de%20Funcionalidad.xlsx>

4 puntos (sobre un total de 5) en el análisis general, se identificó una puntuación relativamente baja en cuanto a regionalización de la oferta (3,4) y relacionamiento con otros instrumentos de política pública (3,8). Al examinar el detalle de la información se encuentran debilidades específicas en las entidades del SNCTI, por ejemplo, el Ministerio de Ciencia, Tecnología, e Innovación tiene su oferta de instrumentos de CTI concentrada en algunas regiones (2,3), así también, la Corporación colombiana de investigación agropecuaria tiene un bajo nivel de monitoreo y evaluación de su oferta institucional (2,7), y finalmente, el Banco de Desarrollo Empresarial de Colombia (Bancóldex) tiene una oferta de instrumentos de CTI poco articulada con el resto de oferta (DNP, 2020).

Por último, a nivel territorial las inversiones en CTI resultan poco efectivas. En el marco de análisis del gasto público con recursos del Fondo de CTI del SGR, el Banco Mundial (2018) encontró que los proyectos financiados tenían debilidades en su diseño, implementación, y gobernanza, con una alta heterogeneidad entre los departamentos. Así mismo, se identificó que hay gran dispersión temática en las inversiones de cada departamento, así como un bajo nivel de apalancamiento de contrapartidas, especialmente en efectivo (Banco Mundial, 2018). En complemento y tras evaluar 51 proyectos financiados por el mencionado fondo, el DNP (2018) encontró que únicamente el 12 % de los proyectos tuvieron un impacto regional (efectos sobre más de un departamento) y que el 40 % de los proyectos fueron planeados inadecuadamente.

Discontinuidad en el monitoreo y evaluación de la financiación en CTI

El país tiene restricciones en materia de monitoreo y seguimiento de los recursos y las intervenciones de política pública en materia de CTI. Aunque para el SGR se cuenta con un Sistema de seguimiento, control y evaluación, para otras fuentes presupuestales como el Presupuesto General de la Nación (PGN) o los recursos propios de las entidades territoriales, no se cuenta con un arreglo institucional que haga monitoreo y evaluación constante de los programas específicos de intervención en CTI. Así también, pese a que Colombia ha incrementado el número de evaluaciones de resultado e impacto en CTI, estas aún son esporádicas y responden más a iniciativas institucionales que a procesos planificados (OCDE, 2016).

Así mismo, los sistemas existentes de monitoreo y evaluación de CTI presentan limitaciones en su funcionalidad. Según el Banco Mundial (2018), los sistemas de monitoreo y evaluación de CTI de Colombia no están estandarizados, situación que se empeora al contemplar que, además, la información relacionada disponible es de calidad heterogénea o subutilizada. De modo similar, el 31,5 % de los instrumentos de CTI por convocatoria que se utilizan desde el Gobierno nacional no tienen asociado un sistema de monitoreo y

seguimiento, o si lo tienen, se caracterizan por ser deficientes (Banco Mundial, 2015). Para 2020, el 24 % de los instrumentos que conforman la oferta nacional en CTI reportaron un puntaje igual o inferior a 3 en una escala de 1 a 5 en la dimensión de monitoreo y evaluación dentro del diagnóstico de la metodología Arco (DNP, 2020).

Finalmente, el Gobierno nacional tiene limitaciones en la gestión de aprendizajes para la oferta de instrumentos en CTI. De acuerdo con el PND 2018–2022, el sector público enfrenta desafíos para impulsar la innovación, siendo uno de ellos el bajo uso de aprendizajes generados a nivel institucional. En el mapeo de instrumentos asociado a la metodología *Arco* se encontró que solo el 46 % de instrumentos del Gobierno nacional con objetivos de política en CTI cuentan con una gestión de aprendizajes efectiva, sistemática, y formalizada (DNP, 2020). Este hecho genera restricciones para incorporar resultados de evaluación *ex-ante* o *ex-post* dentro de la oferta de instrumentos de intervención en CTI.

5. DEFINICIÓN DE LA POLÍTICA

5.1. Objetivo general

Incrementar la contribución de la CTI al desarrollo social, económico, ambiental, y sostenible, del país con un enfoque diferencial, territorial, y participativo, para contribuir a lograr los cambios culturales que promuevan una sociedad del conocimiento.

5.2. Objetivos específicos

OE1. Incrementar las vocaciones científicas en la población infantil y juvenil; la formación en CTI, y la vinculación del capital humano relacionado en el mercado laboral, para cerrar las brechas de talento humano; fortalecer el capital humano en CTI del país, y aumentar la inserción y la demanda de doctores en el sector productivo.

OE2. Mejorar la capacidad de generación de conocimiento científico y tecnológico; la infraestructura científica y tecnológica, y las capacidades de las IGC y de las entidades de soporte, para aumentar la calidad e impacto en la sociedad colombiana del conocimiento.

OE3. Mejorar las capacidades y condiciones para innovar y emprender; la transferencia de conocimiento y tecnología hacia el sector productivo y la sociedad en general, así como las condiciones para favorecer la adopción de tecnologías e incrementar los niveles de innovación y productividad del país.

OE4. Fortalecer los procesos de inclusión, impacto, y cultura de CTI y la comunicación pública del quehacer científico y de la CTI, para lograr un cambio cultural en la sociedad colombiana a través de la valoración y apropiación social del conocimiento.

OE5. Aumentar la inclusión social en el desarrollo de la CTI, las capacidades regionales en CTI, y la cooperación a nivel regional e internacional, para consolidar el SNCTI y los sistemas regionales de innovación.

OE6. Mejorar la articulación institucional, el marco regulatorio, y la capacidad de inteligencia e información estratégica en CTI, para mejorar la dinamización; gobernanza, y relacionamiento de actores, del SNCTI.

OE7. Incrementar la financiación de la CTI, mejorar su eficiencia y eficacia, y su monitoreo y evaluación, para incrementar el alcance y la optimización de las inversiones en CTI.

5.3. Plan de acción

Para el cumplimiento del objetivo general de la presente política se proponen siete ejes estratégicos que comprenden diecinueve líneas de acción, que, a su vez, implican la implementación de 61 acciones a ejecutar por diferentes entidades del Gobierno nacional. Estas acciones son transversales a los retos, misiones, y focos temáticos, definidos por la *Misión internacional de sabios*.

Las acciones de esta sección son coherentes con los objetivos de la política. Así mismo, el detalle de las entidades responsables de cada acción, los periodos de ejecución, los recursos necesarios y disponibles para su implementación, y los indicadores de gestión y de producto asociados, con sus respectivas metas, así como los indicadores de resultado definidos para valorar los impactos del desarrollo integral de la política, se encuentran en el Anexo B de este documento, a saber, el Plan de Acción y seguimiento (PAS).

5.3.1. Estrategia para incrementar las vocaciones científicas en la población infantil y juvenil, la formación en CTI, y la vinculación del capital humano relacionado en el mercado laboral, para cerrar las brechas de talento humano, fortalecer el capital humano en CTI del país, y aumentar la inserción y la demanda de doctores en el sector productivo

Línea de acción 1. Incrementar las vocaciones científicas en la población infantil y juvenil del país

El Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación con el apoyo del Ministerio de Educación Nacional, diseñará e implementará una ruta estratégica para dinamizar las vocaciones de CTI en niñas, niños, adolescentes, y jóvenes, incluyendo acciones de armonización con las entidades territoriales, los planes de desarrollo locales, y la gestión de los recursos asociados en los 33 Codecti del país. El periodo de implementación de esta acción será entre 2022 y 2031.

El Ministerio de Ciencia, Tecnología, e Innovación, con el apoyo del Ministerio de Educación Nacional y el Ministerio de Cultura, generará orientaciones inclusivas para la promoción de acciones que incluyan las vocaciones en CTI dentro de los Proyectos Educativos Institucionales de las instituciones educativas del país en todas las modalidades. El periodo de implementación de esta acción será entre 2023 y 20231.

El Ministerio de Ciencia Tecnología e Innovación, con el apoyo del Servicio Nacional de Aprendizaje, el Ministerio de Educación Nacional, el Ministerio de Cultura, el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, el Instituto Colombiano de Crédito Educativo y Estudios Técnicos en el Exterior, y el Instituto Colombiano de Bienestar Familiar, diseñará e implementará un observatorio de ACTI infantil y juvenil. A través de la producción de información estadística, el observatorio permitirá conocer la realidad y el contexto de los niños, niñas, adolescentes, y jóvenes, asociado a su participación en CTI, para la toma de decisiones, seguimiento, y evaluación, de las políticas de CTI enfocadas en este grupo poblacional para su vinculación y permanencia en el SNCTI y sus vocaciones en STEAM. El periodo de implementación de esta acción será entre 2022 y 2025.

Línea de acción 2. Aumentar el capital humano y la formación de alto nivel en CTI

El Ministerio de Ciencia Tecnología e Innovación, con el apoyo del Ministerio de Educación Nacional y el Departamento Nacional de Planeación, diseñará e implementará una herramienta para la identificación de necesidades de formación de alto nivel (maestría y doctorado) en el país y las regiones. Esta herramienta orientará la asignación de créditos condonables y apoyos para la formación de alto nivel a partir del análisis de las apuestas y áreas prioritarias del país y las regiones; la realización de ejercicios de prospectiva y las dinámicas de generación de conocimiento a nivel internacional, entre otros. El periodo de implementación de esta acción será entre 2022 y 2025.

El Ministerio de Tecnologías de la Información y Comunicaciones con el apoyo del Servicio Nacional de Aprendizaje consolidará una oferta de formación de jóvenes y adultos en las tecnologías asociadas a la cuarta revolución industrial. El periodo de implementación de esta acción será entre 2022 y 2026.

El Ministerio del Trabajo, con el apoyo del Servicio Nacional de Aprendizaje desarrollará e implementará la oferta de programas de formación para el Trabajo en diferentes niveles del *Marco nacional de cualificaciones*. En 2022, desarrollará dos programas de Formación para el Trabajo relacionados con los niveles 4 y 5 del Marco Nacional de Cualificaciones, e implementará la oferta a bachilleres de programas de formación para el trabajo en los niveles más avanzados del *Marco nacional de*

cualificaciones enfocados en resolver los desafíos de la cuarta revolución industrial. El periodo de implementación de esta acción será entre 2022 y 2030.

Línea de acción 3. Incrementar la inserción de capital humano en CTI y con formación de alto nivel en el mercado laboral

El Ministerio de Ciencia, Tecnología, e Innovación continuará implementando el programa de estancias postdoctorales por los años 2023 a 2031, dando prioridad a la vinculación en entidades del sector empresarial. Dentro de este programa se incluirá un rubro con un apoyo financiero al desarrollo de los proyectos de investigación de los becarios. El periodo de implementación de esta acción será entre 2023 y 2031.

El Ministerio de Ciencia Tecnología e Innovación con el apoyo del Departamento Administrativo de la Presidencia de la República a través de la Consejería Presidencial para la Competitividad y la Gestión Público-Privada, y el Departamento, Nacional de Planeación, diseñará e implementará un plan de acción para incluir el fomento a la vinculación doctoral en los diferentes instrumentos de intervención del SNCTI y del SNCI. Este plan de acción contemplará el otorgamiento de puntajes diferenciales; la definición de criterios de desempate; la inclusión de aspectos de evaluación, entre otros, que garanticen que se priorice la atención a posibles beneficiarios que hayan garantizado la vinculación de doctores. Lo anterior, con el objetivo de fomentar la vinculación de doctores especialmente al sector productivo, y contribuir por esta vía, a equilibrar la vinculación de capital humano de alto nivel en los diferentes sectores. El periodo de implementación de esta acción será entre 2022 y 2029.

El Ministerio de Ciencia Tecnología e Innovación, con el apoyo del Departamento Administrativo de la Función Pública, estructurará un borrador de proyecto normativo que reglamente la carrera administrativa de *investigador* para el personal científico y tecnológico de los centros e institutos públicos de investigación. El periodo de implementación de esta acción será entre 2022 y 2025.

5.3.2. Estrategia para mejorar la capacidad de generación de conocimiento científico y tecnológico, la infraestructura científica y tecnológica, y las capacidades de las IGC y de las entidades de soporte, para aumentar la calidad e impacto del conocimiento en la sociedad

Línea de acción 4. Incrementar la capacidad de generación de conocimiento científico y tecnológico

El Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación con el apoyo del Ministerio de Educación Nacional y del Departamento Nacional de Planeación, estudiará, propondrá e implementará esquemas de reconocimiento a investigadores, tanto en el ámbito educativo como fuera de él, con el objetivo de incentivarlos a que realicen investigaciones o complementen sus investigaciones con temas que recorten la brecha entre generación y uso del conocimiento. El periodo de implementación de esta acción será entre 2022 y 2025.

El Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación con el apoyo del Ministerio de Educación Nacional y del Departamento Nacional de Planeación, diseñará e implementará la política de *Ciencia abierta* para el país. Esta política incluirá el fomento al acceso al conocimiento y publicaciones abiertas; el fortalecimiento de las capacidades nacionales; la apertura de metodologías y herramientas; el pilotaje de revisión por pares abierta; la definición de métricas alternativas de productividad, entre otros. Así mismo, contemplará mecanismos de financiación e incentivos para el fomento de la ciencia abierta; evaluación abierta; la participación ciudadana, y la diversidad de publicaciones y conocimientos. La política estará articulada con el régimen de propiedad intelectual del país y con los principios y componentes de la ciencia abierta. El periodo de implementación de esta acción será entre 2022 y 2030.

El Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación con el apoyo del Ministerio de Educación Nacional, el Ministerio de Salud y Protección Social, el Ministerio del Interior y la Dirección Nacional de Derecho de Autor fomentarán la ética en la CTI para la investigación clínica y las demás áreas y disciplinas de investigación mediante: (i) la definición del alcance y reglamentación de los Comités de Ética tanto para la investigación clínica, como para las demás áreas y disciplinas de investigación, desarrollo tecnológico e innovación, en el marco de una CTI responsable; (ii) la definición y adopción de lineamientos sobre buenas prácticas en investigación, integridad científica, y derechos de autor, por parte de los diversos actores del SNCTI, y (iii) la definición de necesidades de formación en temas de ética de la investigación, bioética, integridad científica, y derechos de autor. El periodo de implementación de esta acción será entre 2022 y 2025.

El Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, con el apoyo del Ministerio de Cultura, diseñará, implementará y evaluará una estrategia para fomentar la Investigación + Creación⁵³. El periodo de implementación de esta acción será entre 2022 y 2028.

El Ministerio de Ciencia, Tecnología, e Innovación diseñará e implementará herramientas de política orientadas hacia el fortalecimiento de las ciencias básicas y la

⁵³ Se trata de concepto acuñado por la *Misión internacional de sabios*. Para mayor detalle debe consultarse el glosario.

generación de nuevo conocimiento en las diferentes áreas. El periodo de implementación de esta acción será entre 2022 y 2030.

Línea de acción 5. Mejorar la infraestructura científica y tecnológica

El Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, con el apoyo del Ministerio de Educación Nacional y del Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, diseñará e implementará la estrategia nacional de gestión de activos para la I+D+i. Esta estrategia permitirá inventariar e identificar el estado actual de los activos a través de un sistema de información, así como gestionar adecuadamente la adquisición y el mantenimiento de equipos robustos para la CTI, planteando como parte de la misma, alternativas que mejoren la eficiencia en los procesos de promoción; el uso y adquisición de este tipo de infraestructura, y el fomento de su uso compartido, respondiendo a los intereses nacionales planteados por la *Misión internacional de sabios*. El periodo de implementación de esta acción será entre 2022 y 2028.

Línea de acción 6. Incrementar las capacidades de las IGC y de las entidades de soporte

El Ministerio de Ciencia Tecnología e Innovación con el apoyo del Ministerio de Educación Nacional, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, el Ministerio de Tecnologías de la Información y Comunicaciones, el Ministerio de Salud y Protección Social, y el Ministerio de Minas y Energía, consolidará un programa de financiamiento basal dirigido a los centros e institutos de I+D del país, incluidos los pertenecientes a las IES. El programa definirá las necesidades de investigación de los sectores involucrados. Este esquema de financiamiento tomará como base las experiencias recientes de Ministerio de Ciencia, Tecnología, e Innovación y definirá un esquema de apoyo que motive la generación de capacidades y la diversificación de servicios. Cada cinco años se realizará una evaluación de resultados, de tal manera que se recopilen aprendizajes y se implementen mejoras en el desarrollo del programa. El periodo de implementación de esta acción será entre 2022 y 2031.

El Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, con el apoyo del Ministerio de Cultura, diseñará e implementará un programa para fortalecer las entidades de soporte de las diferentes regiones del país. Este programa desarrollará estrategias dirigidas a fortalecer las oficinas de transferencia e incubadoras de empresas de base tecnológica y cultural que operen en las misiones propuestas por la *Misión internacional de sabios*. Igualmente, y gestionará los compromisos financieros requeridos para garantizar la operación de este programa en el mediano y largo plazo. El periodo de implementación de esta acción será entre 2022 y 2030.

El Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, con el apoyo del Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, el Ministerio de Minas y Energía, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, el Ministerio de Salud y Protección Social, el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, el Ministerio de Cultura, y el Ministerio de Defensa, diseñará y acompañará la implementación de una estrategia para fortalecer el **ecosistema científico del país** mediante la formulación e implementación del plan estratégico para la integración de Institutos y Centros públicos de investigación, que, manteniendo su identidad y autonomía, les permita compartir capacidades e infraestructuras para el desarrollo de proyectos de CTI, en cooperación entre ellos y demás actores del SNCTI. El periodo de implementación de esta acción será entre 2022 y 2028.

5.3.3. Estrategia para mejorar las capacidades y condiciones para innovar y emprender, la transferencia de conocimiento y tecnología hacia el sector productivo y la sociedad en general, así como las condiciones para favorecer la adopción de tecnologías e incrementar los niveles de innovación y productividad del país

Línea de acción 7. Mejorar las capacidades y condiciones para innovar y emprender

El Ministerio de Ciencia Tecnología e Innovación con el apoyo del Servicio Nacional de Aprendizaje y el Departamento Nacional de Planeación articulará la oferta en torno al incremento de la I+D+i en las empresas para mejorar la productividad incluyendo servicios de extensión tecnológica. Dentro de la oferta se hará énfasis en el desarrollo de capacidades gerenciales y de fomento a la innovación en las empresas. El periodo de implementación de esta acción será entre 2022 y 2031.

El Ministerio de Ciencia, Tecnología, e Innovación, con el apoyo del Ministerio de Comercio, Industria y Turismo y el Departamento Nacional de Planeación, rediseñarán e implementarán 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. El periodo de implementación de esta acción será entre 2022 y 2025.

Línea de acción 8. Aumentar la transferencia de conocimiento y tecnología hacia el sector productivo

El Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, con el apoyo técnico del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación; el Departamento Nacional de Planeación; el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible; el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural; el Ministerio de Minas y Energía; el Ministerio de Tecnologías de la Información y Comunicaciones, y el Ministerio de Defensa Nacional, estructurará con base en los resultados y lecciones aprendidas del programa iNNpulsatec, un programa orientado a

favorecer el relacionamiento entre IGC y entidades de soporte con la demanda de servicios científicos y tecnológicos del sector empresarial. Los ministerios de apoyo aportarán las capacidades y conocimientos particulares requeridos para el despliegue del programa en los sectores de competencia. Adicionalmente, se promoverá la articulación con políticas existentes como la de reconocimiento de actores del SNCTI, así como con resultados de documentos de apoyo a la generación de políticas públicas tales como la Misión de Sabios y la Misión de Internacionalización. Por último, se promoverá el alistamiento, el escalamiento, y la aceleración, de tecnologías verdes que mejoren la productividad e innovación empresarial con un enfoque en sostenibilidad o circularidad. El periodo de implementación de esta acción será entre 2023 y 2031.

Línea de acción 9. Mejorar las condiciones para favorecer la adopción de tecnologías

El Ministerio de Comercio, Industria y Turismo con el apoyo del Departamento Nacional de Planeación; el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación; el Ministerio de Tecnologías de la Información y Comunicaciones; el Ministerio de Defensa Nacional; el Banco de Comercio Exterior de Colombia; el Fondo Nacional de Garantías, y el Fondo para el Financiamiento del Sector Agropecuario, definirán lineamientos que permitan la construcción de un programa de incentivos crediticios y garantías para las micro, pequeñas, y medianas empresas (Mipymes), que promuevan la importación, compra, y uso, de nuevas tecnologías, así como el desarrollo, adopción, y adaptación, de tecnologías en concordancia con los focos temáticos de la *Misión internacional de sabios*. El periodo de implementación de esta acción será entre 2022 y 2023.

El Departamento Administrativo Nacional de Estadística con el apoyo del Ministerio de Ciencia, Tecnología, e Innovación y el Departamento Nacional de Planeación, implementará una mesa de trabajo permanente con actores del SNCTI para atender las necesidades de medición en materia de transferencia y adopción de tecnologías en el sector empresarial a través de mejoras en las operaciones estadísticas como la EDIT, entre otras. El periodo de implementación de esta acción será entre 2022 y 2025.

5.3.4. Estrategia para fortalecer los procesos de inclusión, impacto, y cultura de CTI y la comunicación pública del quehacer científico y de la CTI, para lograr un cambio cultural en la sociedad colombiana a través de la valoración y apropiación social del conocimiento

Línea de acción 10. Consolidar procesos de inclusión, impacto y cultura de CTI

El Ministerio de Ciencia, Tecnología, e Innovación implementará un programa de experimentación para impulsar proyectos de CTI con enfoque transformativo el cual

contará con el apoyo técnico del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible; el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural; el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio; el Ministerio de Cultura; el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones; el Ministerio de Minas y Energía; el Ministerio de Educación Nacional, el Ministerio del Trabajo, el Ministerio de Defensa Nacional, y el Departamento Administrativo para la Prosperidad Social. Este programa promoverá la innovación social y la apropiación del conocimiento; el desarrollo de soluciones a partir de métodos participativos y de co-creación, y el impulso a las capacidades científicas en las comunidades y la ciudadanía, siguiendo la recomendación de la *Misión internacional de sabios*. Este programa se financiará con recursos de una subcuenta dentro del Fondo Francisco José de Caldas⁵⁴. El periodo de implementación de esta acción será entre 2022 y 2031.

El Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación con el apoyo del Ministerio de Educación Nacional, generará y adoptará lineamientos técnicos y estratégicos para incentivar el enfoque de apropiación social del conocimiento, en el marco de la CTI, en la investigación y la creación de programas y unidades de apropiación social del conocimiento al interior de las IES y por parte de actores reconocidos del SNCTI. El periodo de implementación de esta acción será entre 2022 y 2030.

El Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación con el apoyo del Ministerio de Cultura y el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, promoverán la creación de museos interactivos y otros centros de ciencia para acercar a niños, jóvenes, y la población en general, a la ciencia y a la tecnología, e impulsar así, la apropiación social del conocimiento. El Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio acompañará técnicamente la estructuración de dichos museos, dada su experiencia en la construcción y promoción de equipamientos sociales complementarios. El periodo de implementación de esta acción será entre 2022 y 2030.

Línea de acción 11. Mejorar la comunicación pública del quehacer científico y de la CTI

El Departamento Administrativo de la Función Pública, con el apoyo de Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, diseñará y desarrollará el reconocimiento de *Entidad pública promotora del conocimiento*, en el marco del Premio Nacional de Alta Gerencia y del Modelo Integrado de Planeación y Gestión. El periodo de implementación de esta acción será entre 2022 y 2025.

⁵⁴ Creado por el artículo 22 de la Ley 1286 de enero 23 de 2009, el Fondo Francisco José de Caldas no tiene personería jurídica y se constituye como un Patrimonio Autónomo, en el que el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación es el único fideicomitente y es administrado a través de un contrato de fiducia mercantil.

El Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación con el apoyo del Servicio Nacional de Aprendizaje; el Ministerio de Educación Nacional; el Ministerio de Cultura; el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, y el Ministerio de Defensa Nacional desarrollará los lineamientos técnicos y conceptuales para el fomento y desarrollo de estrategias, programas, y proyectos, de comunicación pública y divulgación de la CTI en el país para estimular la cultura científica. El periodo de implementación de esta acción será entre 2022 y 2025.

El Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación desarrollará proyectos colaborativos con comunidades en todo el país mediante un enfoque participativo y de co-creación en donde se ejecuten estrategias y actividades de orden territorial para fortalecer la comunicación y la cultura científica. Estos proyectos promoverán estrategias comunicativas, pedagógicas, y de entretenimiento divulgativo, con énfasis en disciplinas STEAM o desarrollarán contenidos comunicacionales (audiovisuales; multi formatos; digitales, y convergentes) de alto impacto, con el objetivo de incentivar; estimular; promover modelos abiertos y participativos, de CTI a nivel nacional y regional. Todo esto, con enfoque inclusivo y diferencial. El periodo de implementación de esta acción será entre 2022 y 2031.

El Departamento Administrativo para la Prosperidad Social con el apoyo del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, generará lineamientos para la implementación de un instrumento de infraestructura social y productiva. Este instrumento involucrará un componente de apropiación social del conocimiento. El periodo de implementación de esta acción será entre 2025 y 2026.

5.3.5. Estrategia para aumentar la inclusión social en el desarrollo de la CTI, las capacidades regionales en CTI y la cooperación a nivel regional e internacional, para consolidar el SNCTI y los sistemas regionales de innovación

Línea de acción 12. Reducir las brechas de inclusión social en el desarrollo de la CTI

El Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación con el apoyo del Departamento Administrativo de la Presidencia de la República a través de la Consejería Presidencial para la Equidad de la Mujer, diseñará e implementará una agenda de acciones para reducir las barreras de género en la formación de capital humano y al interior de la comunidad científica. Esta agenda incluirá acciones para promover la formación de mujeres en áreas STEAM, un trato diferencial y favorable alrededor de la maternidad, el acceso igualitario a instrumentos de intervención y acciones de reconocimiento, entre otros. El periodo de implementación de esta acción será entre 2022 y 2031.

El Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, con el apoyo del Departamento Administrativo de la Presidencia de la República a través de la Consejería para la Participación de las Personas Con Discapacidad, y el Ministerio del Trabajo, diseñará e implementará una agenda de acciones para reducir las barreras de acceso a la formación de capital humano y al interior de la comunidad científica de las personas con discapacidad. El periodo de implementación de esta acción será entre 2022 y 2031.

Línea de acción 13. Fortalecer las capacidades regionales en CTI y la cooperación a nivel regional

El Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación con el apoyo del Departamento Administrativo de la Presidencia de la República a través de la Consejería Presidencial para las Regiones, y el Departamento Nacional de Planeación, diseñará e implementará una estrategia para apoyar a las regiones en la construcción y desarrollo de su tejido institucional y capacidades de CTI. Esta estrategia: (i) desarrollará un plan basado en los aprendizajes de oficinas de CTI, equipos, unidades de trabajo de gobernaciones, distritos y municipios, para fortalecer el uso de la oferta nacional a través de servicios regionales; (ii) diseñará e implementará lineamientos articulados con la presente política y con los portafolios territoriales de CTI, favoreciendo la gestión descentralizada y territorial de la CTI; y (iii) capacitará en diseño de política pública de CTI con enfoque en los portafolios territoriales de CTI. El periodo de implementación de esta acción será entre 2023 y 2025.

El Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación con el apoyo del Departamento Administrativo de la Presidencia de la República a través de la Consejería Presidencial para las Regiones, y el Departamento Nacional de Planeación, diseñará e implementará instrumentos de relacionamiento y coordinación entre departamentos y regiones para fortalecer los sistemas regionales de CTI. Con este objetivo, asesorará a los departamentos y municipios que decidan crear sus Secretarías Territoriales de CTI, de manera que, se facilite la articulación con los demás sectores en el ámbito regional; departamental, y municipal. El periodo de implementación de esta acción será entre 2023 y 2025.

El Departamento Administrativo de la Presidencia de la República a través de la Consejería Presidencial para la Competitividad y la Gestión Público–Privada, con el apoyo del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación y el Departamento Nacional de Planeación, definirá un plan de acción para regionalizar la oferta de instrumentos de las entidades públicas del orden nacional que hacen parte del SNCTI y el SNCI en materia de CTI. Este plan de acción contemplará la diferenciación en los instrumentos en cuanto al acceso; condiciones; tratamiento; beneficios, entre otros, según la heterogeneidad

regional y teniendo como insumo el Índice Departamental de Innovación para Colombia (IDIC). El periodo de implementación de esta acción será entre 2023 y 2025.

El Departamento Nacional de Planeación con el apoyo del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, continuará elaborando el IDIC como insumo esencial para orientar la toma de decisiones en materia de CTI a nivel territorial. Dentro de la publicación 7 del IDIC se garantizarán recursos adicionales que permitan desarrollar investigaciones y nuevos contenidos sobre el entendimiento de las dinámicas de CTI a nivel territorial. El periodo de implementación de esta acción será entre 2022 y 2031.

El Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, con el apoyo del Departamento Nacional de Planeación y el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, diseñará e implementará estrategias para promover que las regiones cuenten con políticas de CTI acordes con su ámbito regional y en sintonía con la política nacional. Estas políticas, además de aprovechar las oportunidades regionales, deben buscar reducir las brechas que en generación del conocimiento existen entre las diferentes regiones del país. El periodo de implementación de esta acción será entre 2023 y 2025.

Línea de acción 14. Aumentar la cooperación internacional

El Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación con el apoyo del Ministerio de Relaciones Exteriores, y la Agencia Presidencial de Cooperación Internacional de Colombia diseñará e implementará una política de internacionalización y agenda de diplomacia científica que promueva la cooperación científico-tecnológica en temas prioritarios para el país, así como la promoción de movilidad de investigadores y pasantías laborales; la inclusión de investigadores en las redes globales de investigación e innovación; la transferencia de tecnología; el intercambio de experiencias y buenas prácticas (cooperación Sur-Sur y Triangular); el aprovechamiento de la diáspora científica; la pedagogía y formación en materia de diplomacia científica, y la realización de proyectos conjuntos de CTI, en los focos estratégicos de la *Misión internacional de sabios*. El periodo de implementación de esta acción será entre 2022 y 2025.

5.3.6. Estrategia para mejorar la articulación institucional, el marco regulatorio y la capacidad de inteligencia e información estratégica en CTI para mejorar la dinamización, gobernanza y relacionamiento de actores del SNCTI

Línea de acción 15. Mejorar la articulación institucional y el marco regulatorio para la CTI

El Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación con el apoyo del Departamento Nacional de Planeación, y del Departamento Administrativo de la Función Pública, realizará los análisis técnicos necesarios para crear una instancia al interior del sector de Ciencia, Tecnología, e Innovación para la estructuración técnica, administrativa y financiera de los recursos de CTI, y las diferentes fuentes disponibles, que permitan que el uso de los recursos sea adecuado a las reales condiciones y necesidades del contexto colombiano. El periodo de implementación de esta acción será entre 2022 y 2025.

El Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación con el apoyo del Departamento Nacional de Planeación, optimizará la oferta de instrumentos de política para el fomento de CTI para que priorice recursos y acciones alrededor de los retos, desafíos, y misiones, propuestas por la *Misión internacional de sabios*. Para ello, se hará uso de la metodología Arco. En complemento, dentro de esta acción se incluye el desarrollo de una metodología para la implementación y seguimiento de políticas públicas orientadas por misiones. El periodo de implementación de esta acción será entre 2022 y 2025.

El Departamento Nacional de Planeación con el apoyo del Departamento Administrativo de la Presidencia de la República a través de la Consejería Presidencial para la Competitividad y la Gestión Público-Privada, continuará con la implementación e inclusión de mejoras en la metodología Arco para favorecer la especialización de roles y funciones de los actores del SNCTI. En el marco de esta acción se implementarán los ajustes que se requieran para especializar a las instituciones de acuerdo con su misionalidad y mejorar la efectividad del gasto público a través de la articulación institucional en la implementación de políticas y programas estratégicos a nivel nacional como las disposiciones de esta política, la *Misión internacional de sabios* la *Misión de internacionalización*, las iniciativas clúster, entre otras. El periodo de implementación de esta acción será entre 2022 y 2031.

El Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación con el apoyo del Departamento Nacional de Planeación, realizará la actualización normativa del sector CTI y los ajustes procedimentales requeridos para facilitar y fomentar el desarrollo de ACTI en el país. Por lo tanto, definirá e implementará una agenda regulatoria a corto y mediano plazo teniendo en cuenta los lineamientos en materia de mejora regulatoria del Gobierno nacional. Esta agenda contemplará tendencias y escenarios de futuro sobre tecnologías disruptivas, que permitan adaptar la regulación del sector para anticipar riesgos y aprovechar oportunidades futuras. El periodo de implementación de esta acción será entre 2022 y 2025.

El Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, con el apoyo del Departamento Nacional de Planeación y de las entidades que ejercen la secretaría técnica de las instancias relacionadas a continuación, realizará la gestión y el seguimiento anual a los

avances en cada una de las cinco misiones propuestas por la *Misión internacional de sabios*, así: (i) para la misión *Colombia diversa, bioeconomía y economía creativa* será el Comité Ejecutivo del SNCI con apoyo del Comité Técnico de Sostenibilidad y del Consejo Nacional de Economía Naranja; (ii) para la *Misión de agua y cambio climático* será el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible a través del Consejo Nacional del Agua y la Comisión Intersectorial de Cambio Climático; (iii) para la misión *Colombia hacia un nuevo modelo productivo, sostenible y competitivo* será el Comité Ejecutivo del SNCI con apoyo del Comité Técnico de la Política de Desarrollo Productivo; (iv) para la misión de *Conocimiento e innovación para la equidad* será el Departamento Administrativo para la Prosperidad Social a través de la Mesa de Equidad; (v) Para la misión *Educar con calidad para el crecimiento, la equidad y el desarrollo humano* será el Comité Ejecutivo del SNCI con el apoyo del Ministerio de Educación Nacional. El periodo de implementación de esta acción será entre 2022 y 2031.

El Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación con el apoyo del Ministerio de Cultura diseñará e implementará una estrategia para el registro de necesidades específicas de I+D+i de los actores del SNCTI, que permita identificar y priorizar un portafolio focalizado a solucionar problemáticas y necesidades a través de la CTI. El periodo de implementación de esta acción será entre 2023 y 2024.

Línea de acción 16. Aumentar la capacidad de inteligencia e información estratégica en CTI

El Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, con el apoyo Departamento Nacional de Planeación, liderará el desarrollo e implementación de una estrategia de **prospectiva en CTI** que permita contemplar escenarios de futuro, así como anticipar riesgos y oportunidades de desarrollo tecnológico para el país. Esta estrategia proporcionará insumos para orientar la investigación y la innovación de conformidad con las capacidades nacionales y promover el uso de herramientas de prospectiva tecnológica en el sector productivo. El periodo de implementación de esta acción será entre 2022 y 2025.

El Departamento Administrativo Nacional de Estadística, con el apoyo del Ministerio de Ciencia, Tecnología, e Innovación y el Departamento Nacional de Planeación, implementará una agenda de mejora en las estadísticas y métricas **relacionadas con CTI** para dar cumplimiento a los requerimientos internos asociados a esta política y a los estándares definidos por la OCDE. En particular, se profundizará en la medición de I+D a partir de un sistema de seguimiento a la inversión en Investigación y Desarrollo del país que permita desagregarla por sectores y departamentos. Este sistema

deberá articularse con el SEN y el Sistema Nacional de Evaluación de Gestión y Resultados (Sinergia). El periodo de implementación de esta acción será entre 2022 y 2025.

El Departamento Nacional de Planeación, con el apoyo del Departamento Administrativo de la Presidencia de la República a través de la Consejería Presidencial para la Competitividad y la Gestión Público-Privada, fortalecerá y profundizará el uso del Portal de Innovación www.innovamos.gov.co como ventanilla única de la oferta de instrumentos de CTI. Así mismo, se implementará un nuevo desarrollo en dicho portal que permita la visualización de los resultados de los proyectos en CTI financiados con recursos públicos y se mejorará la experiencia de usuario. El periodo de implementación de esta acción será entre 2022 y 2031.

El Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, con el apoyo del Departamento Nacional de Planeación, el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, y el Departamento Administrativo Nacional de Estadística, diseñarán e implementarán un plan de acción para mejorar el intercambio de información de los sistemas de información de CTI, a través del uso de la plataforma de interoperabilidad del estado basada en XROAD y el SDMX que es parte integral del estándar de Lenguaje Común del Estado Colombiano. Adicionalmente, se cruzará la información de los beneficiarios de los programas vigentes con las bases de datos empresariales del DANE (EAM y EDIT) para crear una línea base y posteriormente aplicar evaluaciones de los programas. El periodo de implementación de esta acción será entre 2022 y 2025.

El Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, con el apoyo del Ministerio de Tecnologías de la Información y Comunicaciones, definirá e implementará mejoras en la plataforma *Scienti*, dentro de las cuales se encuentran su incorporación en los Servicios Ciudadanos Digitales de Autenticación y en la Carpeta Ciudadana Digital. Se elaborará un marco de monitoreo; evaluación, y aprendizaje, para determinar cómo las mediciones ayudan al aprendizaje organizacional y en el país. Así mismo, se revisarán alternativas en el esquema de medición de actores del SNCTI para valorar diferentes modalidades de generación y uso de conocimiento. El periodo de implementación de esta acción será entre 2022 y 2030.

El Departamento Administrativo Nacional de Estadística, con el apoyo del Ministerio de Ciencia, Tecnología, e Innovación y del Departamento Nacional de Planeación, integrarán al Sistema Estadístico Nacional los datos e indicadores del sector de CTI. Este sistema articulará a las entidades del SNCTI. El periodo de implementación de esta acción será entre 2022 y 2026.

5.3.7. Estrategia para incrementar la financiación de la CTI; mejorar su eficiencia y eficacia, y su monitoreo y evaluación, para incrementar el alcance y la optimización de las inversiones en CTI

Línea de acción 17. Incrementar y estabilizar la financiación de la CTI y alrededor de misiones

El Departamento Nacional de Planeación, con el apoyo del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, y del Ministerio de Hacienda y Crédito Público, reglamentarán el marco de inversión en CTI consignado en el Artículo 21 de la Ley 1286 de 2009 para fomentar la articulación entre entidades y la optimización de la oferta de instrumentos. Cada año se incluirá el marco de inversión en CTI dentro del documento CONPES del Plan Operativo Anual de Inversiones y en el proyecto de Ley del PGN. El periodo de implementación de esta acción será entre 2022 y 2024.

El Departamento Nacional de Planeación, con el apoyo de Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, desarrollará e implementará una hoja de ruta para impulsar el instrumento de *Compra pública para la innovación*. La hoja de ruta debe estar alineada con los focos y misiones propuestos por la *Misión internacional de sabios*. El periodo de implementación de esta acción será entre 2022 y 2025.

El Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, con el apoyo del Departamento Nacional de Planeación, desarrollarán e implementarán un plan de acción para mejorar el uso del Fondo Francisco José Caldas como vehículo financiero en CTI basado en un análisis de sus fortalezas y debilidades. El periodo de implementación de esta acción será entre 2022 y 2025.

El Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, con apoyo del Departamento Nacional de Planeación, adelantarán las gestiones requeridas para garantizar la financiación de las inversiones contenidas en esta política a largo plazo. Para ello, identificarán las inversiones que requieren vigencias futuras y solicitarán el aval fiscal al Confis para los casos que sea necesario. El periodo de implementación de esta acción será entre 2022 y 2023.

El Departamento Nacional de Planeación, con el apoyo del Ministerio de Hacienda y Crédito Público y del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, desarrollarán e implementarán mecanismos que generen incentivos para comprometer recursos en ACTI desde los sectores administrativos. En particular, se desarrollará un mecanismo que adicione al techo presupuestal de Ministerio de Ciencia, Tecnología, e Innovación de la vigencia subsiguiente aquellos recursos que los sectores no hayan comprometido en ACTI en la última vigencia presupuestal para dar cumplimiento a las metas establecidas en el marco de

inversión en CTI, lo anterior de conformidad con las leyes orgánicas de presupuesto que se encuentren vigentes. El periodo de implementación de esta acción será entre 2023 y 2026.

Línea de acción 18. Mejorar la eficiencia y eficacia de los instrumentos de financiación

El Departamento Nacional de Planeación, con el apoyo del Departamento Administrativo de la Presidencia de la República a través de la Consejería Presidencial para la Competitividad y la Gestión Público–Privada, incrementarán el ámbito de alcance de la metodología Arco a recursos de funcionamiento, cooperación internacional, y entidades que no hagan parte del PGN. En el marco de este trabajo, se vinculará todo el flujo operativo de **Arco** dentro del portal innovamos.gov.co y se incorporará la Guía de Diseño de Instrumentos de Innovación desarrollada por *SwissContact* y el Consejo Privado de Competitividad. El periodo de implementación de esta acción será entre 2022 y 2031.

El Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, con el apoyo del Departamento Nacional de Planeación, y del Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, realizarán ajustes normativos para aumentar la difusión del instrumento de beneficios tributarios siguiendo buenas prácticas internacionales, en el marco del Consejo Nacional de Beneficios Tributarios de CTI. Para complementar este esfuerzo, el Ministerio de Ciencia, Tecnología, e Innovación realizará acciones administrativas para simplificar y ampliar el uso del mecanismo en el sector empresarial. El periodo de implementación de esta acción será entre 2022 y 2027.

El Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, con el apoyo del Departamento Nacional de Planeación, optimizarán el funcionamiento de las convocatorias públicas abiertas y competitivas de la Asignación CTI del SGR mediante iniciativas que orienten dichos recursos hacia el cumplimiento de las inversiones descritas en la presente política. Esto incluye: (i) la presentación de propuestas a la Comisión Rectora del SGR para la simplificación de requisitos documentales y la reducción en los tiempos de evaluación y viabilidad de los proyectos; (ii) la presentación de propuestas de mejora al OCAD CTI para la inclusión de incentivos para aumentar la presentación de proyectos regionales en los que participen dos o más departamentos, el apalancamiento de contrapartidas por parte de los actores CTI y el desarrollo de contenidos para facilitar la estructuración de proyectos, y (iii) el diseño de mecanismos y estrategias de desarrollo para promover el aumento de la cooperación internacional y la capacidad de realizar proyectos en alianza, entre otros. El periodo de implementación de esta acción será entre 2022 y 2025.

Línea de acción 19. Fortalecer el monitoreo y evaluación de la CTI

El Departamento Nacional de Planeación, con el apoyo del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, diseñará e implementará una estrategia para mejorar los esquemas de monitoreo, seguimiento, y evaluación, de las intervenciones y proyectos de CTI financiados con recursos públicos. Esta acción deberá articularse e implementarse en concordancia con los lineamientos del Sistema Unificado de Finanzas e Inversiones Públicas y el Sistema Nacional de Evaluación de Gestión y Resultados (SINERGIA). El periodo de implementación de esta acción será entre 2023 y 2026.

5.4. Seguimiento

El seguimiento a la ejecución física y presupuestal de las acciones propuestas para el cumplimiento de los objetivos del presente Documento CONPES se realizará a través del PAS que se encuentra en el Anexo A. En este se señalan las entidades responsables de cada acción; los periodos de ejecución de estas; los recursos necesarios y disponibles para llevarlas a cabo; y la importancia de cada acción para el cumplimiento del objetivo general de la política. El reporte periódico al PAS se realizará semestralmente por todas las entidades concernidas en este documento y será consolidado según los lineamientos del DNP.

Esta política tiene un período de implementación que cubre desde el año 2022 hasta el 2031. Su seguimiento se hará de manera semestral iniciando su reporte en junio de 2022 y finalizando con el informe de cierre con corte al 31 de diciembre de 2031. Lo anterior, se traduce en un total de veinte reportes semestrales para un período de diez años, tal y como se señala en la Tabla 2.

Tabla 2. Cronograma de seguimiento

Corte	Fecha
Primer corte	30 de junio de 2022
Segundo corte	31 de diciembre de 2022
Tercer corte	30 de junio de 2023
Cuarto corte	31 de diciembre de 2023
Quinto corte	30 de junio de 2024
Sexto corte	31 de diciembre de 2024
Séptimo corte	30 de junio de 2025
Octavo corte	31 de diciembre de 2025
Noveno corte	30 de junio de 2026
Décimo corte	31 de diciembre de 2026
Undécimo corte	30 de junio de 2027
Duodécimo corte	31 de diciembre de 2027

Corte	Fecha
Décimo tercer corte	30 de junio de 2028
Décimo cuarto corte	31 de diciembre de 2028
Décimo quinto corte	30 de junio de 2029
Décimo sexto corte	31 de diciembre de 2029
Décimo séptimo corte	30 de junio de 2030
Décimo octavo corte	31 de diciembre de 2030
Décimo noveno corte	30 de junio de 2031
Informe de cierre	31 de diciembre de 2031

Fuente: DNP (2020).

5.5. Financiamiento

Para el cumplimiento de los objetivos de esta política, las entidades involucradas en su ejecución gestionarán y priorizarán, en el marco de sus competencias, y de acuerdo con el Marco de Gasto de Mediano Plazo del respectivo sector, los recursos para la financiación de las acciones que se proponen en el formato PAS. A parte de los costos de funcionamiento, la política tiene un costo total estimado de 1.154.099 millones de pesos. En la Tabla 3 se presenta el costo estimado de la política por entidad participante en la misma.

Tabla 3. Financiamiento indicativo de la política por entidad

(cifras en millones de pesos)

Entidad	Total ^(a)
Departamento Administrativo de la Función Pública	274
Departamento Administrativo de Presidencia de la República	900
Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE)	4.650
Departamento Nacional de Planeación	9.350
Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones	154.580
Ministerio de Ciencia Tecnología e Innovación	967.945
Ministerio de Comercio, Industria y Turismo	13.700
Ministerio del Trabajo	2.700
Total	1.154.099

Fuente: DNP (2020).

(a) Los montos enlistados representan los recursos indicativos necesarios para financiar las acciones habilitantes y de gestión de la política, a los que, se sumará la financiación para la CTI en el país correspondiente a *Beneficios tributarios* (artículos 168, 170 y 171 de la Ley 1955 de 2019) y de la asignación para la CTI del SGR para inversiones por más de 30 billones de pesos durante los próximos diez años.

El Servicio Nacional de Aprendizaje; el Ministerio de Cultura; el Instituto Colombiano de Bienestar Familiar; el Ministerio de Relaciones Exteriores; el Ministerio de Salud y Protección Social; el Ministerio del Interior; el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible; el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural; el Ministerio de Minas y Energía; el Banco de Comercio Exterior; el Fondo Nacional de Garantías; el Fondo para el Financiamiento del Sector Agropecuario; la Agencia Presidencial de Cooperación Internacional de Colombia, y el Ministerio de Hacienda y Crédito Público, financiarán sus acciones con presupuesto de funcionamiento con costo cero, razón por la que no se incluyen en la Tabla 3. Por su parte, en la

Tabla 4 se presenta el costo total de la política por objetivo específico de la misma.

Tabla 4. Financiamiento indicativo de la política por objetivo

(cifras en millones de pesos)

Objetivo específico	Total
OE1 Incrementar las vocaciones científicas en la población infantil y juvenil, vocaciones, la formación en CTI y la vinculación del capital humano relacionado en el mercado laboral para cerrar las brechas de talento, fortalecer el capital humano en CTI del país y aumentar la inserción y la demanda de doctores en el sector productivo.	365.506
OE2 Mejorar la capacidad de generación de conocimiento científico y tecnológico, la infraestructura científica y tecnológica y las capacidades de las IGC y de las entidades de soporte para aumentar la calidad e impacto del conocimiento en la sociedad.	456.235
OE3 Mejorar las capacidades y condiciones para innovar y emprender, la transferencia de conocimiento y tecnología hacia el sector productivo y la sociedad en general y las condiciones para favorecer la adopción de tecnologías para incrementar los niveles de innovación y productividad del país.	58.300
OE4 Fortalecer los procesos de inclusión, impacto y cultura de CTI y la comunicación pública del quehacer científico y de la CTI para para lograr un cambio cultural en la sociedad colombiana a través de la valoración y apropiación social del conocimiento.	163.805
OE5 Aumentar la inclusión social en el desarrollo de la CTI, las capacidades regionales en CTI y la cooperación a nivel regional e internacional para consolidar los sistemas regionales de innovación.	64.630

Objetivo específico	Total
OE6 Mejorar la articulación institucional, el marco regulatorio y la capacidad de inteligencia e información estratégica en CTI para mejorar la dinamización, gobernanza y relacionamiento de actores del SNCTI.	28.323
OE7 Incrementar la financiación de la CTI, mejorar su eficiencia y eficacia y su monitoreo y evaluación para alcanzar los niveles de inversión de los países de la OCDE y optimizar su gasto.	17.300
Total	1.154.099

Fuente: DNP (2020).

6. RECOMENDACIONES

El Ministerio del Interior; el Ministerio de Relaciones Exteriores; el Ministerio de Hacienda y Crédito Público; el Ministerio de Defensa Nacional; el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural; el Ministerio de Salud y Protección Social; el Ministerio del Trabajo; el Ministerio de Minas y Energía; el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo; el Ministerio de Educación Nacional; el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible; el Ministerio de Vivienda, Ciudad, y Territorio; el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones; el Ministerio de Cultura; el Ministerio de Ciencia, Tecnología, e Innovación, y el Departamento Nacional de Planeación, recomiendan al Consejo Nacional de Política Económica y Social (CONPES):

1. Aprobar la Política de Ciencia, Tecnología e Innovación 2022–2031 planteada en el presente documento CONPES, incluyendo el Plan de Acción y Seguimiento (PAS) contenido en el Anexo A.
2. Solicitar a las entidades del Gobierno nacional involucradas en este documento CONPES priorizar los recursos para la puesta en marcha de sus estrategias, acorde con el Marco de Gasto de Mediano Plazo del respectivo sector.
3. Solicitar al Departamento Nacional de Planeación:
 - a. Consolidar y divulgar la información del avance de las acciones según lo planteado en el PAS (Anexo A). La información deberá ser proporcionada por las entidades involucradas en este documento de manera oportuna según lo establecido en la Tabla 2.
 - b. Continuar elaborando el IDIC, garantizando en cada publicación recursos adicionales que permitan desarrollar investigaciones y nuevos contenidos sobre el entendimiento de las dinámicas de CTI a nivel territorial.
 - c. Implementar e incluir mejoras en la metodología ArCo para favorecer la especialización de roles y funciones de los actores del SNCTI.
 - d. Fortalecer y profundizar el uso del portal de innovación www.innovamos.gov.co como ventanilla única de la oferta de instrumentos de CTI.
 - e. Reglamentar el Marco de Inversión en CTI consignado en el Artículo 21 de la Ley 1286 de 2009 para fomentar la articulación entre entidades y la optimización de la oferta de instrumentos.
 - f. Desarrollar e implementar una hoja de ruta para impulsar el instrumento de *Compra pública para la innovación*.

- g. Desarrollar e implementar mecanismos que generen incentivos para comprometer recursos en ACTI desde los sectores administrativos
 - h. Incrementar el ámbito de alcance de la metodología ArCo a recursos de funcionamiento, cooperación internacional, y entidades que no hagan parte del PGN.
 - i. Diseñar e implementar una estrategia para mejorar los esquemas de monitoreo, seguimiento, y evaluación, de las intervenciones y proyectos de CTI financiados con recursos públicos.
4. Solicitar al Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación:
- a. Diseñar e implementar una ruta estratégica para dinamizar las vocaciones de CTI en niñas, niños, adolescentes, y jóvenes.
 - b. Generar orientaciones inclusivas para la promoción de acciones que incluyan las vocaciones en CTI dentro de los Proyectos Educativos Institucionales de las instituciones educativas del país en todas las modalidades.
 - c. Diseñar e implementar un observatorio de ACTI infantil y juvenil.
 - d. Diseñar e implementar una herramienta para la identificación de necesidades de formación de alto nivel a nivel de maestría y doctorado.
 - e. Continuar implementando el programa de *estancias postdoctorales*, dando prioridad a la vinculación en entidades del sector empresarial.
 - f. Diseñar e implementar un plan de acción para incluir el fomento a la vinculación doctoral en los diferentes instrumentos de intervención del SNCTI y del SNCI.
 - g. Estructurar un borrador de proyecto normativo que reglamente la carrera administrativa de investigador para el personal científico y tecnológico de los centros e institutos públicos de investigación.
 - h. Estudiar, proponer e implementar esquemas de reconocimiento a investigadores, tanto en el ámbito educativo como fuera de él.
 - i. Diseñar e implementar la política de ciencia abierta para el país.
 - j. Fomentar la ética en la CTI para la investigación clínica y las demás áreas y disciplinas de investigación.
 - k. Diseñar y evaluar una estrategia para fomentar la Investigación + Creación.

- l. Diseñar e implementar herramientas de política orientadas hacia el fortalecimiento de las ciencias básicas y la generación de nuevo conocimiento en las diferentes áreas.
- m. Diseñar e implementar la estrategia nacional de gestión de activos para la I+D+i.
- n. Consolidar un programa de financiamiento basal dirigido a los centros e institutos de I+D del país, incluidos los pertenecientes a las Instituciones de Educación Superior.
- o. Diseñar e implementar un programa para fortalecer las entidades de soporte de las diferentes regiones del país.
- p. Diseñar y acompañar la implementación de una estrategia para fortalecer el ecosistema científico del país.
- q. Articular la oferta con el objeto de incrementar la I+D+i en las empresas para mejorar la productividad incluyendo servicios de extensión tecnológica.
- r. Rediseñar e implementar el instrumento de cofinanciación de programas y proyectos de I+D+i (*matching grants*).
- s. Implementar un programa de experimentación para impulsar proyectos de CTI con enfoque transformativo.
- t. Generar y adoptar lineamientos técnicos y estratégicos para incentivar el enfoque de apropiación social en la investigación y la creación de programas y unidades de apropiación social de la CTI al interior de las Instituciones de Educación Superior y actores reconocidos del SNCTI.
- u. Promover la creación de museos interactivos y otros centros de ciencia que permitan acercar a niños, jóvenes, y a la población en general, a la ciencia y a la tecnología con el fin de impulsar la apropiación del conocimiento.
- v. Desarrollar los lineamientos técnicos y conceptuales para el fomento y desarrollo de estrategias, programas, y proyectos, de comunicación pública y divulgación de la CTI en el país.
- w. Desarrollar proyectos colaborativos con comunidades en todo el país mediante un enfoque participativo y de co-creación que comprendan la ejecución de estrategias y actividades de orden territorial para fortalecer la comunicación y la cultura científica.
- x. Diseñar e implementar una agenda de acciones para reducir las barreras de género en la formación de capital humano y al interior de la comunidad científica.

- y. Diseñar e implementar una agenda de acciones para reducir las barreras de acceso a la formación de capital humano y al interior de la comunidad científica de las personas con discapacidad.
- z. Diseñar e implementar una estrategia para apoyar a las regiones en la construcción y desarrollo de su tejido institucional y capacidades de CTI.
- aa. Diseñar e implementar instrumentos de relacionamiento y coordinación entre departamentos y regiones para fortalecer los sistemas regionales de Ciencia, Tecnología e Innovación.
- bb. Diseñar e implementar estrategias para promover que las regiones cuenten con políticas de CTI acordes con su ámbito regional y en sintonía con la política nacional.
- cc. Diseñar una política de internacionalización y agenda de diplomacia científica que promueva la cooperación científico-tecnológica en temas prioritarios para el país.
- dd. Gestionar la conformación de un Consejo Nacional de Política de CTI y de un Consejo Científico Nacional.
- ee. Realizar los análisis técnicos necesarios para crear una instancia al interior del sector de Ciencia, Tecnología, e Innovación.
- ff. Definir e implementar una agenda regulatoria del sector CTI a corto y mediano plazo.
- gg. Realizar seguimiento a los avances en cada una de las cinco misiones propuestas por la *Misión internacional de sabios*.
- hh. Diseñar e implementar una estrategia para el registro de necesidades específicas de I+D+i de los actores del SNCTI
- ii. Liderar el desarrollo e implementación de una estrategia de prospectiva en CTI.
- jj. Diseñar e implementar un plan de acción para mejorar el intercambio de información de los sistemas de información de CTI, a través del uso de la plataforma de interoperabilidad del estado basada en XROAD y el SDMX que es parte integral del estándar de Lenguaje Común del Estado Colombiano.
- kk. Implementar mejoras en la plataforma Scienti, dentro de las cuales se encuentran su incorporación en los Servicios Ciudadanos Digitales de Autenticación y en la Carpeta Ciudadana Digital.

- ll. Desarrollar e implementar un plan de acción para mejorar el uso del Fondo Francisco José Caldas como vehículo financiero en CTI
 - mm. Adelantar las gestiones requeridas para garantizar la financiación de las inversiones contenidas en esta política a largo plazo.
 - nn. Realizar ajustes normativos para aumentar la difusión del instrumento de beneficios tributarios.
 - oo. Optimizar el funcionamiento de las convocatorias públicas, abiertas y competitivas de la Asignación CTI del SGR mediante iniciativas que orienten dichos recursos hacia el cumplimiento de las inversiones descritas en la presente política.
5. Solicitar al Ministerio de Comercio, Industria y Turismo:
- a. Estructurar un programa orientado a favorecer el relacionamiento entre entidades generadoras de conocimiento y entidades de soporte con la demanda de servicios científicos y tecnológicos del sector empresarial, con base en los resultados y lecciones aprendidas del programa iNNpulsetec.
 - b. Liderar la definición de lineamientos que permitan la construcción de un programa de incentivos crediticios y garantías para las Mipymes que promuevan la importación, compra y uso de nuevas tecnologías, así como el desarrollo; adopción, y adaptación, de tecnologías en concordancia con los focos temáticos de la *Misión internacional de sabios*.
6. Solicitar al Ministerio del Trabajo desarrollar e implementar la oferta de programas de Formación para el Trabajo en diferentes niveles del Marco Nacional de Cualificaciones.
7. Solicitar al Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones consolidar una oferta de formación de jóvenes y adultos en las tecnologías asociadas a la Cuarta Revolución Industrial.
- Solicitar al Departamento Administrativo de la Función Pública diseñar y desarrollar el reconocimiento de *Entidad pública promotora del conocimiento*.
8. Solicitar a la Consejería Presidencial para la Competitividad y la Gestión Público–Privada definir un plan de acción para regionalizar la oferta de instrumentos de las entidades públicas del orden nacional que hacen parte del SNCTI y el SNCI, en materia de CTI teniendo en cuenta la heterogeneidad regional.
9. Solicitar al Departamento para la Prosperidad Social generar lineamientos para la implementación de un instrumento de infraestructura social y productiva.
10. Solicitar al Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE):

- a. Implementará una mesa de trabajo permanente con actores del SNCTI para atender las necesidades de medición en materia de transferencia y adopción de tecnologías en el sector empresarial.
- b. Implementar una agenda de mejora en las estadísticas y métricas relacionadas con CTI para dar cumplimiento a los requerimientos internos asociados a esta política y a los estándares definidos por la OCDE.
- c. Integrar al Sistema de Información Estadística de Ciencia, Tecnología e Innovación los datos e indicadores del sector Ciencia, Tecnología e Innovación como ecosistema de información apalancado en el Sistema Estadístico Nacional.

GLOSARIO

Actividades de Ciencia, Tecnología e Innovación: actividades sistemáticas que están estrechamente relacionadas con la producción, promoción, difusión y aplicación de los conocimientos científicos y técnicos.

Capital humano en I+D+i: conocimiento; habilidades; competencias, y atributos, incorporados en individuos a través de la educación formal y no formal. El capital humano en I+D+i integra el talento humano con formación de alto nivel, el talento humano con habilidades en tecnologías emergentes como ciencias de la computación, Big Data, robótica industrial, ingeniería del internet de las cosas, entre otras.

Compra pública para la innovación: instrumento de compra pública que fomenta la innovación y el desarrollo de los proveedores del Estado desde la demanda de bienes y servicios inexistentes en el mercado.

Desarrollo experimental: trabajos sistemáticos basados en los conocimientos adquiridos de la investigación y la experiencia práctica, o la producción de nuevos conocimientos orientados a la fabricación de nuevos productos o procesos, o la mejora de los existentes. El desarrollo experimental es la fase en la que el conocimiento general se pone a prueba para establecer el potencial de sus aplicaciones específicas, para llevar un proceso a un final exitoso (OCDE, 2015).

Entidades de soporte: estructuras que facilitan el flujo del conocimiento y la vinculación entre quienes trabajan en su generación y quienes lo aplican. El funcionamiento de estas entidades depende del grado de consolidación de los sistemas de innovación en los que están inmersos, en otras palabras, sus actividades están sujetas al comportamiento y desempeño de los actores a quienes deben apoyar. Son entidades de soporte las Incubadoras de Empresas, los Parques Tecnológicos, las Oficinas de Transferencia de Resultados de Investigación, entre otros (Colciencias, 2016).

Industrias 4.0: modelo de organización y de control de la cadena de valor a través de sistemas de fabricación apoyados por tecnología. La Industria 4.0 está sustentada en la aplicación de sistemas ciber físicos y tecnologías como internet de las cosas; robótica; *big data*, y realidad aumentada, para el desarrollo de procesos de fabricación más inteligentes, que incluyen dispositivos; máquinas; módulos de producción, y productos, que tienen la capacidad de interacción y de intercambio de información de forma independiente, permitiendo un entorno de fabricación inteligente. La Industria 4.0 se considera la cuarta revolución industrial (DNP, 2020).

Innovación: introducción de un producto o proceso nuevo o significativamente mejorado que difiere significativamente de los productos o procesos previos de la unidad y

que ha sido puesto a disposición de los usuarios potenciales (producto) o puestas en funcionamiento (proceso) por la unidad (OCDE, 2018).

Instituciones Generadoras de Conocimiento: organizaciones que en el desarrollo de sus actividades hacen investigación básica y aplicada, la cual es la base de la generación de nuevo conocimiento.

Inteligencia artificial: campo científico de la informática dedicado a la creación de programas que buscan resolver problemas cognitivos comúnmente asociados con la inteligencia humana o seres inteligentes, entendidos como aquellos que pueden adaptarse a situaciones cambiantes. Su base es el desarrollo de sistemas informáticos, la disponibilidad de datos y los algoritmos (DNP, 2020).

Internet de las cosas: red de trabajo compuesta por objetos inteligentes; activos ciberfísicos; tecnologías de la información relacionadas, y, opcionalmente, plataformas computacionales de última generación o en la nube, que habilitan el acceso; recolección; análisis; comunicación, e intercambio, de información sobre procesos; productos, o servicios, en un ambiente industrial de forma inteligente; autónoma, y en tiempo real, para optimizar el valor general de la producción (DNP, 2020)

Investigación aplicada: desarrollo de trabajos originales para adquirir nuevos conocimientos sobre un objetivo o propósito específico práctico. A través de la investigación aplicada se determinan los posibles usos de los resultados de la investigación básica, o nuevas formas de alcanzar objetivos específicos predeterminados. En general, la investigación aplicada desarrolla ideas y las convierte en algo operativo (OCDE, 2015).

Investigación básica: trabajos teóricos o experimentales que se emprenden principalmente para adquirir nuevos conocimientos acerca de los fundamentos de fenómenos y hechos observables, sin tener el propósito de otorgarles alguna aplicación o utilización específica (OCDE, 2015).

Investigación + Creación: trabajo creativo y sistemático realizado con el objetivo de aumentar el volumen de conocimiento (incluyendo el conocimiento de la humanidad, la cultura y la sociedad) y concebir nuevas aplicaciones a partir del conocimiento disponible.

Plataforma estratégica: hace referencia a la estructura conceptual sobre la cual se erige una organización.

Sistemas tecnológicos: redes de agentes que interactúan en un área tecnológica específica bajo una infraestructura institucional particular para generar; difundir, y hacer uso, de la tecnología. Los sistemas tecnológicos se definen en términos del conocimiento o la tendencia en la competencia, en lugar de, la tendencia de bienes y servicios ordinarios (Geels, 2004).

ANEXOS

Anexo A. Plan de Acción y Seguimiento (PAS)

Anexo B. Contexto de cada eje de la política

En este apartado se presenta el contexto normativo y de política relacionado con los siete ejes estratégicos en los que se enmarca esta política de CTI. Cuatro de estos ejes estratégicos conforman el ecosistema de CTI, mientras que tres hacen referencia a los recursos y dinamizadores que lo soportan. Estos ejes y el ecosistema son explicados en la sección 3 de este documento.

Fomento a vocaciones

En la última década, el país ha realizado esfuerzos exitosos en la implementación de instrumentos que contribuyen al fortalecimiento del talento humano para la CTI. Dentro de estos programas se destaca el programa *Ondas*, que es una estrategia para apoyar y estimular la curiosidad científica de los niños, niñas, y adolescentes. Igualmente, el programa *Jóvenes investigadores e innovadores* que ha beneficiado a jóvenes en la modalidad de beca pasantía. Otros de los instrumentos que se han implementado son: *Semilleros de investigación* con el fin de fortalecer las competencias investigativas de estudiantes de pregrado y *Nexo global* para promover la vocación científica de estudiantes de pregrado y facilitar su inserción en redes internacionales de conocimiento. Así también, la estrategia *Todo es ciencia* reconoce la ciencia en todas las aristas de la sociedad a través de contenidos multiformato, intervenciones en las regiones, y estrategias digitales. Sin embargo, actualmente el programa *Ondas*⁵⁵ se implementa sólo en 9 de los 32 departamentos del país y para el caso del programa *Jóvenes investigadores e innovadores* el Estado sólo logra financiar el 40 % de la demanda a nivel nacional (Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, 2021).

Además, se han realizado esfuerzos relevantes en la formación de capital humano de alto nivel. A ese respecto, el Documento CONPES 3835 *Declaración de importancia estratégica del proyecto de apoyo a la formación del capital humano altamente calificado en el exterior*⁵⁶; el Documento CONPES 3862 *Modificación al documento CONPES 3835 Declaración de importancia estratégica del proyecto de apoyo a la formación del capital humano altamente calificado en el exterior*⁵⁷, y el Documento CONPES 3981 *Declaración de importancia estratégica del proyecto Capacitación de Recursos Humanos para la*

⁵⁵ El programa Ondas consiste en una asignación directa de recursos a los grupos de investigación que son elegidos por convocatoria, por lo cual no se garantiza la promoción de la investigación científica en los niños, niñas y jóvenes de todo el país, sólo a un grupo minoritario.

⁵⁶ Disponible en <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3835.pdf>.

⁵⁷ Disponible en https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3862_Modif3835.pdf.

*Investigación Nacional*⁵⁸, aprobados en 2015, 2016, y 2019, respectivamente, han garantizado la financiación de programas de formación a nivel de maestrías y doctorado.

Adicionalmente, las inversiones del SGR y el aumento de la oferta de formación doctoral han fortalecido el sistema de formación doctoral. Las inversiones del SGR contribuyeron al fortalecimiento de la oferta de capital humano para investigación e innovación, mientras que las políticas mencionadas promovieron el aumento del número de graduados de doctorado por millón de habitantes, pasando 3 en 2008 a 12,6 en 2016 (Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, 2019). Además, se fortaleció el sistema de formación doctoral en el país ya que Colombia pasó de ofertar 84 programas doctorales en 2007 a 382 en 2018 (Ministerio de Educación Nacional, 2019).

Así también, **el país ha fortalecido la formación y vinculación doctoral**. La Ley 1942 de 2018⁵⁹ asignó recursos del SGR hasta por 250.000 millones de pesos para otorgar mil créditos beca para estudios doctorales en el país y de hasta 250.000 millones de pesos para el fortalecimiento de IES. Igualmente, el PND 2018–2022 planteó como meta la formación de 3.680 doctores y la vinculación laboral de 800 doctores. Para esto, el Ministerio de Ciencia, Tecnología, e Innovación, ha sido la entidad que ha apoyado en mayor medida la formación doctoral con una participación del 75,3 % de las becas y créditos beca. El citado ministerio ha ejecutado varias convocatorias para la vinculación de recurso humano de alto nivel, entre ellas el programa *Inserción laboral*⁶⁰.

Generación de conocimiento

La política de CTI del país también ha fomentado la producción de publicaciones científicas realizadas por investigadores nacionales. El sistema de incentivos a la producción científica del país se estableció con el Decreto 1279 de 2002⁶¹, el cual regula la remuneración de los profesores de las universidades públicas según la productividad académica. Por su parte, con respecto a la provisión de mecanismos para aumentar las publicaciones científicas nacionales en revistas e índices de alto impacto, el ahora Ministerio

⁵⁸ Disponible en <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3981.pdf>.

⁵⁹ Por la cual se decreta el presupuesto del Sistema General de Regalías para el bienio del 1 de enero de 2019 al 31 de diciembre de 2020.

⁶⁰ La Evaluación de Resultados del Programa Piloto de Inserción Laboral de Doctores de Colciencias desarrollado mediante la Convocatoria 535 de 2011 tuvo una inversión de 9.200 millones de pesos y benefició a 24 empresas y 28 doctores. Otros de los principales resultados reportados por las empresas participantes son los nuevos procesos productivos (20,8 %) y nuevos métodos de comercialización (12,5 %) especialmente para aquellas empresas que ya contaban con unidades de I+D. Para aquellas que no contaban con experiencia en ACTI se produjo la creación de unidades de I+D, así como acceso a redes de conocimiento. Esta inversión tuvo una tasa interna de retorno del 6,78 %.

⁶¹ Por el cual se establece el régimen salarial y prestacional de los docentes de las Universidades Estatales.

de Ciencia, Tecnología, e innovación, antes Colciencias, adoptó el rediseño del modelo de clasificación de las revistas científicas usado en el *Sistema de indexación y homologación de revistas especializadas de CTI*, de acuerdo con la política nacional para mejorar el impacto de las publicaciones científicas nacionales⁶².

Asimismo, en 2018 Colciencias formuló los lineamientos para una política de ciencia abierta⁶³ y adoptó la política en ética científica. Estos lineamientos plantearon el objetivo de generar condiciones habilitantes para desarrollar una cultura científica que contemplara el conocimiento como un bien público (Colciencias, 2018). Esta propuesta se basó en tres ejes principales, a saber: (i) la articulación del régimen de propiedad intelectual con los principios y componentes de la ciencia abierta; (ii) la interacción entre actores del SNCTI para el desarrollo de la ciencia abierta, y (iii) la exploración de mecanismos de financiación e incentivos para el fomento de la ciencia abierta. En este mismo año, se adoptó la Política de ética de la investigación, bioética e integridad científica, mediante la Resolución 314 de 2018 del entonces Colciencias cuyo objetivo es fomentar la apropiación de una cultura basada en ética, bioética e integridad científica que promueva y oriente la reflexión colectiva, participativa y plural en los procesos de CTI desarrollados en Colombia y que garantice su calidad y pertinencia para el desarrollo social con justicia y equidad.

Uso del conocimiento

Para promover el uso y transferencia del conocimiento y la innovación, el Gobierno nacional ha dispuesto distintos instrumentos de fomento a la innovación empresarial. Estos instrumentos han estado articulados con actores del SNCTI y con mecanismos para consolidar procesos efectivos de transferencia tecnológica. Algunos ejemplos son el programa *iNNpulsatec*, fábricas de productividad, y los programas de *vouchers* de innovación que se han implementado en distintas regiones.

Por otro lado, los beneficios tributarios constituyen un instrumento de política pública relevante para incentivar la inversión del sector privado en CTI. Desde la expedición de la Ley 6 de 1992⁶⁴ referente a deducciones por inversiones en investigación científica y

⁶² Documento de política 1601 de 2016 del entonces Colciencias, hoy Ministerio de Ciencia, Tecnología, e Innovación.

⁶³ Según la edición 2016 del reporte *Open innovation, open science, open to the world* de la Comisión Europea, la ciencia abierta es un nuevo enfoque del proceso científico basado en el trabajo cooperativo y nuevas formas de difundir el conocimiento mediante el uso de tecnologías digitales y nuevas herramientas colaborativas.

⁶⁴ Por la cual se expiden normas en materia tributaria, se otorgan facultades para emitir títulos de deuda pública interna, se dispone un ajuste de pensiones del sector público nacional y se dictan otras disposiciones.

tecnológica, pasando por diferentes reformas⁶⁵ hasta su consolidación con la Ley 1955 de 2019⁶⁶, el instrumento de beneficios tributarios ha construido una trayectoria de 30 años. Esta última ley, que expide el PND 2018-2022, consolidó los beneficios tributarios a través de nuevos incentivos, como: (i) el crédito fiscal para Mipymes; (ii) beneficios tributarios por vinculación de personal con título de doctorado a empresas; (iii) deducciones por donaciones en I+D+i y, (iv) beneficios tributarios por donación⁶⁷.

Colombia ha desarrollado instrumentos para incrementar la transferencia de tecnología y el extensionismo tecnológico en el país durante los últimos años. En 2012, se realizó el piloto de extensión tecnológica con la participación del Servicio Nacional de Aprendizaje, el DNP, y el Banco Mundial, que arrojó resultados favorables en desarrollo de capacidades empresariales. En 2017 se implementó una metodología de formación de productividad diseñada por el Instituto Tecnológico de Georgia a nivel departamental, y en 2018 se implementó el programa *Colombia productiva* orientado al desarrollo de capacidades de exportación en las empresas mediante la asistencia técnica en mejoramiento continuo; eficiencia energética; calidad; estrategia comercial, y talento humano. Finalmente, se han desarrollado diversos programas para promover la innovación empresarial: (i) *Economía circular, organizada, y sostenible* de la Agencia de emprendimiento e innovación del Gobierno Nacional; (ii) *Váuchers de innovación*; (iii) *Pactos por la innovación*; (iv) *Alianzas por la innovación*, y (v) el Sistema de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Investigación. Igualmente, las Cámaras de Comercio han realizado esfuerzos relevantes como el programa Alianzas por la innovación y la estrategia de Centros de Transformación Digital.

Por otra parte, el Gobierno nacional expidió la Ley 1838 de 2017⁶⁸ que habilita a las IES para crear empresas tipo *spin-off*⁶⁹ sin afectar sus planes de mejoramiento. Esto con el fin de incentivar el emprendimiento innovador y de alto valor agregado en las IES, y de ampliar la participación de particulares o servidores públicos (docentes o investigadores), cualquiera

⁶⁵ Tales como la Ley 223 de 1995; la Ley 633 de 2000; la Ley 1450 de 2011; la Ley 1607 de 2012; la Ley 1739 de 2014, y la Ley 1819 de 2016.

⁶⁶ Por el cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022 *Pacto por Colombia, Pacto por la Equidad*.

⁶⁷ En este contexto, según la Ley 1955 de 2019 el crédito fiscal se otorga a las Mipymes que realicen inversiones en proyectos de I+D+i o la vinculación de personal con título de doctorado, por un valor del 50 % de la inversión realizada, siendo aplicable para la compensación de impuestos nacionales o para la solicitud de Títulos de Devolución de Impuesto.

⁶⁸ Por la cual se dictan normas de fomento a la ciencia, tecnología e innovación mediante la creación de empresas de base tecnológica (*Spin Offs*) y se dictan otras disposiciones.

⁶⁹ Una *Spin off* es una empresa basada en conocimientos y resultados de investigación, sobre todo aquellos protegidos por derechos de Propiedad Intelectual, gestados en el ámbito de las IES, resultado de actividades de investigación y desarrollo realizadas bajo su respaldo, en sus laboratorios e instalaciones o por investigadores a ellas vinculados, entre otras formas.

sea su forma o naturaleza de vinculación legal, para formar parte de ellas a cualquier título, o para crearlas. De esta forma, podrán asociarse con las IES y con las personas privadas que manejen recursos públicos de acuerdo con la ley, reglamentos, y estatutos, propios de las IES.

Apropiación del conocimiento⁷⁰

En el país se han implementado múltiples programas para fomentar la apropiación social del conocimiento desde el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, así como desde otros actores del SNCTI. Desde 2010, en el marco de la *Estrategia nacional de apropiación social de la CTI*, el Ministerio de Ciencia, Tecnología, e Innovación desarrolló políticas orientadas a la apropiación social de la ciencia, con el objetivo de incluir a la ciudadanía en las dinámicas de producción y apropiación del conocimiento (Colciencias, 2018). De igual forma, se desarrollaron convocatorias a través del fondo de CTI del SGR para el financiamiento y consolidación de una sociedad basada en el conocimiento (Ministerio de Ciencia, Tecnología, e Innovación, 2020).

De modo similar, en el PND 2018-2022 se incorporan diversas políticas nacionales de apropiación social del conocimiento. En ellas, se establece que el Ministerio de Ciencia, Tecnología, e Innovación, fortalecerá los programas de apropiación social de la CTI; generará lineamientos técnicos y estratégicos para robustecer el programa *Aprópiate* que busca incrementar la apropiación social del conocimiento; implementará nuevas métricas para reconocer productos de apropiación social que tengan en cuenta el aporte a la solución de problemas locales, y con el Ministerio del Interior y el DNP, implementarán un programa piloto de apropiación social de la CTI en instancias legislativas, a escalas nacional y subnacional.

Potenciadores sociales, regionales, e internacionales

El PND 2018–2022 incluyó pactos para promover una mayor inclusión social y regional en el país. Respecto a la inclusión social, en el Plan se incluyen el pacto por la equidad de oportunidades para grupos étnicos: indígenas, negros, afrocolombianos, raizales, palenqueros y Rrom; el pacto por la inclusión de todas las personas con discapacidad, y el pacto de equidad para las mujeres. Estos pactos son consecuentes con el Documento CONPES 3660 *Política para promover la igualdad de oportunidades para la*

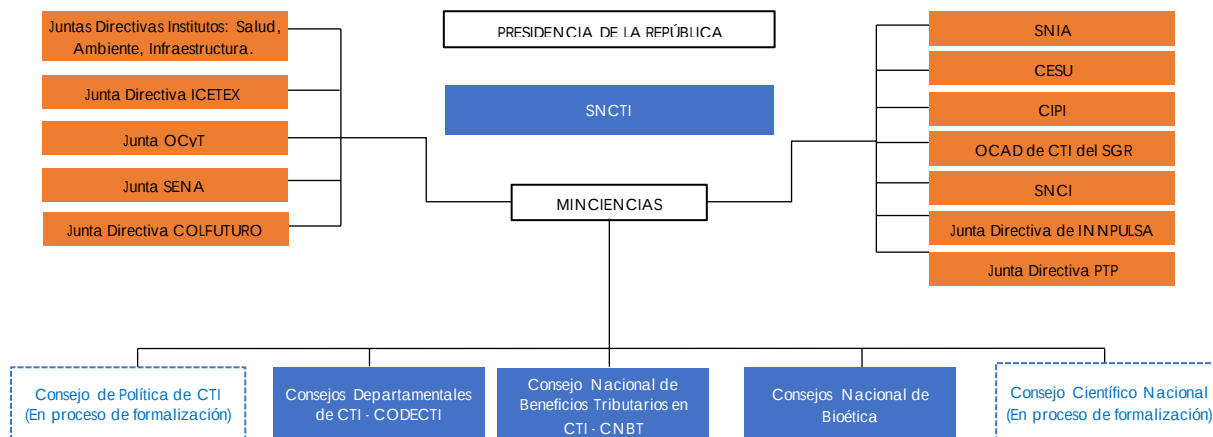
⁷⁰ La Apropiación Social del conocimiento es un proceso intencionado de comprensión e intervención de las relaciones entre ciencia, tecnología y sociedad, construido a partir de la participación activa de los diversos grupos sociales que generan conocimiento.

*población negra, afrocolombiana, palenquera y raizal*⁷¹ aprobado en 2010; el Documento CONPES 161 *Equidad de género para las mujeres*⁷² aprobado en 2013, y el Documento CONPES 166 *Política pública nacional de discapacidad e inclusión social*⁷³ aprobado en 2013. Respecto a la inclusión regional, los pactos por la productividad y la equidad en las regiones buscan aprovechar las potencialidades territoriales mediante el diseño de políticas acordes con las características de los territorios.

Factores dinamizadores del SNCTI

El SNCTI es el ente encargado de fortalecer y hacer uso de las capacidades regionales para la internacionalización e inserción de la CTI de Colombia en las redes internacionales. De acuerdo con el Documento CONPES 3582 aprobado en 2009, y la Ley 1286 de 2009, se establece como deber del Estado fortalecer el desarrollo regional a través de políticas integrales de descentralización e internacionalización de las ACTI, de acuerdo con las dinámicas internacionales. Su composición se ilustra en la Figura 3.

Figura 3. Estructura del SNCTI



Fuente: Ministerio de Ciencia, Tecnología, e Innovación (2020).

Así mismo, el SNCTI y la Ley 1955 de 2019 han resaltado la importancia de que el SNCTI tenga puntos de encuentro con otros sistemas administrativos. En particular, desde el SNCTI se ha identificado la necesidad de generar articulación con otros sistemas como el SNIA; el Consejo Nacional de Educación Superior; la Comisión Intersectorial de Propiedad Intelectual, y el Órgano Colegiado de Administración y Decisión de CTI del SGR. Adicionalmente, la Ley 1955 de 2019 estableció que el Ministerio de Ciencia, Tecnología,

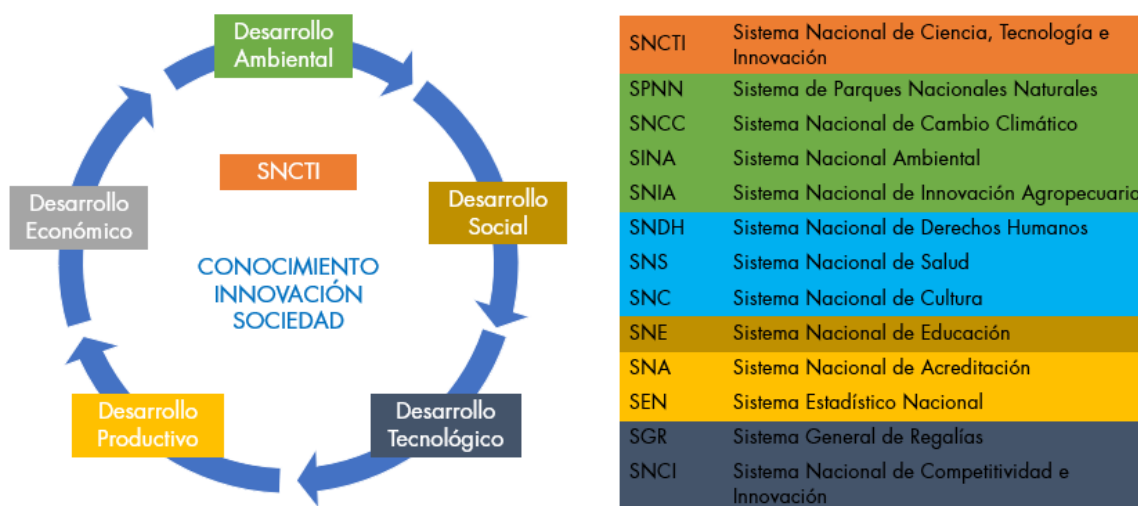
⁷¹ Disponible en <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3660.pdf>.

⁷² Disponible en <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Social/161.pdf>.

⁷³ Disponible en <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Social/166.pdf>.

e Innovación, debe apoyar el fomento de la CTI hacia el mejoramiento de la competitividad, determinando vínculos del SNCTI con otros sistemas tales como el SNIA, el SINA, el sistema educativo, entre otros, en el marco del SNCI. Lo anterior, puede observarse en la Figura 4. Adicionalmente, la misión de sabios resaltó la relevancia de fortalecer la relación del SNCTI con el Consejo Nacional de Economía Naranja.

Figura 4. Articulación del SNCTI con otros sistemas nacionales



Fuente: Ministerio de Ciencia, Tecnología, e Innovación (2020).

Además de garantizar la coordinación con los sistemas de orden nacional, el SNCTI tiene como función articular las instancias regionales en CTI. A través del Decreto 1651 de 2019⁷⁴, se establece que las Comisiones Regionales de Competitividad deben articularse con las distintas instancias departamentales y territoriales que desarrollen actividades dirigidas a fortalecer la competitividad e innovación en los departamentos, entre ellas, los Codecti, así como los Comités Universidad–Estado–Empresa. Esta integración se realiza al interior de cada departamento con la participación de los sectores público y privado, así como de la academia, y están orientadas a la formulación; gestión, e implementación, de las Agendas Departamentales de Competitividad e Innovación.

Recursos financieros

⁷⁴ Por el cual se adiciona el título 8 a la Parte 1 del Libro 2 del Decreto 1081 de 2015, Decreto Reglamentario Único del Sector Presidencia de la República, para establecer la organización y funcionamiento del Sistema Nacional de Competitividad e Innovación.

Gracias a la Ley 1286 de 2009 se creó el *Fondo Francisco José de Caldas* como instrumento financiero del SNCTI. Este fondo tiene como objetivo recursos públicos, privados, internacionales, y de donación, para financiar el desarrollo de programas, proyectos, y actividades, de CTI. El fondo ha permitido financiar programas y proyectos a nivel nacional y regional a mediano plazo (más de una vigencia fiscal) y el Fondo de CTI del SGR financiar las iniciativas de I+D+i de carácter regional. Además, en el artículo 21 de esta misma Ley se estableció el marco de inversión en CTI para programar el gasto público en CTI de las entidades del Gobierno nacional. En 2021, mediante la Directiva presidencial 06 se definió el mencionado marco de inversión donde se establecieron montos mínimos de inversión en ACTI por sector administrativo.

En 2015 se realizó por primera vez un análisis del gasto público en CTI por parte del Gobierno nacional, y se emitieron los primeros lineamientos para la optimización de la oferta institucional. Para esto, el Banco Mundial junto con el DNP realizaron un análisis de la funcionalidad y gobernanza de los instrumentos utilizados para promover la política de CTI. El análisis evidenció una marcada concentración de recursos en pocos instrumentos de CTI, así como la duplicación de funciones y competencias entre las entidades rectoras de política. Así mismo, el estudio propuso promover la especialización al interior y entre las entidades; racionalizar o consolidar instrumentos, y eliminar la duplicidad en términos de usuarios, beneficiarios, y objetivos de política (Banco Mundial, 2015).

Adicionalmente, el Gobierno nacional ha facilitado la destinación de recursos hacia CTI en los últimos años. El PND 2018–2022 estableció la destinación de recursos públicos, especialmente del Fondo de CTI del SGR, para el apalancamiento de inversión privada en actividades de CTI a través entidades financieras de segundo piso mediante el uso de líneas de crédito. De igual manera, el Gobierno nacional habilitó la posibilidad de realizar donaciones al *Fondo Francisco José de Caldas* para el financiamiento de programas y proyectos de CTI aprobados por el Consejo nacional de beneficios tributarios en CTI.

Adicionalmente, el DNP, con el apoyo de Presidencia de la República, viene liderando la elaboración e implementación piloto de la metodología de Arco con el fin de mejorar la eficiencia del gasto público. A ese respecto, la Directiva presidencial 12 de 2019⁷⁵ y la Circular Externa del DNP No. 02-4 de 2020⁷⁶ establecen que esta metodología permite crear evidencia sistemática para la optimización y articulación de la oferta de instrumentos de política pública para la competitividad y la innovación, logrando presupuestos orientados a

⁷⁵ Optimización y articulación de la oferta de instrumentos de política pública para la competitividad y la innovación.

⁷⁶ Lineamientos para la optimización y articulación de la oferta de instrumentos de política pública para la competitividad y la innovación.

resultados; disminución en la dispersión de recursos, y una articulación de las entidades centrada en los usuarios (DNP, 2020).

BIBLIOGRAFÍA

- Academia Australiana de Ciencias. (2020). What is Science? Australia.
- Agencia Espacial Europea. (2007). *Technology Readiness Levels Handbook for space applications*.
- Agencia Presidencial para la Cooperación. (2019). *Informe de Gestión 2019 - APC Colombia*. Obtenido de <https://www.apccolombia.gov.co/sites/default/files/2020-04/Informe-de-Gestion-2019-Version-2.pdf>
- Akamai. (2017). *Akamai's State Of The Internet Q1 2017 Report*.
- Akcigit, U., Hanley, D., & Serrano-Vela, N. (2013). Back to Basics: Basic Research Spillovers, Innovation Policy and Growth. *NBER Working Paper No. 19473*.
- Arocena, R., Göransson, B., & Sutz, J. (2018). *Developmental universities in inclusive innovation systems*.
- Australian Research Council. (septiembre de 2018). *Australian Government*. Obtenido de <https://www.arc.gov.au/grants/linkage-program/industrial-transformation-research-program/industry-growth-centres-initiative>
- Banco Interamericano de Desarrollo . (2020). *Respuestas al COVID-19 desde la ciencia, la innovación y el desarrollo productivo*.
- Banco Mundial. (2015). *Análisis Funcional y de Gobernanza del Gasto Público en Ciencia, Tecnología e Innovación en Colombia*. Obtenido de https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Sinergia/Documentos/141_InformeFinal.pdf
- Banco Mundial. (2016). *Investigadores dedicados a investigación y desarrollo (por cada millón de personas)*. Obtenido de <https://datos.bancomundial.org/indicador/SP.POP.SCIE.RD.P6?view=chart>
- Banco Mundial. (2018). *Análisis de Gasto Público en Ciencia, Tecnología e Innovación a nivel subnacional en Colombia*. . Cuarto Entregable: Análisis funcional y de Gobernanza.
- Banco Mundial. (2018). *Análisis de Gasto Público en Ciencia, Tecnología e Innovación: eficiencia*. Bogotá.
- Banco Mundial. (2019). *Momento decisivo: La educación superior en América Latina y el Caribe*.
- Banco Mundial. (2020). *GDP Growth (Annual %)*. Obtenido de <https://data.worldbank.org/indicador/NY.GDP.MKTP.KD.ZG>

Banco Mundial. (2020). *Research and development expenditure (% of GDP)*. Obtenido de <https://data.worldbank.org/indicator/GB.XPD.RSDV.GD.ZS>

Bell, M., & Pavitt, K. (1993). Technological Accumulation and Industrial Growth: Contrasts between Developed and Developing Countries. *Industrial and Corporate change*, 2(2), 157-210.

Banco Interamericano de Desarrollo. (2020). Emprendimientos de base científico-tecnológica en América Latina .

Banco Interamericano de Desarrollo. (25 de Mayo de 2020). *Respuestas al COVID-19 desde la Ciencia, la Innovación y el Desarrollo Productivo*. doi:<http://dx.doi.org/10.18235/0002347>

Bloom, N., Lemos, R., Sadun, R., Scur, D., & Reenen, J. V. (2014). *The New Empirical Economics of Management*.

Bush, V. (1945). *Science, the endless frontier*.

Cámara de Comercio de Bogotá; Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones; International Chamber of Commerce. (2018). *Observatorio de la economía digital de Colombia*.

Castells, M. (2013). *El impacto de internet en la sociedad: una perspectiva global*. Obtenido de [https://www.bbvaopenmind.com/articulos/el-impacto-de-internet-en-la-sociedad-una-perspectiva-global/#:~:text=Introducci%C3%B3n,tecnol%C3%B3gica%20durante%20la%20era%20industrial.&text=La%20tecnolog%C3%ADa%20de%20internet%20en,1969%20\(Abate%2C%201999\)](https://www.bbvaopenmind.com/articulos/el-impacto-de-internet-en-la-sociedad-una-perspectiva-global/#:~:text=Introducci%C3%B3n,tecnol%C3%B3gica%20durante%20la%20era%20industrial.&text=La%20tecnolog%C3%ADa%20de%20internet%20en,1969%20(Abate%2C%201999)).

Cathles, & Navarro. (2019). *La disrupción del talento*. Washington, D.C.: Banco Interamericano de Desarrollo.

Centro Nacional de Consultoría. (2017). Estudio Vinculación de Doctores Formación de Alto Nivel.

Chingaté, N., & Molano, A. (2016). Recomendaciones a la política y a la estrategia de la apropiación social de ciencia, tecnología e innovación (ASCTI) en Colombia. Una Mirada desde el Foro Nacional ASCTI. *Ciencia, Tecnología y Sociedad*, 15(8), 43-56.

Cirera, X., & Maloney, W. (2017). *The Innovation Paradox*. Washington: World Bank Publications.

Cirera, X., & Maloney, W. F. (2017). *Innovation Paradox*.

- Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación. (2006). *Plan Estratégico Programa Nacional de Prospectiva en Ciencia, Tecnología e Innovación*. Obtenido de http://repositorio.colciencias.gov.co/bitstream/handle/11146/783/396.%20PlanEstrategico_ProgramaNacionalProspectivaCTel2006.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación. (2016). *Documento N° 1602. Actores del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación*. Bogotá: Colciencias.
- Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación s. (2017). *Política de ética, bioética e integridad científica*.
- Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación. (2018). *Innovar tiene su crédito*. Obtenido de <https://minciencias.gov.co/convocatorias/innovacion/innovar-tiene-su-credito-linea-financiacion-idi-segunda-convocatoria>
- Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación. (2018). *Libro Verde 2030: Política Nacional de Ciencia e Innovación para el Desarrollo Sostenible*. Obtenido de Repositorio Principal CENDOC: <http://repositorio.colciencias.gov.co/handle/11146/33995>
- Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación. (2018). *Libro Verde 2030: Política Nacional de Ciencia e Innovación para el Desarrollo Sostenible*. Obtenido de Repositorio Principal CENDOC: <http://repositorio.colciencias.gov.co/handle/11146/33995>
- Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación. (2018). *Libro Verde 2030: Política Nacional de Ciencia e Innovación para el Desarrollo Sostenible*. Obtenido de Repositorio Principal CENDOC: <http://repositorio.colciencias.gov.co/handle/11146/33995>
- Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación. (2018). *Lineamientos para una política de Ciencia Abierta en Colombia*. Bogotá.
- Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación. (2018). Mapeo de iniciativas de CTel en niños, niñas y jóvenes.
- Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación. (2018). Mapeo de iniciativas de CTel en niños, niñas y jóvenes.
- Comin, D., & Mestieri, M. (2016). If Technology Has Arrived Everywhere, Why has Income Diverged. *NBER working paper*.
- Comisión Europea. (2016). *Open innovation, open science, open to the world*.

Comision Europea. (2017). *Towards a Mission-Oriented Research and Innovation Policy in the European Union. An ESIR Memorandum: Executive Summary.*

Comision Europea. (2018). *Mission-Oriented Research and Innovation Policy.*

Consejo Científico Británico. (2020). Our definition of science. Reino Unido.

Cornell University; Institut Européen d'Administration des Affaires; WIPO. (2019). *The Global Innovation Index 2019: Creating Healthy Lives — The Future.*

Corte Constitucional. (2009). *Auto 004 de 2009.* Obtenido de Corte Constitucional: <https://www.corteconstitucional.gov.co/relatoria/Autos/2009/A004-09.htm>

Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2015-2016). *Encuesta de desarrollo e innovación tecnológica Industria Manufacturera.* Obtenido de https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/edit/boletin_EDIT_manufacturera_2015_2016.pdf

Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2017-2018). *Encuesta de desarrollo e innovación tecnológica Industria manufacturera.* Obtenido de https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/edit/boletin_EDIT_manufacturera_2017_2018.pdf

Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2018). *Encuesta de desarrollo e innovación tecnológica Industria manufacturera, 2017-2018.* Obtenido de https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/edit/boletin_EDIT_manufacturera_2017_2018.pdf

Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2019). *Población gitana o Rrom de Colombia. Resultados del censo nacional de población y vivienda 2018.* Obtenido de <https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/grupos-etnicos/presentacion-grupos-etnicos-poblacion-gitana-rrom-2019.pdf>

Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2019). *Población indígena de Colombia. Resultados del censo nacional de población y vivienda 2018.* Obtenido de <https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/grupos-etnicos/presentacion-grupos-etnicos-2019.pdf>

Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2019). *Población negra, afrocolombiana, raizal y palenquera. Resultados del censo nacional de población y vivienda 2018.* Obtenido de <https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/grupos-etnicos/presentacion-grupos-etnicos-poblacion-NARP-2019.pdf>

Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2020). *Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica Servicios y comercio (EDITS VII)*.

Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2020). *Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica Servicios y comercio (EDITS VII)*. Obtenido de <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/tecnologia-e-innovacion/encuesta-de-desarrollo-e-innovacion-tecnologica-edit>

Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (20 de julio de 2020). *Estadísticas y grupos étnicos*. Obtenido de <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/grupos-etnicos/estadisticas-y-grupos-etnicos>

David, P. A. (1985). Clio and the economics of QWERTY. *Economic History*, 75(2), 332-335.

Daza-Caicedo, S., & Lozano-Borda, M. (2013). *Actividades hacia "otros públicos". Entre la difusión, la apropiación y la gobernanza de la ciencia y la tecnología*. Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología.

Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación. (2016). *Documento N° 1602. Actores del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación*. Bogotá: Colciencias.

Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación. (2018). *Lineamientos para una política de Ciencia Abierta en Colombia*. Bogotá.

Departamento Nacional de Planeación & Presidencia. (2019). *Mapeo y articulación de oferta de instrumentos en Desarrollo Productivo y Ciencia, Tecnología e Innovación*.

Departamento Nacional de Planeación. (2018). *ABC de la Política de Crecimiento Verde*.

Departamento Nacional de Planeación. (2018). *Evaluación de resultados a inversiones del SGR. Sector Ciencia, Tecnología e Innovación*. Obtenido de <https://www.sgr.gov.co/LinkClick.aspx?fileticket=-fB6JlpktIE%3d&tabid=438>

Departamento Nacional de Planeación. (2019). *Bases del Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022*.

Departamento Nacional de Planeación. (2019). *Bases del Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022 "Pacto por Colombia, pacto por la equidad"*. Obtenido de <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Prensa/BasesPND2018-2022n.pdf>

Departamento Nacional de Planeación. (2019). *Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022. "Pacto por Colombia, Pacto por la Equidad"*.

- Departamento Nacional de Planeación. (2020). *Brief Análisis de Gasto Público en CTel: Diagnóstico y Recomendaciones*.
- Departamento Nacional de Planeación. (2020). *Implementación de la metodología de "Articulación para la Competitividad" -ArCo. PGN 2021. 2ª iteración*.
- Departamento Nacional de Planeación. (2020). *Lineamientos y recomendaciones para la construcción de una política de industrias 4.0*. Bogotá.
- Departamento Nacional de Planeación. (2020). *Metodología de Articulación (ArCo)*. Recuperado el 20 de Marzo de 2020, de <https://www.dnp.gov.co/programas/desarrollo-empresarial/Competitividad/Paginas/Metodologia-de-Articulacion-ArCo.aspx>
- Departamento Nacional de Planeación. (2020). *Metodología de Articulación (ArCo). Análisis de oferta proyecto de PGN 2021*. Obtenido de <https://www.dnp.gov.co/programas/desarrollo-empresarial/Competitividad/Paginas/Metodologia-de-Articulacion-ArCo.aspx>
- Departamento Nacional de Planeación. (2021). *Índice Departamental de Innovación para Colombia (IDIC) 2020*. Obtenido de <https://www.dnp.gov.co/programas/desarrollo-empresarial/Competitividad/Paginas/Indice-Departamental-de-Innovacion-para-Colombia-2019.aspx>
- Dogson, M. (2000). *Systemic Integration of the Innovation Process within the Firm*.
- Dosi, G. (1982). Technological paradigms and technological trajectories. *Research Policy*, 11(3), 147-162.
- Dutrénit, G., & Sutz, J. (2014). *National Systems of Innovation. Social Inclusion and Development. The Latin American Experience*. Edward Elgar.
- Estupiñán, F. (2014). Evaluación de Resultados del Programa Piloto de Inserción Laboral de Doctores de Colciencias.
- European Commission. (2005). *Innovation market failures and state aid: developing criteria*.
- Fagerberg, J. (2006). Introduction. En J. Fagerberg, D. C. Mowery, & R. R. Nelson, *The Oxford Handbook of Innovation*.
- Fagerberg, J., & Verspagen, B. (2002). Technology-gaps, innovation-diffusion and transformation: an evolutionary interpretation. *Research Policy*, 31, 1291-1304.
- Fundación para la Educación Superior y el Desarrollo. (2014). *Evaluación institucional y de procesos con énfasis en el ciclo de proyectos del Sistema General de Regalías*.

- Obtenido de
https://www.repository.fedesarrollo.org.co/bitstream/handle/11445/1706/Report_Septiembre_2014_Nu%C3%B1ez_Castro_y_Rincon.pdf?sequence=3&isAllowed=y
- Fundación para la Educación Superior y el Desarrollo. (2015). *Diagnóstico de la situación de la educación técnica y tecnológica*.
- Fernández-Polcuch, E., Bello, A., & Massarani, L. (2016). *Políticas públicas e instrumentos para el desarrollo de la cultura científica en América Latina. Estudios y documentos de política científica de ALC*. UNESCO.
- Fidalgo, F., & Borges, L. (2012). Employee Turnover Impact in Organizational Knowledge Management: The Portuguese Real Estate Case. *Journal of Knowledge Management, Economics and Information Technology*, 2(2).
- Foro Económico Mundial. (2019). The Global Competitiveness Report 2019.
- Forst, M. (2018). *United Nations Special Rapporteur on the situation of human rights defenders*. United Nations.
- Freeman, C. (1982). *The economics of industrial innovation*.
- Freeman, C. (1987). *Technology Policy and Economic Performance: Lesson from Japan*. Pinter publisher.
- García Peñalvo, F. J. (2012). Gestión del conocimiento y de la tecnología. *GRupo de Investigación en interAcción y eLearning*.
- Geels, F. W. (2004). From sectoral systems of innovation to socio-technical systems Insights about dynamics and change from sociology and institutional theory. *Science Direct*, 898. Obtenido de From sectoral systems of innovation to socio-technical systems Insights about dynamics and change from sociology and institutional theory.
- Gobierno de Colombia. (2019). *Colombia hacia una sociedad del conocimiento. Informe de la Misión Internacional de Sabios 2019 por la educación, la ciencia, la tecnología y la innovación. Versión Preliminar*. Bogotá D.C.: Ministerio de Ciencia, Tecnología, e Innovación. Obtenido de https://minciencias.gov.co/sites/default/files/upload/paginas/191205_informe_mision_de_sabios_2019_vpreliminar.pdf
- Gómez, A. (2015). *Aportes para la construcción de una política pública para la formación doctoral en Colombia*. Bogotá: Estudio realizado para Colciencias.
- Grupo Banco Mundial . (2018). *Colombia Notas de Política* . Obtenido de Documentos Banco Mundial:

- <http://documentos.bancomundial.org/curated/es/375251544569089932/pdf/Colombia-Policy-Notes.pdf>
- Harvard's Growth Lab. (2018). *Atlas of Economic Complexity*. Obtenido de Colombia: <https://atlas.cid.harvard.edu/countries/49>
- Hidalgo, C., & Hausmann, R. (2009). The building blocks of economic complexity. *Proceedings of the National Academy of the Sciences of the United States of America*, 10570–10575.
- Ibarra García, S., Federico, J., Ortiz, M., & Kantis, H. (2018). ¿EL ECOSISTEMA O LOS ECOSISTEMAS?PRIMERAS EVIDENCIAS DE UN EJERCICIO DE TIPOLOGÍAS SOBRE CIUDADES DE LA PROVINCIA DE SANTA FE (ARGENTINA). *RGEPE*.
- Insead. (2019). *The Global Innovation Index*. Obtenido de <https://www.globalinnovationindex.org/analysis-indicator>
- Institute for Innovation and Public Purpose. (2019). *A Mission-Oriented UK Industrial Strategy*.
- Institute for Innovation and Public Purpose. (2019). *A Mission-Oriented UK Industrial Strategy*.
- Instituto Colombiano para la Evaluación de la Educación. (2020). *Informe Nacional de Resultados para Colombia - PISA 2018*.
- Instituto de Emprendimiento y Desarrollo Global. (2018). *Global Entrepreneurship Index*. Obtenido de The Global Entrepreneurship and Development Institute: https://thegedi.org/wp-content/uploads/dlm_uploads/2017/12/2018-GEI-Technical-Annex.pdf
- International Network for Government Science Advice. (2019). Conclusiones del Taller de Asesoramiento Científico Gubernamental y Diplomacia Científica. Bogotá.
- Jones, C. (2016). The Facts of Economic Growth. En *Handbook of Macroeconomics* (págs. 3–69).
- Kaplinsky, R. (2011). Schumacher meets Schumpeter: appropriate technology below the radar. *Research Policy*, 40(2), 193-203.
- Kattel, R., & Mazzucato, M. (2018). Mission-oriented innovation policy and dynamic capabilities in the public sector. *Working Paper Series (IIPP WP 2018-5)*.
- Kline, S., & Rosenberg, N. (1986). An overview of innovation. En R. Landau, & N. Rosenberg, *The positive sum strategy: Harnessing Technology for Economic Growth* (págs. 275-306). Washington, DC: National Academy Press.

- Kobos, P., Malczynski, L., Walker, L., Borns, D., & Klise, G. (2018). Timing is everything: A technology transition framework for regulatory and market readiness levels. *Technological/Forecasting & Social Change*, 137, 211-225.
- Laboratorio de Cibermetría. (2019). *Ranking Web de Centros de Investigación del Mundo*. Obtenido de http://research.webometrics.info/es/Americas/Latin_America
- Leon, D. (2017). Differential approach and capabilities: An analysis for the population displaced in Colombia. *Economic and Social Thught*, 4(3).
- London School of Economics . (2014). *Management Matters: Manufacturing Report*.
- Lundvall, B.-Å. (1992). *National Systems of Innovation: Toward a Theory of Innovation and Interactive Learning*. Pinter Publishers.
- Mazzucato, M. (2013). *The entrepreneurial state*. Anthem Press.
- Mazzucato, M. (2015). Innovation systems: from fixing market failures to creating markets. *Intereconomics*, 120-125.
- Mazzucato, M. (2018). Mission-oriented innovation policies: challenges and opportunities. *Industrial and Corporate Change*, 27(5), 803-815.
- Mazzucato, M., & Dibb, G. (2019). *Missions: A beginner's guide*. IIPP Policy Brief 09.
- Ministerio de Cultura. (2013). *Diversidad lingüística en Colombia: muchas voces, resistencia cultural y agenda de nació*. Obtenido de <https://www.mincultura.gov.co/areas/poblaciones/noticias/Documents/Dossier%20Representaci%C3%B3n%20Colombia%20Smithsonian%20Folklife%20Festival.pdf>
- Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación. (2018). *Lineamientos Para Una Política De Ciencia Abierta En Colombia*.
- Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación. (2019). Documento Base para la Política de Formación y Vinculación de Investigadores a Nivel de Doctorado.
- Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación. (2019). Documento Base para la Política de Formación y Vinculación de Investigadores a Nivel de Doctorado.
- Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación. (07 de 05 de 2019). *La Ciencia, la Tecnología y la Innovación en el Plan Nacional de Desarrollo 2018 - 2022*. Obtenido de https://minciencias.gov.co/sala_de_prensa/la-ciencia-la-tecnologia-y-la-innovacion-en-el-plan-nacional-desarrollo-2018-2022
- Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación. (2020). *Informe Beneficios Tributarios 2019*.
- Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación. (2020). *Informe Beneficios Tributarios 2019*.

Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación. (1 de Junio de 2020). *La Ciencia en cifras*.
Obtenido de <https://minciencias.gov.co/la-ciencia-en-cifras/investigadores>

Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación. (2020). *Lineamientos para una Política Nacional de Apropiación Social del Conocimiento. Ciencia, Tecnología e Innovación de los ciudadanos para los ciudadanos*. Obtenido de https://minciencias.gov.co/sites/default/files/documento_de_lineamientos_para_la_politica_nacional_de_apropiacion_social_del_conocimiento_1.pdf

Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación. (2020). *Plataforma ScientI. Convocatoria 833-2019*.

Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación. (2021). *Base de Grupos de investigación reconocidos 2019*.

Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación. (2021). *Beneficios tributarios en CTel*.
Obtenido de https://minciencias.gov.co/viceministerios/conocimiento/direccion_transferencia/beneficios-tributarios

Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación. (2021). *Beneficios tributarios en CTel*.
Obtenido de https://minciencias.gov.co/viceministerios/conocimiento/direccion_transferencia/beneficios-tributarios

Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación. (2021). *Grupos de investigación por región y área del conocimiento*.

Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación. (2021). *Información de la Oficina Asesora de Planeación*.

Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación. (2021). Información institucional.

Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación. (15 de 03 de 2021). *La ciencia en cifras*.
Obtenido de <https://minciencias.gov.co/la-ciencia-en-cifras/estadisticas-generales>

Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación. (2021). *Manual de recomendaciones para la inclusión del enfoque de género en la política pública de CTI*.

Ministerio de Ciencia, Tecnología, e Innovación. (2020). *Lineamientos para una Política Nacional de Apropiación Social del Conocimiento. Ciencia, Tecnología e Innovación de los ciudadanos para los ciudadanos*. Obtenido de https://minciencias.gov.co/sites/default/files/documento_de_lineamientos_para_la_politica_nacional_de_apropiacion_social_del_conocimiento_1.pdf

- Ministerio de Ciencia, Tecnología, e Innovación. (2020). *Lineamientos para una Política Nacional de Apropiación Social del Conocimiento. Ciencia, Tecnología e Innovación de los ciudadanos para los ciudadanos*. Obtenido de https://minciencias.gov.co/sites/default/files/documento_de_lineamientos_para_la_politica_nacional_de_apropiacion_social_del_conocimiento_1.pdf
- Ministerio de Ciencia, Tecnología, e Innovación. (2021). *Glosario*. Obtenido de <https://minciencias.gov.co/glosario>
- Ministerio de Ciencia, Tecnología, Innovación y Comunicaciones. (12 de 2017). *Plan de CTI para la Manufactura Avanzada de Brasil*. Obtenido de https://www.mctic.gov.br/mctic/export/sites/institucional/tecnologia/tecnologias_convergentes/arquivos/Cartilha-Plano-de-CTI_WEB.pdf
- Ministerio de Ciencia; Tecnología e Innovación. (2019). Documento Base para la Política de Formación y Vinculación de Investigadores a Nivel de Doctorado.
- Ministerio de Comercio, Industria y Turismo. (2020). *Estrategia de fortalecimiento de entidades del ecosistema de innovación empresarial*.
- Ministerio de Comercio, Industria y Turismo. (2020). *Estrategia de fortalecimiento de entidades del ecosistema de innovación empresarial (Borrador)*.
- Ministerio de Educación Nacional. (2019). *Informe de gestión*. Obtenido de https://www.mineduacion.gov.co/1759/articles-385377_recurso_12.pdf
- Ministerio de Educación Nacional. (2019). *Sistema Nacional de Información de Educación Superior (SNIES)*. Obtenido de <https://snies.mineduacion.gov.co/portal/>
- Ministerio de Educación Nacional. (2020). *Información Poblacional*. Obtenido de <https://hecaa.mineduacion.gov.co/consultaspublicas/content/poblacional/index.jsf>
- Ministerio de Educación Nacional. (2020). *SNIES Información Poblacional*. Obtenido de <https://hecaa.mineduacion.gov.co/consultaspublicas/content/poblacional/index.jsf>
- Ministerio del Interior. (2015). *El enfoque diferencial y étnico en la política pública de víctimas del conflicto armado*.
- Ministerio del Interior. (2015). *El enfoque diferencial y étnico en la política pública de víctimas del conflicto armado*.
- Ministerio del Interior. (2018). *Listado universidades que otorgan descuento a las comunidades negras, afrocolombianas, raizales y palenqueras*. Obtenido de https://dacn.mininterior.gov.co/sites/default/files/listado_de_universidades_que_aplican_descuento_mayo_2018.pdf

Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación. (15 de 03 de 2021). *La ciencia en cifras*.
Obtenido de <https://minciencias.gov.co/la-ciencia-en-cifras/estadisticas-generales>

Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones.. (Abril de 2021).
Convocatorias. Obtenido de Talento Digital:
<https://talentodigital.mintic.gov.co/734/w3-propertyvalue-179871.html#data=%7B%22filter%22:%22179873%22,%22page%22:0%7D>

Mowery, D., & Rosenberg, N. (1979). *The influence of market demand upon innovation: a critical review of some recent empirical studies*.

Mundial, F. E. (2018). Readiness for the Future of Production Report 2018.

National Science Foundation. (2018). *Science and Engineering Indicators 2018*. Obtenido de <https://www.nsf.gov/statistics/2018/nsb20181/report/sections/academic-research-and-development/outputs-of-s-e-research-publications#publication-output-by-country>

Nelson, R. (1992). National Innovation Systems: A Retrospective on a Study. *Industrial and Corporate Change*, 1(2), 347-374.

Nelson, R., & Winter, S. (1982). *An evolutionary theory of economic change*. Cambridge: Harvard University Press.

Nesta. (2019). *Renewing regulation. 'Anticipatory regulation' in an age of disruption*. Obtenido de https://media.nesta.org.uk/documents/Renewing_regulation_v3.pdf

Nightingale, P. (2014). What is Technology? Six Definitions and two pathologies. *SPRU Working Paper*.

NSF. (2018). *Science and Engineering Indicators 2018*. Obtenido de <https://www.nsf.gov/statistics/2018/nsb20181/report/sections/academic-research-and-development/outputs-of-s-e-research-publications#publication-output-by-country>

Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología. (2014). *Indicadores de ciencia y tecnología Colombia 2013*. Obtenido de <https://www.ocyt.org.co/>

Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología. (2018). *Indicadores de Ciencia y Tecnología 2018*. Bogotá: Ediciones Ántropos Ltda.

Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología. (2020). *Medición e inversión en actividades de ciencia, tecnología e innovación en Colombia. 2017-2019*.

Observatorio de Ciencia y Tecnología. (2019). *Informe Anual de Indicadores de Ciencia y Tecnología 2018*.

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos. (2015). *Manual de Frascati*.
Obtenido de https://read.oecd-ilibrary.org/science-and-technology/manual-de-frascati-2015_9789264310681-es#page9

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos. (2015). *Manual de Frascati*.
Obtenido de https://read.oecd-ilibrary.org/science-and-technology/manual-de-frascati-2015_9789264310681-es#page9

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos. (2015). *Manual de Frascati 2015*.

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos. (2015). *Manual de Frascati 2015*. Obtenido de Guía para la recopilación y presentación de información sobre la investigación y el desarrollo experimental:
https://minciencias.gov.co/sites/default/files/manual_de_frascati_web_0_1.pdf

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos. (2016). *Startup América Latina 2016: construyendo un futuro innovador*.

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos. (2018). *Formal Opinion of the Committee for Scientific and Technological Policy*.

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos. (2018). *Going digital in a multilateral world*.

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos. (2018). *Oslo Manual 2018: Guidelines for Collecting, Reporting and Using Data on Innovation* (4th Edition ed.). OCDE Publishing.

OCDE. (2018). *Oslo Manual 2018: Guidelines for Collecting, Reporting and Using Data on Innovation*, (4th Edition ed.). OCDE Publishing.

OCDE. (2019). *Going Digital in Colombia*.

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos. (2019). *Production Transformation Policy Review of Colombia*. Obtenido de <http://www.oecd.org/dev/production-transformation-policy-review-of-colombia-9789264312289-en.htm>

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos. (2020). *Gross domestic spending on R&D*. Obtenido de <https://data.oecd.org/rd/gross-domestic-spending-on-r-d.htm>

- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos. (2021). *Gross domestic spending on R&D*. Obtenido de <https://data.oecd.org/rd/gross-domestic-spending-on-r-d.htm>
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos. (2021). *Gross domestic spending on R&D*. Obtenido de <https://data.oecd.org/rd/gross-domestic-spending-on-r-d.htm>
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos. (2018). *Indicadores de Ciencia y Tecnología 2018*. Bogotá: Ediciones Ántropos Ltda.
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos. (2019). Obtenido de https://ocyt.shinyapps.io/ODOCYT_DEPARTAMENTAL/123
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos. (2020). *Portal de datos*. Obtenido de https://ocyt.shinyapps.io/ODOCYT_DEPARTAMENTAL/
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos. (2016). *Startup América Latina 2016: construyendo un futuro innovador*.
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos. (2019). *Main Science and Technology Indicators*. Obtenido de OECD Library: https://read.oecd-ilibrary.org/science-and-technology/main-science-and-technology-indicators/volume-2019/issue-2_g2g9ff07-en#page1
- Office for National Statistics. (2016). *Ethnic group, national identity and religion*. Obtenido de <https://www.ons.gov.uk/methodology/classificationsandstandards/measuringequality/ethnicgroupnationalidentityandreligion>
- Organismo Nacional de Acreditación. (2015). *Información suministrada el por el Organismo Nacional de Acreditación de Colombia vía correspondencia institucional*.
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico. (2018). *Programme for International Student Assessment*. Obtenido de <https://www.oecd.org/pisa/data/>
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico. (2019). *Going Digital in Colombia*.
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos. (2015). *Government at a Glance*.
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos. (2015). *Government at a Glance*.

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos. (2015). *Manual de Frascati 2015*.

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos. (2019). *Production Transformation Policy Review of Colombia*. Obtenido de <http://www.oecd.org/dev/production-transformation-policy-review-of-colombia-9789264312289-en.htm>

Organización para los Estados Iberoamericanos. (2012). *Ciencia, tecnología e innovación para el desarrollo y la cohesión social*.

Pavitt, K. (1984). Sectoral patterns of technical change: Towards a taxonomy and a theory. *Research Policy*, 13, 343-373.

Perez, C. (Marzo de 2014). *A Green and Socially Equitable Direction for the ICT Paradigm*. Obtenido de http://dev1.carlotaperez.org/downloads/pubs/PEREZ_Globelics_WP2014-01_FREEMAN_Lecture.pdf

Pigato, M. (2020). *Technology Transfer and Innovation for Low-Carbon Development*. Washington, DC: World Bank Publications.

Pigato, M., Black, S., Dussaux, D., Mao, Z., McKenna, M., Rafaty, R., & Touboul, S. (2020). *Technology Transfer and Innovation for Low-Carbon Development*. Washington, DC: World Bank Publications.

Pritchett, L. (1997). Divergence, Big Time. *The Journal of Economic Perspectives*, 3-17.

PTP. (2018). *Diez años de Desarrollo Productivo 2008-2018*.

Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología Iberoamericana e Interamericana. (2018). Obtenido de http://app.redindices.org/ui/v3/comparative.html?indicator=PCTEGRADXSECGE&family=ESUP&start_year=2010&end_year=2017

Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología Iberoamericana e Interamericana. (2018). Obtenido de http://app.redindices.org/ui/v3/comparative.html?indicator=PCTEGRADXSECGE&family=ESUP&start_year=2010&end_year=2017

Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología Iberoamericana e Interamericana. (2018). Obtenido de http://app.redindices.org/ui/v3/comparative.html?indicator=PCTEGRADXSECGE&family=ESUP&start_year=2010&end_year=2017

Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología Iberoamericana e Interamericana. (2020). *Expenditure on R&D per researcher (thousand U\$S)*. Obtenido de <http://www.ricyt.org/category/indicadores/>

Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología Iberoamericana e Interamericana. (2021). *Gasto en I+D en relación al PIB*. Obtenido de http://app.ricyt.org/ui/v3/comparative.html?indicator=GASTOXPI&start_year=2010&end_year=2019

Rogers, J. (2013). *Technology extension services*.

Rosenberg, N. (2006). Innovation and economic growth. En OCDE, *Innovation and Growth in Tourism* (págs. 43-52).

Rothwell, R. (1994). Towards the Fifth-generation. *Research Policy*.

Schmookler, J. (1972). *Patents, inventions and economic change and selected essays*. (Z. Griliches, & L. Hurwicz, Edits.) Harvard University Press.

Schot, J., & Geels, F. (2008). Strategic niche management and sustainable innovation journeys: theory, findings, research agenda, and policy. *Technology, Analysis & Strategic Management*, 20(5), 537-554.

Schot, J., & Steinmueller, E. (2018). *Tres marcos de política de innovación: I+D, sistemas de innovación y cambio transformativo*. Obtenido de http://www.tipconsortium.net/wp-content/uploads/2020/03/Spanish-4687_Three-frames-for-innovation-policy-Spanish-version_FV_NEW.pdf

Schot, J., & Steinmueller, W. (2018). Three frames for innovation policy: R&D, systems of innovation and transformative change. *Research Policy*, 47(9), 1554-1567.

Schumpeter, J. (1939). *Business Cycles: A Theoretical, Historical, and Statistical Analysis of the Capitalist Process*.

Schwab, K. (2018). *The Global Competitiveness Report*. World Economic Forum.

Scimago. (2020). *Scimago Journal & Country Rank*. Obtenido de <https://www.scimagojr.com/countryrank.php?year=2019>

Scimago. (2020). *Scimago Journal & Country Rank*. Obtenido de <https://www.scimagojr.com/countryrank.php?year=2018>

Scimago. (2021). *Scimago Journal & Country Rank*. Obtenido de <https://www.scimagojr.com/countrysearch.php?country=CO>

SCOPUS. (2021). Obtenido de <https://www.scopus.com/home.uri>

- Secretaría del Senado. (2012). *Ley 1530 de 2012*. Obtenido de Secretaría del Senado: http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1530_2012.html
- Sistema Nacional de Información de la Educación Superior. (2019). *SN/ES*. Obtenido de <https://www.mineducacion.gov.co/sistemasinfo/snies/>
- SITRA. (25 de Abril de 2020). *The future is a team work*. Obtenido de <https://www.sitra.fi/en/topics/facts-about-sitra/#what-is-it-about>
- Smith, E., Gunashekar, S., Lichten, C., Parks, S., & Chataway, J. (2016). *A framewrok to monitor open science trends in the EU*.
- SNIES. (Abril de 2021). *Consulta de Programas*. Obtenido de Sistema Nacional de Información para la Educación superior en Colombia: <https://hecaa.mineducacion.gov.co/consultaspublicas/programas>
- Soete, L. (2013). From emerging to submerging economies: new policy challenges for research and innovation. *Sci. Technol. Innov. Policy Rev.*, 1-13.
- Spin-Off Colombia. (2016). *Anexo 2. DEFINICIÓN DE SPIN-OFF Y TIPOS DE SPIN-OFF UNIVERSITARIAS EN COLOMBIA*.
- Steffen, W., Richardsonand, K., & Rockström, J. (2015). Planetary boundaries: guiding human development on a changing planet. *Science*, 736-746.
- Subsecretaria de educación de Chile. (2020). *INFORMES PERSONAL ACADÉMICO*. Obtenido de <https://www.mifuturo.cl/informes-personal-academico/>
- Tarana. (2018). *Propuesta de configuración y asignación de roles y responsabilidades de las entidades del Gobierno nacional en materia de Innovación, Transferencia de Conocimiento y Tecnología (TCT) y Emprendimiento*.
- Teece, D. (2018). Business models and dynamic capabilities. *Long Range Planning*, 51(1), 40-49.
- Teece, D., Pisano, G., & Shuen, A. (1997). Dynamic capabilities and strategic management. *Strategic Management*, 18(7), 509-533.
- Telban, B. (1988). *Grupos Étnicos de Colombia Etnografía y Bibliografía*. Obtenido de <http://www.humanas.unal.edu.co/colantropos/files/5714/8052/6454/GRUPOS.pdf>
- UNAL. (2020). *Programa Especial para la Admisión de Bachilleres de Población Negra, Afrocolombiana, Palenquera y Raíza*. Obtenido de <https://admisiones.unal.edu.co/pregrado/poblacion-afrocolombiana/>

- UNAL. (2020). *Programa Especial para la Admisión de Bachilleres Miembros de Comunidades Indígenas*. Obtenido de <https://admisiones.unal.edu.co/pregrado/comunidades-indigenas/>
- Unión Temporal VOZ. (2020). *Diseño de vehículo para inversión en CT+i en Colombia. Entregable Final v1.8*.
- Universidad de Antioquía. (2014). *Panorama salarial de las universidades oficiales*. Medellín.
- Universidad de los Andes. (2020). *Recomendaciones para la articulación de instancias a nivel regional - Sector Ciencia, Tecnología e Innovación*. Documento adicional solicitado por la Presidencia de la República dentro del Contrato de Prestación de Servicios Profesionales Independientes No. 050-2010 suscrito entre la Fundación Suiza de Cooperación para el Desarrollo Técnico (Swisscontact) y la Uni.
- University Guru. (2020). *Universidades en Colombia - rankings y comentarios*. Obtenido de <https://www.universityguru.com/es/universidades-colombia>
- Uribe-Tirado, A. (2016). *El Acceso Abierto en Colombia. Un camino por recorrer*.
- Organización Mundial de la Propiedad Intelectual. (2021). *The Global Innovation Index 2021. Tracking Innovation through the COVID-19 Crisis*.
- Womack, J., Jones, D., & Roos, D. (1991). *The machine that change the world*.
- Zhao, R. (2019). Technology and economic growth: From Robert Solow to Paul. *Hum Behav & Emerg Tech*, 1, 62–65.