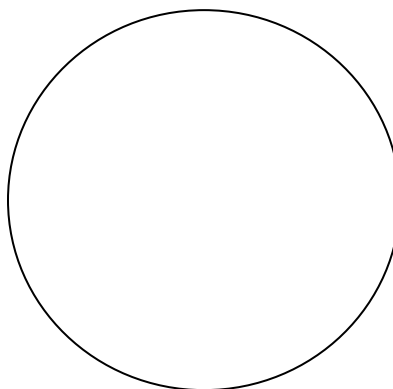


Documento CONPES

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



POLÍTICA NACIONAL DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN 2021 - 2030

Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación
Departamento Nacional de Planeación

Borrador¹ 1- 01/09/2020

Bogotá, D.C., fecha de aprobación

¹ Esta es una versión borrador del documento que será eventualmente presentado a consideración del CONPES. Su contenido no es definitivo hasta tanto no haya sido aprobado por el CONPES, una vez cursado el debido proceso. Por lo tanto, su contenido no compromete al Gobierno nacional con la implementación de las acciones e inversiones aquí presentadas.

CONSEJO NACIONAL DE POLÍTICA ECONÓMICA Y SOCIAL CONPES

Iván Duque Márquez
Presidente de la República

Marta Lucía Ramírez Blanco
Vicepresidenta de la República

Alicia Victoria Arango Olmos
Ministra del Interior

Claudia Blum
Ministro de Relaciones Exteriores

Alberto Carrasquilla Barrera
Ministro de Hacienda y Crédito Público

Margarita Leonor Cabello Blanco
Ministra de Justicia y del Derecho

Carlos Holmes Trujillo García
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
Ministra del Trabajo

Diego Mesa Puyo
Ministro de Minas y Energía

José Manuel Restrepo Abondano
Ministro de Comercio, Industria y Turismo

María Victoria Angulo González
Ministra de Educación Nacional

Ricardo José Lozano Picón
Ministro de Ambiente y Desarrollo Sostenible

Jonathan Tybalt Malagón González
Ministro de Vivienda, Ciudad y Territorio

Karen Abudinen Abuchaibe
Ministra de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones

Ángela María Orozco Gómez
Ministra de Transporte

Carmen Inés Vásquez Camacho
Ministra de Cultura

Ernesto Lucena Barrero
[Ministro del Deporte](#)

Mabel Gisela Torres Torres
[Ministra de Ciencia, Tecnología e Innovación](#)

Luis Alberto Rodríguez Ospino
Director General del Departamento Nacional de Planeación

Daniel Gómez Gaviria
Subdirector General Sectorial

Amparo García Montaña
Subdirectora General Territorial

Resumen ejecutivo

La Política Nacional De Ciencia, Tecnología e Innovación 2021 - 2030 tiene un carácter prospectivo y estratégico para convertir a Colombia en uno de los tres países líderes de América Latina en cuanto a la generación, uso y apropiación de conocimiento científico y tecnológico. Para ello, esta política fue diseñada contemplando los marcos de política en CTI descritos por Schot y Steinmueller (2018), la escalera de capacidades desarrollada por Cirera y Maloney (2017) y los postulados de la innovación orientada por misiones descritos por Mariana Mazzucato (2018). Adicionalmente, esta política adopta recomendaciones de la misión de sabios y de otros documentos de política previos relacionados con la CTI de Colombia.

A pesar de los esfuerzos previos en CTI en Colombia, el país presenta un rezago respecto a los países de la OCDE y de la región. La inversión en I+D en Colombia es inferior a la de todos los países de la OCDE (OCDE, 2020) y el país está en la posición quinta entre países de América Latina en el Índice Global de Innovación (INSEAD, 2019). Por lo anterior, el objetivo general del presente documento es incrementar la contribución de la ciencia, la tecnología y la innovación (CTI) al desarrollo social, económico, ambiental y sostenible del país, con un enfoque incluyente y diferencial

Para alcanzar este objetivo, la política establece seis ejes estratégicos: (i) Fomentar las vocaciones, la formación y el empleo cualificado en la sociedad colombiana; (ii) Desarrollar un entorno habilitante para la generación de conocimiento; (iii) Aumentar el uso del conocimiento en el país; (iv) Incrementar la valoración y apropiación social del conocimiento; (v) Mejorar la gobernanza multinivel del SNCTI e (vi) Incrementar el volumen, la eficiencia y la evaluación de la financiación. La política se implementará en el periodo 2021 a 2030, requerirá un valor aproximado para su ejecución de **XXXX millones de pesos** y estará a cargo de las siguientes entidades, sin que ello excluya la posible participación de otras: Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, Departamento Nacional de Planeación, Ministerio de Educación Nacional, Ministerio de las Tecnologías de la Información y las Telecomunicaciones y Departamento Administrativo Nacional de Estadística.

Clasificación: O25, O30.

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

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	11
2. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN	12
2.1. Antecedentes.....	12
2.1.1. Antecedentes Marco de la CTI	12
2.1.2. Antecedentes por Eje.....	15
2.2. Justificación.....	22
3. MARCO CONCEPTUAL.....	25
3.1. Conceptos base.....	25
3.2. CTI: modelos, cambio y madurez tecnológica.	26
3.3. Políticas de CTI: marco 1 y marco 2	28
3.4. Políticas de CTI: marco 3 y la política orientada por misiones	30
3.5. Principios y enfoques	32
4. DIAGNÓSTICO.....	33
4.1. Insuficiente desarrollo de vocaciones STEAM, formación y vinculación de capital humano en I+D+i.....	33
4.1.1. Bajo desarrollo de vocaciones científicas en la población infantil y juvenil del país	33
4.1.2. Déficit de capital humano en I+D+i.....	35
4.1.3. Baja inserción del capital humano en I+D+i en el mercado laboral	37
4.2. Débil entorno habilitante para la generación de conocimiento.....	38
4.2.1. Baja capacidad de generación de conocimiento científico	38
4.2.2. Insuficiente desarrollo de la infraestructura científica y tecnológica.....	40
4.2.3. Débiles capacidades de las IGC y de las entidades de soporte	41
4.3. Bajo uso del conocimiento	42
4.3.1. Bajas capacidades y condiciones para innovar y emprender	42
4.3.2. Bajo desarrollo y transferencia de conocimiento y tecnología hacia el sector productivo.....	45
4.3.3. Existe un rezago en la adecuación del entorno para la adopción de las tecnologías de industria 4.0.....	47
4.4. Baja apropiación social del conocimiento	48

4.4.1.	Baja inclusión, impacto y cultura de CTI	48
4.4.2.	Débil comunicación del quehacer científico y de la CTI.....	49
4.4.3.	Débil reconocimiento y aprovechamiento de los conocimientos ancestrales y tradicionales	50
4.5.	Débil gobernanza multinivel del SNCTI.....	51
4.5.1.	Débil articulación institucional y marco regulatorio	51
4.5.2.	Bajas capacidades regionales en CTI.....	52
4.5.3.	Baja gestión de la cooperación e internacionalización de la CTI	54
4.5.4.	Insuficiente información estratégica para la toma de decisiones.....	55
4.6.	Insuficiencia en el volumen, la eficiencia y la evaluación de la financiación de la CTI	56
4.6.1.	Bajo nivel de financiación de la CTI y alrededor de misiones	56
4.6.2.	Baja eficiencia y eficacia de los instrumentos de financiación.....	57
4.6.3.	Escaso nivel de monitoreo y evaluación de la CTI.....	58
5.	DEFINICIÓN DE LA POLÍTICA	59
5.1.	Objetivo general	59
5.2.	Objetivos específicos	59
5.3.	Plan de acción	60
5.3.1.	Fomentar las vocaciones, la formación y el empleo cualificado en la sociedad colombiana.....	60
E1.1.	Incrementar las vocaciones científicas en la población infantil y juvenil del país	60
E1.2.	Aumentar el capital humano en I+D+i y con formación de alto nivel	61
E1.3.	Aumentar la inserción de capital humano en I+D+i y con formación de alto nivel en el mercado laboral	61
5.3.2.	Desarrollar un entorno habilitante para mejorar la calidad y la pertinencia del conocimiento científico y tecnológico	62
E2.1.	Incrementar la capacidad de generación de conocimiento científico y tecnológico .	62
E2.2.	Mejorar la infraestructura científica y tecnológica.....	63
E2.3.	Incrementar las capacidades de las IGC y de las entidades de soporte	64
5.3.3.	Aumentar el uso del conocimiento en el país.....	65

E3.1. Mejorar las capacidades y condiciones para innovar y emprender	65
E3.2. Aumentar la transferencia de conocimiento y tecnología hacia el sector productivo	65
E3.3. Mejorar las condiciones para favorecer el desarrollo de industrias 4.0	66
5.3.4. Incrementar la valoración y apropiación social del conocimiento	67
E4.1. Consolidar procesos de inclusión, impacto y cultura de CTI.....	67
E4.2. Mejorar la comunicación pública del quehacer científico y de la CTI	68
E4.3. Aumentar el reconocimiento y aprovechamiento de las ventajas comparativas y colaborativas de los conocimientos ancestrales y tradicionales	68
5.3.5. Mejorar la gobernanza multinivel del SNCTI	69
E5.1. Mejorar la articulación institucional y el marco regulatorio para la CTI.....	69
E5.2. Fortalecer las capacidades regionales en CTI y aumentar la cooperación a nivel regional, nacional e internacional	70
E5.3. Aumentar la cooperación internacional.....	71
E5.4. Aumentar la capacidad de inteligencia e información estratégica en CTI.....	71
5.3.6. Incrementar el volumen, la eficiencia y la evaluación de la financiación de la CTI	72
E6.1. Incrementar y estabilizar la financiación de la CTI y alrededor de misiones	72
E6.2. Mejorar la eficiencia y eficacia de los instrumentos de financiación	73
E6.3. Fortalecer el monitoreo y evaluación de la CTI	74
5.4. Seguimiento	75
5.5. Financiamiento	76
6. RECOMENDACIONES.....	77
GLOSARIO.....	80
ANEXOS	82
Anexo A. Plan de Acción y Seguimiento (PAS).....	82
BIBLIOGRAFÍA	83

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Retos y misiones para 2030	14
Tabla 2. Cronograma de seguimiento.....	75
Tabla 3. Financiamiento de la política	76

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Estructura del SNCTI	20
Gráfico 2. Articulación del SNCTI con otros sistemas nacionales	20
Gráfico 3. Relación entre ciencia, tecnología e innovación	26
Gráfico 4. Porcentaje de Matriculados en programas universitarios en áreas de Matemáticas, Ciencias y Estadística sobre Matrícula Total por País (2017).....	34
Gráfico 5. Investigadores por sector de vinculación, 2017	37
Gráfico 6. Porcentaje de países superados en el GII 2013 - 2018	43
Gráfico 7. Desempeño de Colombia en el Índice Global de Emprendimiento.....	44
Gráfico 8. Colaboración universidad-empresa 2014-2019	46
Gráfico 9. Penetración de tecnologías avanzadas.	48
Gráfico 10. Centralización de las capacidades para investigación.	53
Gráfico 11. Proyecciones inversión ACTI, 2019-2022	56

SIGLAS Y ABREVIACIONES

AAD	Mesa de Artes, Arquitectura y Diseño
ACFA	Agremiación Colombiana de Facultades de Arquitectura
ACOFACIEN	Asociación Colombiana de Facultades de Ciencias
ACOFARTES	Asociación Colombiana de Facultades y Programas de Artes
ACTI	Actividades de Ciencia, Tecnología e Innovación
ADCI	Agendas Departamentales de Competitividad e Innovación
ANDI	Asociación Nacional de Empresarios de Colombia
APC	Agencia Presidencial de Cooperación Internacional
ArCo	Metodología de "Articulación para la Competitividad"
Bancoldex	Banco de Comercio Exterior de Colombia
CACTI	Consejo Asesor de Ciencia, Tecnología e Innovación
CESU	Consejo Nacional de Educación Superior
CIPI	Comisión Intersectorial de Propiedad Intelectual
CNB	Consejo Nacional de Bioética
CNBT	Consejo Nacional de Beneficios Tributarios en Ciencia, Tecnología e Innovación
CODECTI	Consejos Departamentales de Ciencia, Tecnología e Innovación
CONPES	Consejo Nacional de Política Económica y Social
Colciencias	Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación
CRC	Comisión de Regulación de Comunicaciones
CRCI	Comisiones Regionales de Competitividad e Innovación
CTI	Ciencia, Tecnología e Innovación
C4RI	Cuarta Revolución Industrial
DANE	Departamento Administrativo Nacional de Estadística
DNP	Departamento Nacional de Planeación
DPS	Departamento Administrativo para la Prosperidad Social
EDIT	Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica
ECI	Índice de Complejidad Económica

FCTel	Fondo de Ciencia, Tecnología e Innovación
FFJC	Fondo Francisco José de Caldas
ICSEd-Prodem	Índice de Condiciones Sistémicas para el Emprendimiento Dinámico
IDIC	Índice Departamental de Innovación para Colombia
IES	Instituciones de Educación Superior
IGC	Instituciones Generadoras de Conocimiento
IGPR	Índice de Gestión de Proyectos de Regalías
INM	Instituto Nacional de Metrología
I+D	Investigación y Desarrollo
I+D+i	Investigación, Desarrollo e Innovación
GEI	Índice global de emprendimiento
GEM	Monitor Global de Emprendimiento
GII	Índice Global de Innovación
LAC	Latinoamérica y el Caribe
MinCiencias	Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación
MinCIT	Ministerio de Comercio, Industria y Turismo
MinCultura	Ministerio de Cultura
MinEducación	Ministerio de Educación Nacional
MinInterior	Ministerio del Interior de Colombia
MinTIC	Ministerio de Tecnologías de la Información y Comunicaciones
Mipymes	Micro, pequeñas y medianas empresas
MRL	Nivel de Madurez de Mercado
NARP	Población negra, afrocolombiana, raizal y palenquera
OCAD	Órgano Colegiado de Administración y Decisión
OCDE	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos
OCyT	Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología
ODS	Objetivos de Desarrollo Sostenible
ONAC	Organismo Nacional de Acreditación de Colombia
ONCYTs	Organismos Nacionales de Ciencia y Tecnología
OTRI	Oficinas de Transferencia de Resultados de Investigación

PAED	Planes y Acuerdos Estratégicos Departamentales
PAS	Plan de Acción y Seguimiento
PIB	Producto Interno Bruto
PIB per cápita	Producto Interno Bruto por cada individuo
PGN	Presupuesto General de la Nación
PND	Plan Nacional de Desarrollo
POM	Políticas Orientadas por Misiones
PTP	Programa de Transformación Productiva
PUBLINDEX	Indexación de revistas especializadas de ciencia, tecnología e innovación
RAD	Red Académica de Diseño
RedCol	Red Colombiana de Información Científica
RICYT	Red Iberoamericana de Indicadores de Ciencia y Tecnología
RRL	Nivel de Madurez Regulatoria
SARS-CoV-2	Coronavirus tipo 2 del síndrome respiratorio agudo grave
SENA	Servicio Nacional de Aprendizaje
SGR	Sistema General de Regalías
SINA	Sistema Nacional Ambiental
SINIA	Sistema Nacional de Información Ambiental
SMSCE	Sistema de Monitoreo, Seguimiento, Control y Evaluación
SNIA	Sistema Nacional de Innovación Agropecuaria
SNCI	Sistema Nacional de Competitividad e Innovación
SNCTI	Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación
STEM	Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas
STEAM	Ciencia, Tecnología, Ingeniería, Arte y Matemáticas
TRL	Nivel de Madurez Tecnológica
UNESCO	Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura

1. INTRODUCCIÓN

A pesar de los avances en CTI en Colombia, el país todavía se encuentra rezagado respecto a los países de la OCDE y de la región, lo que hace imperativo diseñar una nueva política de CTI. El país ocupa el puesto 67 entre los 126 evaluados en el Índice Global de Innovación (INSEAD, 2019). Adicionalmente, en los últimos años el país invirtió en promedio el 0,29% del PIB en investigación y desarrollo (I+D), lo cual está muy por debajo del promedio de los países de la OCDE (2,35 %) y por debajo del promedio de los países de América Latina y el Caribe (0.73%) (OCDE, 2020; Banco Mundial, 2020).

La Ciencia, la Tecnología y la Innovación son elementos cruciales para la transformación de los sistemas sociotécnicos (Schot & Steinmueller, 2018). Por lo tanto, las políticas públicas deben ser reorientadas a través de la CTI para contribuir simultáneamente a los retos sociales, ambientales y económicos de las sociedades modernas (Perez, 2014). Además, la coyuntura actual ocasionada por el COVID-19 expone la relevancia de desarrollar capacidades de CTI en el país para responder efectivamente a los retos globales. Finalmente, la innovación es un factor fundamental para el crecimiento económico de largo plazo (Fagerberg & Verspagen, 2002) y por tanto, la inversión en ACTI es crucial para favorecer el cambio tecnológico y de esta forma mover la frontera de productividad global (OCDE, 2018).

La presente política de CTI está diseñada para articularse con esfuerzos previos de política y en curso. Esta política está alineada principalmente con los lineamientos del CONPES 3866 sobre desarrollo productivo, con el CONPES 3934 de crecimiento verde, con el CONPES 3975 de 2019 sobre transformación digital e inteligencia artificial y del CONPES 3920 de 2018 sobre explotación de datos. Adicionalmente, se encuentra articulada con los documentos CONPES en desarrollo sobre emprendimiento, propiedad intelectual y educación e inclusión financiera. Es importante resaltar que este documento se construyó tomando como insumo más de 10 documentos previos de política relacionados con CTI y el actual Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022.

Este documento CONPES está conformado por seis secciones. La primera consiste en la presente sección de introducción. La segunda contiene los antecedentes de política en CTI y su justificación. La tercera exhibe el marco conceptual y los principios que orientan el análisis y las recomendaciones de la presente 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 10 años (2021-2030) con sus respectivos responsables, la financiación de esta política y el plan de seguimiento a la misma. Finalmente, el documento CONPES cierra con una serie de recomendaciones que están principalmente en cabeza de MinCiencias, MinCIT y el DNP.

2. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN

2.1. Antecedentes

En la última década, la Política de Ciencia, Tecnología e Innovación (CTI) ha tenido avances significativos en materia de institucionalidad, asignación de recursos y normatividad.

2.1.1. Antecedentes Marco de la CTI

Con la Ley 1286 de 2009 se transforma el Instituto Colombiano para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología “Francisco José de Caldas” en el Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación – Colciencias como entidad rectora del sector y del SNCTI. De igual forma, a través de esta ley se buscó alcanzar un modelo productivo sostenido en la CTI que generará valor agregado a los productos y servicios, propiciará el desarrollo productivo y el crecimiento económico, y una nueva industria nacional (Colciencias, 2013).

El documento CONPES 3582 de 2009 definió los lineamientos de la Política Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación por medio de seis líneas estratégicas. A través de estas se buscaba apoyar a los actores del SNCTI en la identificación, producción, divulgación y uso del conocimiento científico y tecnológico, con el fin de mejorar la competitividad y contribuir a la transformación productiva del país (DNP, 2009). Por esto se estableció la necesidad de fomentar la innovación en los sistemas productivos, consolidar la institucionalidad del SNCTI, fortalecer la formación del recurso humano para la investigación y la innovación, promover la apropiación social del conocimiento, focalizar la acción pública en áreas estratégicas, y desarrollar y fortalecer capacidades en CTI (DNP, 2009).

En el año 2011 se tuvo un hito en el SNCTI con la creación del Fondo de CTI del Sistema General de Regalías (SGR). El Acto Legislativo 005 de 2011 modificó el artículo 361 de la Constitución Política, dentro de lo cual se incluyó la destinación de un 10% de los ingresos del SGR a un fondo que tuviera por objeto incrementar la capacidad científica, tecnológica, de innovación y de competitividad de las regiones (Secretaría del Senado, 2012). Luego, con la Ley 1530 de 2012 se 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. Y en 2017 mediante la Resolución 036 expedida por Colciencias, se estableció la estrategia Oferta institucional, para el uso de los recursos del Fondo de CTI del SGR en Convocatorias Regionales de Investigación

En el PND 2010-2014 se definieron las *Locomotoras para el crecimiento y la generación de empleo*, las cuales buscaban impulsar el desarrollo de la economía. En este documento se estableció la necesidad de una transformación productiva hacia bienes

basados en la innovación, y servicios de alto valor agregado que generaran empleo calificado. Para ello se planteaba aunar esfuerzos en cuellos de botella como: “(i) la baja inversión en investigación y desarrollo, (ii) la debilidad de las alianzas universidad-empresa-Estado, (iii) el limitado acceso al financiamiento de nuevos emprendimientos, (iv) la dispersión de los esfuerzos institucionales y de la asignación de recursos, y (v) la baja capacidad de formulación de proyectos de innovación en las regiones” (DNP, 2011).

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 (Banco Mundial, 2015). Allí se evidenció una marcada concentración de recursos en pocos instrumentos, 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).

Con el CONPES 3866 de 2016 se definió la Política de Desarrollo Productivo (PDP) de mediano y largo plazo, con la cual se busca dar solución a fallas de mercado, de articulación y de gobierno que limitan la productividad del país (DNP, 2016). Esta política busca promover la sofisticación y diversificación del aparato productivo, por lo cual propone una estrategia de priorización de apuestas productivas según ventajas comparativas reveladas o potenciales y la existencia de una demanda local e internacional creciente (PTP, 2018). En complemento, presenta algunos lineamientos de análisis sobre la pertinencia de los programas e iniciativas de gobierno, privilegiando los bienes públicos sectoriales y las intervenciones de mercado horizontales (PTP, 2018).

El Libro Verde 2030 de Colciencias presentó un primer paso para la actualización de la Política Nacional de Ciencia e Innovación. Esta fue desarrollada alrededor de un enfoque transformativo cuyo propósito principal es contribuir en la solución de los grandes desafíos sociales, económicos y ambientales que enfrenta el país, alineados con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Para esto, se definieron bases conceptuales, lineamientos y posibles rutas de trabajo entre los diversos actores del SNCTI, de forma tal que se facilite la transformación de los actuales sistemas sociotécnicos para que sean más sostenibles (Colciencias, 2018).

Así mismo, el PND 2018-2022, reiteró el compromiso del gobierno por impulsar la inversión pública y privada en CTI. La línea de acción 2 del *Pacto por la Ciencia, la Tecnología y la Innovación: un sistema para construir el conocimiento de la Colombia del futuro* establece la creación de nuevos instrumentos tributarios y financieros para que los

actores, públicos y privados del SNCTI dupliquen la inversión actual en actividades de CTI, hasta alcanzar la meta del 1,5% del PIB. Otros de los objetivos de este pacto son: 1) el desarrollo de sistemas nacionales y regionales de innovación integrados y eficaces, 2) tecnología e investigación para el desarrollo productivo y social, y 3) fortalecimiento de las condiciones institucionales para impulsar la innovación pública y remover barreras (DNP, 2019).

En complemento, la Política Nacional de Crecimiento Verde y la Política Nacional de Transformación Digital e Inteligencia Artificial reforzaron la apropiación de la CTI por parte del sector privado para aumentar la competitividad y el crecimiento económico. El CONPES 3934 de 2018 de crecimiento verde definió como uno de sus ejes estratégicos el fortalecimiento de las capacidades en CTI para el crecimiento, desde el uso sostenible y la preservación de los recursos naturales (DNP, 2018); en tanto que, el CONPES 3975 de 2019 de transformación digital estableció condiciones habilitantes para la transferencia tecnológica e innovación digital en el sector público y privado, con el fin de alcanzar mayores niveles de productividad (MinTIC, 2019).

La Misión Internacional de Sabios de 2019 definió tres retos y cinco misiones para orientar la política de CTI hacia los desafíos económicos, sociales y ambientales de nuestro país (Misión de Sabios, 2019), los cuales se expresan en la Tabla 1. La Misión estableció estrategias alrededor de la financiación de la CTI, la mejora al modelo educativo y el desarrollo regional basado en la generación y uso de conocimiento. Así mismo, la Misión identificó problemáticas y posibles acciones orientadas al desarrollo de ocho focos temáticos de interés para el país: i) tecnologías convergentes – Industrias 4.0, ii) biotecnología, bioeconomía y medio ambiente, iii) ciencias básicas y del espacio, iv) ciencias de la vida y la salud, v) ciencias sociales y desarrollo humano con equidad, vi) energía sostenible, vii) industrias creativas y culturales, y viii) océanos y recursos hidrobiológicos.

Tabla 1. Retos y misiones para 2030

Misiones	Retos	Metas
Colombia bio-diversa innovación basada en la diversidad natural y cultural	Colombia diversa, bioeconomía y economía creativa	Para el 2030 la bioeconomía represente el 10% del PIB, y la economía creativa el 8%, duplicando el valor de sus exportaciones y creando 100.000 nuevos empleos.
	Misión de agua y cambio climático	Colombia debe reducir los riesgos socioambientales del cambio climático en el periodo 2030-2050 al 50% del valor actual

Colombia productiva y sostenible Crecimiento basado en la ciencia	Colombia hacia un nuevo modelo productivo, sostenible y competitivo	Duplicar la participación de la industria manufacturera en el PIB del país para el 2030, hasta un 24% del PIB, crecer la participación en industrias digitales hasta un 3% del PIB y duplicar la participación de la agricultura en el PIB hasta un 13,4%
Colombia equitativa Conocimiento y educación para la inclusión social	Conocimiento e innovación para la equidad Educar con calidad para el crecimiento, la equidad y el desarrollo humano	Reducir la desigualdad social y la pobreza multidimensional en Colombia a partir del conocimiento científico y la innovación social. Universalizar la educación con atención integral de niñas y niños de 0 a 5 años en el año 2026 al terminar el próximo gobierno (2022-2026) y haber culminado la universalización de la educación media diversificada o con doble titulación de bachiller (académico y técnico) en 2030

Fuente: Elaboración propia basado en la Misión de Sabios (2019).

Finalmente, los lineamientos y recomendaciones de política que se desarrollarán en el presente documento guardarán coherencia con las políticas de fortalecimiento de emprendimiento y propiedad intelectual propuestas en los documentos CONPES en proceso de elaboración. En particular, dichos documentos buscan plantear los lineamientos de política para generar condiciones habilitantes en el ecosistema de emprendimiento, facilitar la experimentación rápida y de bajo costo, promover la concurrencia de habilidades, fomentar la transferencia tecnológica, fortalecer las Instituciones Generadoras de Conocimiento (IGC), entre otras.

2.1.2. Antecedentes por Eje

Talento Humano

La Nación se ha concentrado en la implementación de instrumentos que contribuyan al fortalecimiento del talento humano para la CTI. Dentro de estos programas se destaca Ondas, que es una estrategia implementada desde el año 2001 y que busca apoyar y estimular la curiosidad científica de los niños, niñas y adolescentes. Igualmente, el programa Jóvenes Investigadores e innovadores, con una trayectoria de 25 años en el país, ha beneficiado a 14.039 jóvenes en la modalidad de beca pasantía y procesos de formación para la investigación y la innovación. Otros de los instrumentos que se han implementado son: Semilleros de Investigación y Nexo Global.

No obstante, el eje central de las políticas nacionales de CTI es la formación de capital humano de alto nivel. El documento CONPES 3835 de 2015, 3862 de 2016 y el más reciente CONPES 3981 de 2019 *“Declaración de importancia estratégica del proyecto ‘Capacitación de recursos humanos para la investigación nacional’”*, señalan la creación y consolidación de capacidades humanas como elementos fundamentales para realizar investigación con calidad e impacto. Para ello, este último documento plantea la generación y transferencia de conocimiento científico a través de la formación de 1.200 doctores colombianos en las mejores universidades del mundo y la vinculación de 600 doctores en el SNCTI para realizar actividades de investigación, desarrollo e innovación (I+D+i) a nivel nacional y regional. Así mismo, el Plan Nacional de Desarrollo "Pacto por Colombia, pacto por la equidad 2018-2022", plantea como meta la graduación de 3.680 doctores y de 800 doctores vinculados a las entidades del SNCTI durante este periodo.

Como resultado de la apuesta realizada por el país, entre el año 2007 y el 2016 se graduaron en programas de doctorado en Colombia y en el exterior 11.192 personas de las cuales 3.058 (27,3%) cursaron sus estudios en universidades colombianas (OCyT, 2019). MinCiencias ha sido la entidad que ha apoyado en mayor medida la formación doctoral: 75,3% de las becas y créditos beca. De manera complementaria, parte de los recursos aportados en los últimos años provienen del Fondo de CTI del SGR: con corte a octubre de 2019 se viabilizaron 39 proyectos por un valor de \$533,3 mil millones con el objetivo de formar 671 profesionales en doctorados. Posteriormente, con la Ley 1942 de 2018, se asignaron recursos del FCTel hasta por \$250.000 millones para otorgar 1.000 Becas de Excelencia Doctoral del Bicentenario para estudios doctorales en el país.

Esta inversión contribuyó al fortalecimiento de la oferta de capital humano en I+D+i desde varios frentes. Por un lado, estas políticas promovieron el aumento del número de graduados por millón de habitantes, pasando de 1,5 en el año 2000, a 3 en 2008 y a 12,6 en 2016 (MinCiencias, 2019). Por otro lado, se fortaleció el sistema de formación doctoral en el país. Según el Sistema Nacional de Información de Educación Superior (SNIES) del Ministerio de Educación Nacional, Colombia pasó de 8 programas doctorales en 1993 a 382 en 2018 (Ministerio de Educación Nacional, 2019).

Investigación

La Resolución 1473 de 2016 actualiza la Política de Actores del SNCTI. A través de esta estrategia se decreta la entrega de estímulos a la especialización y la búsqueda de

excelencia entre los actores del SNCTI, de acuerdo con su tipología². Con su formulación 1) se visibiliza el rol de nuevos actores que aportan a la generación de conocimiento científico y su aplicación para el desarrollo tecnológico, 2) se fomenta la consolidación a largo plazo de los centros, grupos y demás instituciones dedicadas a la investigación de CTI, y 3) se generan mecanismos que permiten captar información valiosa para el diseño y evaluación de las intervenciones de MinCiencias y otras entidades del Gobierno nacional (Colciencias, 2016).

Estas estrategias de reconocimiento también se han implementado de forma sectorial. En el 2013 se creó la Mesa de Artes, Arquitectura y Diseño (AAD) en representación de las asociaciones académicas: ACFA, ACOFARTES y RAD, con el objetivo de lograr el reconocimiento y la valoración de las prácticas investigativas y las obras o productos asociados con las artes a nivel nacional. Por otro lado, en el 2016, el gobierno comenzó a fomentar instrumentos modelo para el trabajo en red como Ecosistema Científico, iniciando con el Programa Colombia Científica en el año 2016.

De manera complementaria, la política de CTI del país ha estimulado el número e impacto de las publicaciones científicas realizadas por investigadores nacionales. Uno de los sistemas de incentivos a la producción científica del país se estableció con el Decreto 1279 de 2002, el cual regula la remuneración de los profesores de las universidades públicas según la productividad académica. Con respecto a la provisión de mecanismos para aumentar las publicaciones científicas nacionales en revistas e índices de alto impacto, Colciencias adopta el rediseño del modelo de clasificación de las revistas científicas de PUBLINDEX a partir del Documento 1601 de 2016.

Asimismo, en el 2018 Colciencias formuló los lineamientos para una política de ciencia abierta en Colombia con el objetivo de generar condiciones habilitantes para desarrollar sus componentes en el marco de una cultura científica que valore el conocimiento como un bien público (Colciencias, 2018). Esta propuesta se basó en tres ejes principales: la articulación del régimen de propiedad intelectual con los principios y componentes de la ciencia abierta, la interacción entre actores del SNCTI para el desarrollo de la ciencia abierta y la exploración de mecanismos de financiación e incentivos para el fomento de la ciencia abierta (Colciencias, 2018).

Uso de conocimiento

² La clasificación de los actores del SNCTI según su tipología es: institutos de investigación, centros de desarrollo tecnológico, centros de innovación y productividad, unidades de I+D+i de empresa, centros de ciencia, Empresas Altamente Innovadoras – EAI, Incubadoras de Empresas de Base Tecnológica – IEBT, Oficinas Transferencia de Resultados de Investigación -OTRI, y Parques Científicos, Tecnológicos y de Innovación PCTI.

Para promover el uso de conocimiento, el Gobierno nacional ha dispuesto de los Beneficios Tributarios como instrumento de apalancamiento de la inversión privada en CTI. Este instrumento, busca que las Micro, Pequeñas y Medianas empresas que realicen inversiones en proyectos de investigación, desarrollo tecnológico e innovación o vinculación de capital humano de alto nivel puedan acceder a un crédito fiscal por un valor del 50% de la inversión realizada aplicable para la compensación de impuestos nacionales (Ley 1955, 2019). La asignación de Beneficios tributarios se desarrolla desde 2012 y ha financiado 789 iniciativas de I+D+i, concentradas principalmente en grandes empresas³ (DNP, 2019).

Por otra parte, el Gobierno expidió la Ley 1838 de 2018 que habilita a las Instituciones de Educación Superior (IES) para crear empresas tipo spin-off sin afectar sus planes de mejoramiento. Esto con el fin de incentivar el emprendimiento innovador y de alto valor agregado en las IES, y ampliar la participación de particulares o servidores públicos (docentes, y/o investigadores), cualquiera sea su forma o naturaleza de vinculación legal, para formar parte de ellas a cualquier título, o crear spin-off. 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 social del conocimiento

En el país se han implementado múltiples programas para fomentar la apropiación social del conocimiento desde MinCiencias y otros actores del SNCTI. Desde 2010, en el marco de la Estrategia Nacional de Apropiación Social de la CTI, MinCiencias 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 (MinCiencias, 2020).

En el Plan Nacional de Desarrollo "Pacto por Colombia, pacto por la equidad" 2018-2022, se incorporan diversas políticas nacionales de apropiación social del conocimiento, donde se establece que Colciencias (ahora MinCiencias) fortalecerá los programas de apropiación social de CTI, generará lineamientos técnicos y estratégicos para el programa Aprópiate, implementará nuevas métricas para reconocer productos de apropiación social que tengan en cuenta el aporte a la solución de problemas locales y con MinInterior y el DNP implementarán un programa piloto de apropiación social de la CTI en instancias legislativas, a escalas nacional y subnacional (DNP, 2019).

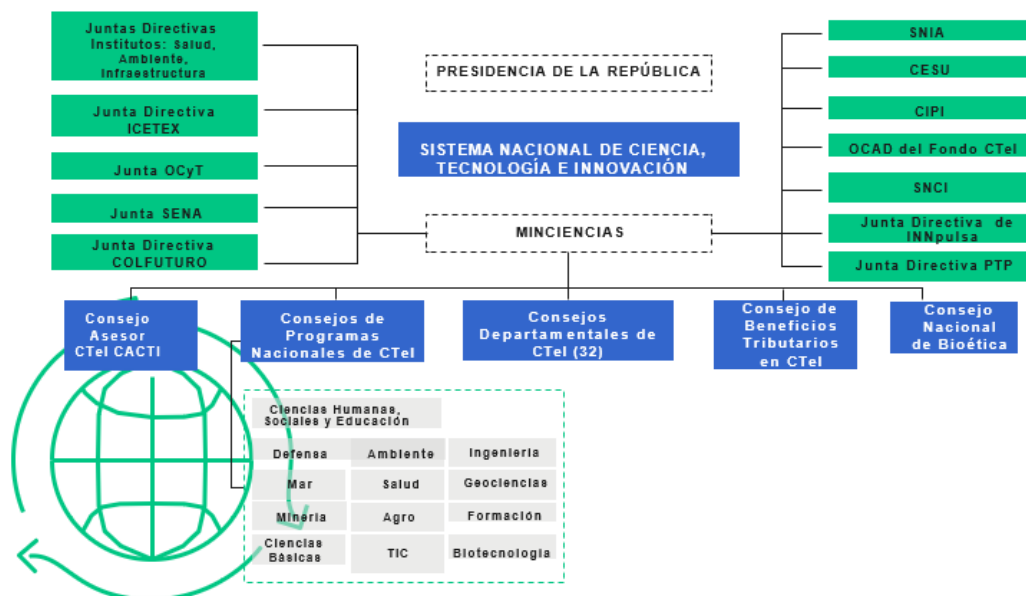
³ Según el DNP (2019), durante el periodo 2012-2017 el gobierno ha asignado solo el 6,7% a Mipymes.

Gobernanza

El desarrollo reciente de la política de CTI en materia de gobernanza está estrechamente ligado con la expedición de la Ley 1286 de 2009. Con ella se buscó fortalecer el SNCTI a fin de aportar al desarrollo sostenible del país a partir de un modelo productivo sustentado en CTI. Así mismo, la Ley 1951 de 2019 crea el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación otorgándole el liderazgo como ente rector del SNCTI e identificando la necesidad de generar articulación con otras instancias del orden nacional como el Sistema Nacional de Información Ambiental (SINIA), el Consejo Nacional de Educación Superior (CESU), la Comisión Intersectorial de Propiedad Intelectual (CIPI), y el Órgano Colegiado de Administración y Decisión (OCAD) del Fondo de CTI del SGR. Actualmente el sistema tiene cinco organismos asesores dentro de los cuales se encuentran el Consejo Asesor de CTI (CACTI), los Consejos de los Programas Nacionales de CTI, los Consejos Departamentales de CTI, el Consejo de Beneficios Tributarios y el Consejo Nacional de Bioética (Gráfico 1), órganos que se modificarán con la expedición de la nueva reglamentación del SNCTI a partir de los desarrollos normativos dados en el 2019⁴.

⁴ Si bien con la Ley 1374 de 2010 se creó el Consejo Nacional de Bioética (CNB) 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 CNB fue instalado el 27 de febrero de 2020 en cumplimiento del compromiso adquirido por el país ante la UNESCO 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.

Gráfico 1. Estructura del SNCTI



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

Por medio de la ley 1955 de 2019 se establece que MinCiencias desarrolle estrategias de transferencia y apropiación social de la CTI para la consolidación de una sociedad basada en el conocimiento. Además, se establece que MinCiencias oriente el fomento de ACTI hacia el mejoramiento de la competitividad, estableciendo vínculos desde el SNCTI, con otros sistemas tales como el Sistema Nacional de Innovación Agropecuaria (SNIA), el Sistema Nacional Ambiental (SINA), el sistema educativo, entre otros, en el marco del Sistema Nacional de Competitividad (SNC), como se muestra en el Gráfico 2.

Gráfico 2. 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 2019, se establece que las Comisiones Regionales de Competitividad realizarán la coordinación 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) y Comités Universidad-Estado-Empresa (CUEE). Esta integración se realiza al interior de cada departamento con el sector público, privado y la academia, y están orientadas a la formulación, gestión e implementación de las Agendas Departamentales de Competitividad e Innovación (ADCI).

Adicionalmente, 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 CONPES 3582 de 2009 y su punto de partida 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.

Financiamiento

A través de la ley 1286 de 2009 se creó el Fondo Francisco José de Caldas (FFJC), como instrumento financiero del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación. Este fondo tiene el objetivo de integrar recursos públicos, privados, internacionales y de donación para financiar el desarrollo de programas, proyectos y actividades de CTI (Ley 1286, 2009, art 24 y 29). El FFJC ha permitido financiar programas y proyectos a mediano plazo (más de una vigencia fiscal) y el FCTel del SGR financiar las iniciativas de I+D+i de carácter regional.

Por otra parte, el PND 2018-2022 estableció la destinación de recursos públicos, especialmente del Fondo de CTI del SGR *“para apalancar inversión privada en actividades de CTI, haciendo uso de líneas de crédito a través entidades financieras de segundo piso”* (Ley 1955, 2019, art. 165). De igual manera, el Gobierno nacional habilitó la posibilidad de realizar donaciones al Fondo Nacional de Financiamiento para la CTI, Fondo Francisco José de Caldas, para el financiamiento de programas y proyectos de CTI aprobados por el CNBT. Esta política es una posibilidad para que el sector privado apoye el avance de la ciencia, la tecnología y la innovación (MinCiencias, 2019).

Adicionalmente, el DNP, con el apoyo de Presidencia, viene liderando la elaboración e implementación piloto de la Metodología de Articulación para la Competitividad (ArCo)

con el fin de mejorar la eficiencia del gasto público. La Directiva Presidencial No. 12 de 2019 y la Circular Externa del DNP No. 02-4 de 2020, establece 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 resultados, disminución en la dispersión de recursos y una articulación de las entidades centrada en los usuarios (DNP, 2020).

2.2. Justificación

La pandemia ocasionada por la propagación del SARS-CoV-2 ha planteado múltiples desafíos al sistema socioeconómico mundial y las políticas de innovación transformativa tienen un rol determinante en su solución. Más allá de las respuestas de emergencia implementadas, la coyuntura actual es una oportunidad para realizar intervenciones que contribuyan a la reactivación económica y social en el largo plazo. El Banco Interamericano de Desarrollo (BID) ha identificado tres ejes principales de intervenciones de política: Desarrollo productivo y Pymes, Innovación empresarial y startups y Ciencia y tecnología (BID, 2020). Sin embargo, varias de estas intervenciones están enmarcadas en el marco de políticas de innovación transformativa y su implementación requiere de enfoques de política novedosos y del desarrollo de capacidades especiales en los actores del SNCTI. Por lo tanto, es necesario que el país desarrolle una política nacional de CTI que contemple este marco de políticas.

Las políticas modernas de CTI deben contribuir a la solución de fallas de direccionalidad y a transformar los sistemas sociotécnicos. El cambio tecnológico sigue trayectorias acumulativas que impiden el desarrollo de alternativas que estén por fuera de su paradigma tecnológico (Dosi, 1982). Los efectos de red, de aprendizaje y de economías de escala pueden bloquear a las tecnologías en trayectorias con baja eficiencia y eficacia y reforzar su uso generando bucles de realimentación positivos y fuertes efectos de selección (Schot & Steinmueller, 2018). Por otro lado, la innovación puede conllevar a la exacerbación de la desigualdad y a la generación de procesos de creación destructiva (Soete, 2013; Dutrénit & Sutz, 2014). De hecho, las políticas actuales de CTI favorecen la dirección actual del cambio tecnológico bajo el paradigma de consumo y producción masiva basado en el uso intensivo de recursos, la generación de residuos y los combustibles fósiles (Steffen, Richardsonand, & Rockström, 2015).

Por lo tanto, las políticas de CTI tienen el deber imperativo de contribuir a la mitigación del cambio climático. El documento CONPES 3934 *Política de crecimiento verde* reconoce que el desarrollo económico actual será insostenible a largo plazo, ya que agota la base de los recursos para la producción económica y genera altos costos para el ambiente y la

sociedad⁵ (DNP, 2018). Por lo tanto, el crecimiento económico se debe reorientar a través de la CTI para garantizar el bienestar de la población en el largo plazo, asegurar la conservación del capital natural y la seguridad climática (Perez, 2014). Por esta razón, toman gran importancia las políticas que apoyen la transferencia efectiva de ciencia y tecnología para el cumplimiento de los ODS, ya que generan procesos de aprendizaje y de colaboración interactiva entre diversos actores que pueden resultar en innovaciones que contribuyan a la solución de los retos del país (DNP, 2018; Pigato, y otros, 2020).

Igualmente, las políticas de CTI también deben contribuir a la superación de la pobreza y la desigualdad. Para hacerle frente a estos ambiciosos desafíos se requiere una nueva política de CTI que promueva la transformación de los sistemas sociotécnicos (Schot & Steinmueller, 2018). Ello implica la coproducción de un cambio en las destrezas, las infraestructuras, las estructuras industriales y las preferencias culturales, logrando la transformación de elementos sociales y sus relaciones con oportunidades tecnológicas (Schot & Steinmueller, 2018). Al incorporar este nuevo modelo productivo, sostenible y competitivo basado en ciencia, tecnología e innovación se mantendrá e incrementará el ritmo de crecimiento económico que necesita el país atendiendo las problemáticas sociales, en materia de pobreza, desigualdad y construcción de paz (Perez, 2014). 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.

El fomento de la CTI requiere de políticas que aborden las fallas de mercado y de coordinación propias del contexto nacional. Las fallas de mercado y coordinación asociadas a las dificultades inherentes de la apropiación del conocimiento, la asimetría de información, la disposición subóptima de recursos y la sub-financiación de la investigación pueden desincentivar y obstaculizar la innovación tecnológica (European Commission, 2005; Cirera & Maloney, 2017; Akcigit, Hanley, & Serrano-Vela, 2013). Adicionalmente, las políticas de CTI deben ser diseñadas de acuerdo con el estado de desarrollo tecnológico de cada país, ya que la replicación de instrumentos de política de otros Sistemas Nacionales de Innovación genera resultados infructuosos (Cirera & Maloney, 2017).

Finalmente, se requiere una nueva política que aborde los retos de gobernanza multinivel de la CTI contemplando las transformaciones que ha atravesado el SNCTI en los últimos años y la creación del Ministerio de CTI. Las fallas de gobierno y articulación generan barreras al interior del estado, ocasionan solapamiento de funciones, asignación incorrecta de competencias y funciones y desarticulación intergubernamental (DNP, 2016). Por lo tanto, la nueva política de CTI debe orientar la gobernanza multinivel de la CTI en el país para

⁵ Los costos ambientales están valorados en más de 16,6 billones de pesos, equivalente al 2,08 % del producto interno bruto (PIB) del 2015 (DNP, 2018).

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 Sistema de CTI (OCDE, 2013).

BORRADOR

3. MARCO CONCEPTUAL

3.1. Conceptos base

Durante las últimas décadas, los manuales de Frascati y Oslo han sido los referentes a nivel global para definir y medir las actividades científicas, tecnológicas y de innovación (OCDE, 2018; OCDE, 2015). Por esta razón, serán los referentes para el presente documento. La investigación y el desarrollo experimental (I+D) se define como (OCDE, 2015):

El 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 disponible⁶.

Por otra parte, la innovación en sentido amplio es un proceso que consta de tres partes: 1) la generación, desarrollo y/o adaptación de una invención, 2) la realización o materialización y 3) la implementación de dicha invención (OCDE, 2018). El resultado de este proceso se define como (OCDE, 2018):

Un producto o/y proceso nuevo/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 implementado (proceso) por la unidad.

Dentro de esta amplia definición, el proceso de innovación se concibe como un proceso dinámico y no lineal, por lo tanto, la acumulación de conocimiento no solo se da a través de actividades de I+D sino puede darse por otras formas, como la colaboración informal o formal, el aprendizaje con los usuarios o clientes, la participación en cadenas globales de valor o en mercados internacionales, entre otros (Cirera & Maloney, 2017). Además, los procesos de innovación incluyen actividades técnicas, de diseño, de manufactura, de gestión y comerciales (Freeman, 1982). Es importante resaltar que las actividades de innovación no solo ocurren en el sector empresarial, sino también en el sector gubernamental, en las entidades sin ánimo de lucro y en los hogares (OCDE, 2018).

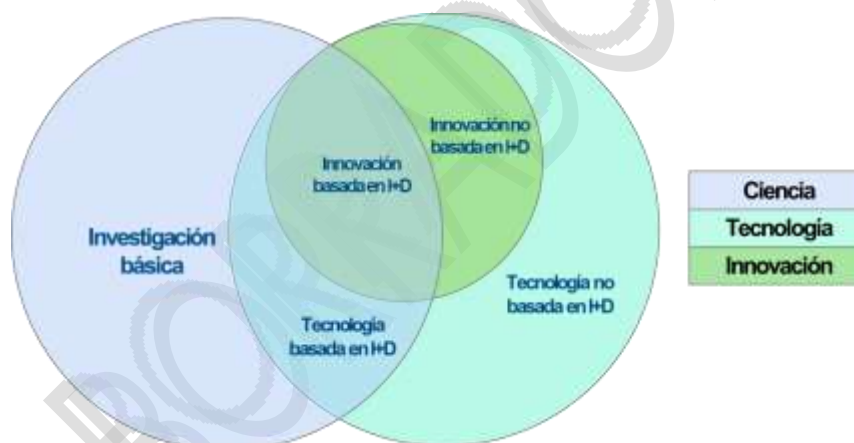
La ciencia y la tecnología son cuerpos de conocimiento diferentes. Por un lado, la ciencia es un proceso y un cuerpo de conocimiento cuyo propósito es la búsqueda del conocimiento y la comprensión del mundo natural y social siguiendo una metodología sistemática basada en la evidencia (Consejo Científico 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, servicios) que desempeñan funciones útiles o como el objeto o artefacto físico construido con

⁶ El termino I+D comprende 3 tipos de actividades investigación básica, investigación aplicada y desarrollo experimental. Estas definiciones se encuentran en el glosario del presente documento.

dicho conocimiento (Nightingale, 2014). Adicionalmente, es importante resaltar 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, las relaciones entre las actividades de CTI se observan en el Gráfico 3. 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 el desarrollo de tecnologías como fue el caso del desarrollo 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 ancestrales y de muchos productos orgánicos respectivamente.

Gráfico 3. Relación entre ciencia, tecnología e innovación



Fuente: Elaboración propia DNP.

3.2. CTI: modelos, cambio y madurez tecnológica.

Durante los siglos XX y XXI, los modelos de CTI han evolucionado presentado profundos cambios. La primera generación de modelos se denomina "Science Push" y surgieron luego de la segunda guerra mundial, en un momento histórico de crecimiento de demanda del consumidor y baja necesidad de marketing. Estos modelos argumentaban que la innovación es la aplicación de ciencia y que la I+D produce innovaciones que son naturalmente exitosas en el mercado (Bush, 1945). Posteriormente en los años 60, surgen los modelos lineales denominados "Market Pull" los cuales argumentaban que la innovación era estimulada por la demanda del mercado en lugar de la ciencia (Schmookler, 1972). Más adelante, en los años 70, surgen los modelos no lineales de innovación conocidos "Coupling models" en los

cuales la innovación es entendida en términos de la vinculación de las capacidades tecnológicas con las demandas del mercado (Mowery & Rosenberg, 1979; Kline & Rosenberg, 1986).

A mediados de los años 80 surgen los modelos de cuarta generación los cuales se enfocan en las capacidades que favorecen los procesos de innovación al interior de las firmas. Los procesos de aprendizaje institucional, el conocimiento tácito y el “knowledge stickiness” toman relevancia en estos modelos (Womack, Jones, & Roos, 1991; Nelson & Winter, 1982). Posteriormente, en los años 90, se desarrollan los modelos de quinta generación enfocados en la “electronificación” de la innovación y las relaciones. En estos modelos las simulaciones, el prototipado y el relacionamiento con agencias externas son esenciales para el proceso de innovación (Rothwell, 1994). Finalmente, a finales de los noventa aparecen los modelos de sexta generación enfocados en las capacidades dinámicas dentro de sistemas de valor (Teece, Pisano, & Shuen, 1997). Principalmente, estos modelos resaltan la relevancia para la innovación de la adaptación de las competencias internas de las firmas y la coordinación de los elementos de los sistemas económicos (Teece D. , 2018).

Como lo evidencian los modelos presentados anteriormente, las actividades de I+D son fuentes importantes de cambio tecnológico, pero no son las únicas (Fagerberg, 2006). El diseño, la ingeniería de producción, las interacciones con proveedores entre otras, pueden ser otras fuentes. La taxonomía desarrollada por Keith Pavitt (1984) y extendida posteriormente por él y Martin Bell (1993), propone 5 categorías de firmas de acuerdo a sus dinámicas industriales y sus fuentes de cambio tecnológico. Respecto a las fuentes de cambio tecnológico: 1) Para las firmas basadas en ciencia son la I+D, ciencia pública y la ingeniería de producción; 2) Para las firmas proveedoras especializadas son el Diseño, el desarrollo y los usuario; 3) Para las firmas intensivas en información son Ingeniería de sistemas, ciencias de la computación, I+D y los proveedores; 4) Para las firmas intensivas en escala son los proveedores, I+D, ingeniería de producción y el diseño; 5) Para las firmas dominadas por proveedores son los proveedores, los aprendizajes de producción y los servicios de consultoría.

Finalmente, el estado de desarrollo y madurez de una tecnología son fundamentales para enfocar adecuadamente los esfuerzos y así, incrementar las probabilidades de llevarla exitosamente al mercado. El estado de desarrollo de una tecnología puede ser determinado mediante el Nivel de Madurez Tecnológica (TRL⁷). Esta herramienta propone una escala de 9 niveles para evaluar la madurez de una tecnología desde la etapa conceptual hasta su implementación final (Agencia Espacial Europea, 2007). Sin embargo, una tecnología con

⁷ O por sus siglas en inglés Technology Readiness Level.

la puntuación más alta de TRL puede no estar lista para ser llevada al mercado ya sea por barreras regulatorias o de mercado⁸, por lo tanto, es necesario también establecer el grado de madurez respecto a ellas. Kobos et al (2018) proponen el Nivel de Madurez Regulatoria (RRL⁹) y el Nivel de Madurez de Mercado (MRL¹⁰) los cuales constan de 6 niveles. El RRL es crítico ya que, sin el empuje regulatorio, muchas tecnologías podrían no ser adoptadas en el mercado debido a los altos costos relativos a la no adopción de estas (Kobos, Malczynski, Walker, Borns, & Klise, 2018). Por último, cuando una tecnología exhibe los niveles más altos de TRL y RRL, el MRL es usado para 1) evaluar su valor, utilidad y respuesta de los clientes y 2) para establecer los requisitos necesarios para entrar de forma exitosa al mercado (Kobos, Malczynski, Walker, Borns, & Klise, 2018).

3.3. Políticas de CTI: marco 1 y marco 2

Las políticas de CTI han estado enmarcadas en 3 marcos que han surgido producto de las conexiones históricas entre agentes e ideas (Schot & Steinmueller, 2018). El primer marco surgió después de la segunda guerra mundial impulsado por el modelo de innovación "Science Push". Este marco conceptualiza la CTI como un medio para generar crecimiento económico e incrementos en la productividad, dentro de un sistema socio-técnico basado en producción y consumo masivo. Posteriormente, durante los años 80, se desarrolla el segundo marco denominado Sistemas Nacionales de Innovación (Freeman, 1987; Nelson, 1992; Lundvall, 1992). En este marco 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 los últimos años surge 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 1 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 el crecimiento económico sostenido de largo plazo. Finalmente, el Estado debe proveer bienes públicos que

⁸ Es importante aclarar que no todas las tecnologías requieren sobrepasar las barreras regulatorias.

⁹ Por sus siglas en inglés Regulatory Readiness Level.

¹⁰ Por sus siglas en inglés Market Readiness Level.

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.

Las políticas de CTI bajo el marco 2 conciben la innovación como un proceso interactivo con bucles de retroalimentación, reconocen que el conocimiento científico y tecnológico tiene importantes elementos tácitos y que existen otras fuentes de innovación a parte del desarrollo científico y la academia (Schot & Steinmueller, 2018). Además, se reconoce 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 a diferentes niveles [sectoriales, territoriales, etc.], promoviendo el fortalecimiento de alianzas, el aprendizaje de los actores del sistema y el emprendimiento para el desarrollo de ventajas competitivas y la solución de fallas de mercado. Recientemente también se ha resaltado la importancia del rol del estado como financiador de alto riesgo para desarrollar nuevas tecnologías (Mazzucato, 2013).

Sin embargo, estos enfoques de política de CTI no han sido suficientes para que la gran mayoría de países en desarrollo alcancen la frontera tecnológica y se detenga el aumento de la brecha económica con las economías avanzadas (Pritchett, 1997; Comin & Mestieri, 2016). Los países en desarrollo han intentado replicar los instrumentos de política de otros sistemas nacionales de innovación con resultados 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; esto se conoce como la paradoja de la innovación (Cirera & Maloney, 2017). Maloney y Cirera (2017) argumentan que esto se debe a que los retornos de la inversión en I+D aumentan en función de 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 los factores complementarios requeridos. Estos factores son: capacidades gerenciales y organizacionales, capacidades de aprendizaje y actualización y, capacidades gubernamentales para gestionar la creciente complejidad y amplitud de las políticas de innovación.

Para solucionar los retos que exhibe la paradoja de la innovación, Maloney y Cirera (2017) proponen la Escalera de Capacidades. Este modelo conceptual postula que, a partir de la etapa de madurez de su sistema nacional de innovación, los países pueden optimizar la inversión en CTI escogiendo la combinación apropiada de instrumentos de política y alineándolos con sus necesidades. Este modelo plantea 3 etapas de madurez de los sistemas nacionales de innovación. En la primera etapa de la Escalera de capacidades, los países

deben enfocar sus esfuerzos a desarrollar capacidades de producción y gestión. En la segunda, los países enfocan sus esfuerzos a desarrollar capacidades tecnológicas y en última etapa, el enfoque principal de sus políticas deberá ser desarrollar capacidades de invención y generación de tecnología. De esta forma, los países en desarrollo pueden implementar sólo los instrumentos de política más eficaces para su situación y alinearlos con las necesidades particulares de sus industrias. Es importante aclarar, que el avance en la escalera de capacidades no implica abandonar los esfuerzos en etapas previas, de hecho, muchos países avanzados continúan invirtiendo de forma rentable en la primera etapa (Cirera & Maloney, 2017).

3.4. Políticas de CTI: marco 3 y la política orientada por misiones

Las políticas de CTI bajo el marco 3, 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 guiados por objetivos sociales y ambientales (Schot & Steinmueller, 2018). 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. 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 y el desarrollo y escalamiento de nichos y pilotos (Schot & Geels, 2008). Por otro lado, estos sistemas reconocen al Estado como un agente generador de ciencia, tecnología e innovación y 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 bajo el marco 3 centran sus intervenciones en direccionar la innovación hacia la solución de retos públicos con un fuerte énfasis en procesos de experimentación.

Las Políticas Orientadas por Misiones (POM) son una alternativa de intervención dentro del espectro del marco 3. Las POM se definen como políticas públicas sistémicas que se basan en conocimiento de frontera para alcanzar objetivos específicos (IIPP-UCL, 2019). Este tipo de política reconoce que la innovación tiene un ritmo, pero también una dirección y por 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 abordados mediante misiones las cuales son definidas como objetivos concretos dentro de estos retos que actúan como marco y estímulo para la innovación (Mazzucato & Dibb, 2019). A diferencia de las misiones históricas como el viaje a la luna, las misiones contemporáneas requieren compromisos de largo plazo para resolver retos que son tanto tecnológicos como sociales

(IIPP-UCL, 2019). Por consiguiente, las misiones actuales son mucho más complejas porque sus límites son menos definidos y su definición debe ser realizada por múltiples y diversos actores (Mazzucato & Dibb, 2019). Por lo tanto, el éxito de estas políticas depende de la coordinación de actores y sectores y de su capacidad para permitir la experimentación y el aprendizaje de base para 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 coordinación mientras que la de las POM es 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 (IIPP-UCL, 2019). Históricamente la política industrial se ha enfocado en políticas horizontales para mejorar condiciones y políticas verticales para estimular determinados sectores. Sin embargo, las POM reinventan las políticas verticales para enfocarlas en problemas de múltiples sectores y evitan los problemas relacionados con el favorecimiento de sectores con recursos públicos (Mazzucato, *Mission-oriented innovation policies: challenges and opportunities*, 2018). Además, estimulan el desarrollo de las tecnologías de propósito general las cuales tienen el potencial de transformar la estructura productiva y los patrones de consumo de la economía (IIPP-UCL, 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.

Las organizaciones públicas presentan barreras inherentes para la innovación orientada a misiones. Las estructuras burocráticas y la rigidez de los procesos formales limitan el flujo de información, reducen la apertura y restringen la creatividad (Kattel & Mazzucato, 2018). Por lo tanto, es necesario que el sector público desarrolle capacidades administrativas, políticas y de liderazgo para diseñar e implementar POM de forma exitosa (Kattel & Mazzucato, 2018). En particular, los actores públicos deben pensar de forma no convencional para desarrollar misiones inspiracionales, usar instrumentos gubernamentales para estimular nuevas actividades e implementar nuevas formas de evaluación que trasciendan el análisis de costo beneficio (IIPP-UCL, 2019). Adicionalmente, se requiere que las entidades públicas implementen estructuras de gobernanza audaces y ambiciosas que permitan la coordinación intersectorial e interinstitucional (Kattel & Mazzucato, 2018). De hecho, esta capacidad es fundamental ya que la articulación y la definición de los objetivos y retos tiene que hacerse a través del debate público bajo el liderazgo del gobierno y las entidades públicas (IIPP-UCL, 2019).

La innovación orientada a misiones es una oportunidad para fortalecer la diplomacia científica. 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 Objetivos de Desarrollo Sostenible (Comision Europea, 2018). Adicionalmente, el involucramiento en estos procesos de cooperación internacional fomenta el desarrollo económico y el crecimiento ya que la comparación abierta y la competencia pueden conllevar a incrementos en la calidad que contribuyen directa o indirectamente estas variables (Comision Europea, 2018).

3.5. Principios y enfoques

A partir del marco teórico expuesto anteriormente se han definido seis principios rectores de la política de Ciencia, Tecnología e Innovación para 2021-2030. Estos principios buscan fomentar el desarrollo y la selección de estrategias e instrumentos de política que respondan a los desafíos presentes y futuros de la sociedad colombiana. Los principios más que soluciones específicas, sirven como un andamiaje para encontrar respuesta de política a los problemas que se identifican en la sección de diagnóstico del presente documento. Los principios son:

1. **Transversalidad.** La Ciencia, la Tecnología y la Innovación son transversales a todos los sectores de la economía.
2. **Anticipación.** La prospectiva o evidencia sobre futuros debe ser parte de las decisiones de política en CTI.
3. **Direccionalidad.** Las políticas en CTI deben fomentar la innovación orientada a misiones, enfocando recursos y esfuerzos para ello.
4. **Transformación.** Las políticas en CTI deben contribuir a establecer cambios en los sistemas sociotécnicos y fomentar el desarrollo de nuevos mercados basados en innovación.
5. **Territorialidad.** Las políticas de CTI deben tener en cuenta las particularidades de cada territorio.
6. **Sostenibilidad.** Las políticas de CTI deben contribuir al balance de los factores ambientales, sociales y económicos en las estrategias de desarrollo para garantizar la calidad de vida de las futuras generaciones.

Por otro lado, los enfoques de política diferencial e incluyente harán parte de la presente política de CTI ya que contribuyen a los objetivos de política del marco 3. El enfoque

diferencial puede definirse como un método de análisis para hacer visibles formas de desigualdad y discriminación y como una guía de acción para proveer atención y protección a los derechos de la población (Forst, 2018; MinInterior, 2015). Esta guía de acción está compuesta por acciones que pueden ser implementadas por el sector público o privado y que mediante un trato diferenciado contribuyen a reducir las brechas sociales, económicas y políticas (MinInterior, 2015; Leon, 2017). Este enfoque encuentra sustento jurídico en la Constitución Política de Colombia en los artículos 7 y 13¹¹. Adicionalmente, desde esta perspectiva, se plantea la articulación desde la innovación intercultural y el diálogo de saberes en sistemas bioculturales (Delgado et al., 2009).

Asimismo, el enfoque incluyente concibe el acceso de todos los segmentos de la población a la toma de decisiones del gobierno tanto en la formulación de políticas como en la prestación de servicios (OCDE, 2015). Por lo tanto, este enfoque se apoya en mecanismos públicos de transparencia, apertura y participación que informan a los ciudadanos sobre las intenciones y acciones del gobierno y les brindan formas de expresar sus opiniones (OCDE, 2015).

4. DIAGNÓSTICO

A continuación, se presentan las problemáticas que enfrenta el país en materia de Ciencia, Tecnología e Innovación (CTI), asociadas a: (i) insuficiente desarrollo de vocaciones STEAM, formación y vinculación de capital humano altamente calificado, (ii) débil entorno habilitante para la investigación, (iii) bajo uso del conocimiento generado, (iv) baja apropiación social del conocimiento, (v) débil gobernanza multinivel del SNCTI y (vi) 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 de Sabios (2019).

4.1. Insuficiente desarrollo de vocaciones STEAM, formación y vinculación de capital humano en I+D+i

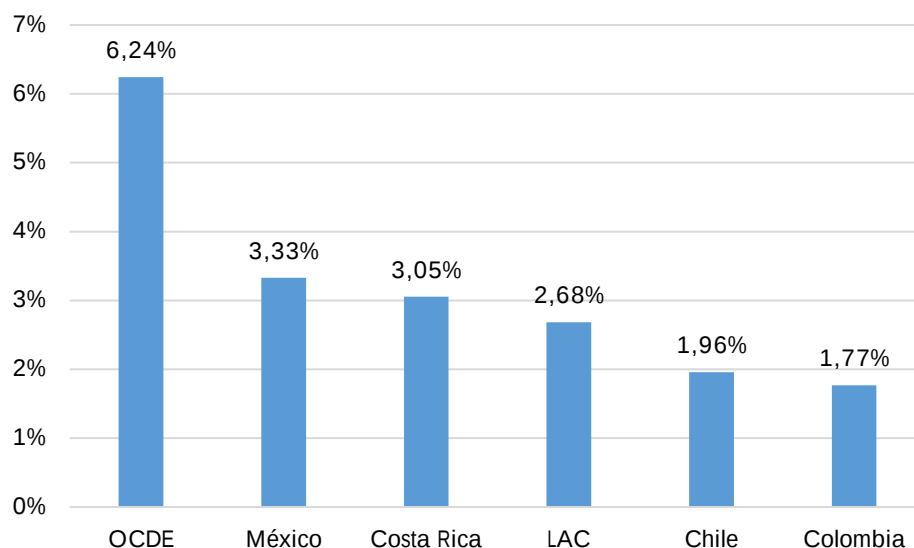
4.1.1. Bajo desarrollo de vocaciones científicas en la población infantil y juvenil del país

El país presenta un amplio rezago frente a pares internacionales en materia de formación de capital humano en áreas del conocimiento de ciencia, tecnología, ingeniería y

¹¹ 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

matemáticas o STEM (acrónimo en inglés de science, technology, engineering y mathematics). Mientras que el 1,77% de los matriculados a la educación superior colombiana corresponde a estudiantes en áreas relacionadas con matemáticas, ciencias y estadística, en promedio los países OCDE alcanzan matrículas del 6,24% (Gráfico 4). Esta brecha se mantiene, aunque en una proporción menor, para países de la región como México y Costa Rica.

Gráfico 4. Porcentaje de Matriculados en programas universitarios en áreas de Matemáticas, Ciencias y Estadística sobre Matrícula Total por País (2017)



Fuente: Elaboración propia basado en datos de la Unesco (2020).

La poca motivación para la realización de carreras STEM se debe principalmente a dos motivos: la debilidad de la educación científico-tecnológica en la población infantil y juvenil y la falta de orientación y conocimiento. Con relación a la primera causa, en las pruebas PISA, entre 2015 y 2018, Colombia desmejoró el puntaje en ciencias (de 416 a 413), mientras en matemáticas -el área con el más bajo desempeño- aumentó un punto (de 391 a 392) (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos, 2018)¹². Aunque los programas *Ondas* y *Jóvenes Investigadores e Innovadores* desarrollados por el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación han impulsado el fomento de las vocaciones

¹² En el ranking internacional de las pruebas PISA Colombia cayó en todas las áreas: en ciencias del número 57 al 62; en habilidades de lectura del 54 al 58 y en matemáticas del 61 al 69.

científicas, al ser programas con mecanismos de acceso por demanda¹³, no garantizan la cobertura deseada.

En respuesta a la falta de orientación y conocimiento¹⁴, el gobierno puso en marcha la Estrategia Nacional de Orientación Socio Ocupacional la cual busca dar acompañamiento a los jóvenes durante su transición hacia la educación posmedia o hacia el mundo de trabajo, mediante herramientas virtuales que les permite reconocer sus intereses e identificar las oportunidades de trabajo que ofrece el contexto (Ministerio de Educación Nacional, 2019). Este instrumento, al igual que el Boletín “Saber para decidir” del Sistema Nacional de Información de Demanda Laboral, liderado por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística, no han brindado el acompañamiento suficiente para lograr un cambio en la demanda de los programas o un ajuste de la oferta de educación técnica y profesional teniendo en cuenta estas preferencias¹⁵.

Finalmente, los semilleros de investigación no se han consolidado como una estrategia para la formación de investigadores. Si bien los semilleros de investigación de las IES son uno de los aspectos a evaluar para la acreditación de sus programas académicos, no cuentan con lineamientos de carácter nacional que orienten unas condiciones básicas de organización, de calidad y de extensión de su quehacer más allá de la investigación formativa. Así mismo, los semilleros no han sido objeto de reconocimiento y valoración institucional por parte del SNCTI.

4.1.2. Déficit de capital humano en I+D+i

La brecha de capital humano con formación para la CTI es amplia si se compara con otros países con sistemas de innovación más desarrollados. Pese a que en los últimos años se ha incrementado el número de oportunidades de acceso a la formación de alto nivel¹⁶, para 2017 el país solo tenía 0,17 investigadores por cada 1.000 integrantes de la población económicamente activa, mientras que el promedio en LAC es de 1,03 (RICYT, 2018). Esto

¹³ 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.

¹⁴ Muestra de la baja contribución en la construcción de un perfil para cada estudiante de grado 11, es la alta tasa de deserción en la educación superior, la cual es de 37% para Colombia (Banco Mundial, 2019).

¹⁵ Lo anterior se refleja en la poca demanda de programas STEM en comparación con los programas de economía, administración, contaduría, ciencias sociales y humanas, a pesar de su alta demanda laboral (Departamento Administrativo Nacional de Estadística, 2019).

¹⁶ De acuerdo con el OCyT, Colombia pasó de 356 becas de doctorado y 1.467 de maestría en 2008 a 981 y 4.446 becas en 2017 (OCyT, 2020).

indica el insuficiente capital humano con el que cuenta el país para mejorar la calidad de la investigación y la educación (Gómez, 2015).

La falta de políticas adecuadas para generar capacidades regionales hace más evidente la baja formación de capital humano para CTI. De acuerdo con MinCiencias (2020), para el año 2017, los 13.001 investigadores reconocidos se encuentran concentrados en las regiones del Eje Cafetero (23%), Caribe (14%), Centro Oriente (11%) y Bogotá (33%). Las estadísticas por departamento son aún más críticas, ya que Arauca, Vaupés, San Andrés o Guainía registran entre uno y cuatro investigadores, en comparación con Bogotá que registra 4.309 y Antioquia 2.381.

Sumado a esto, 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 que estén en sinergia con el tejido empresarial, la academia y el sector público¹⁷. Según cifras del RICYT (2018), entre 2008 y 2016, el 47% de los graduados en programas de doctorados en Colombia correspondió a ciencias sociales y humanidades, seguido de un 19% de las ciencias naturales y exactas, 13% en ciencias médicas, 14% en ingeniería y tecnología, y, finalmente, 7% en las ciencias agrícolas. A pesar de que la agroindustria es una de las apuestas productivas del país, para el 2017 el número de investigadores que se desempeñaban en esta área correspondió al 4,8% del total de investigadores colombianos, un nivel bajo comparado con países como Argentina (9,6%) o Paraguay (22,3%) (RICYT, 2018).

De otro lado, no se reconocen las habilidades digitales como recurso valioso para la modernización productiva (García Peñalvo, 2012). Sin duda el conocimiento de explotación de datos es requerido en todas las áreas del conocimiento y sectores de la economía, sin embargo, se ha desconocido la relevancia de la formación especializada a través de cursos virtuales, foros, repositorios, entre otras plataformas que buscan el desarrollo de habilidades en tecnologías emergentes bajo una metodología de "aprender haciendo". Se debe fortalecer la oferta de educación formal y no formal¹⁸ de nuevas disciplinas como ciencias de la computación, Big Data, robótica industrial e ingeniería de IoT¹⁹.

¹⁷ Esta falta de articulación se refleja en un bajo ajuste de la oferta educativa nacional, tanto en el desarrollo de nuevos programas académicos, revisión curricular de los programas existentes, y selección de las líneas de investigación y programas internacionales para el otorgamiento de becas a nivel de maestría y doctorado.

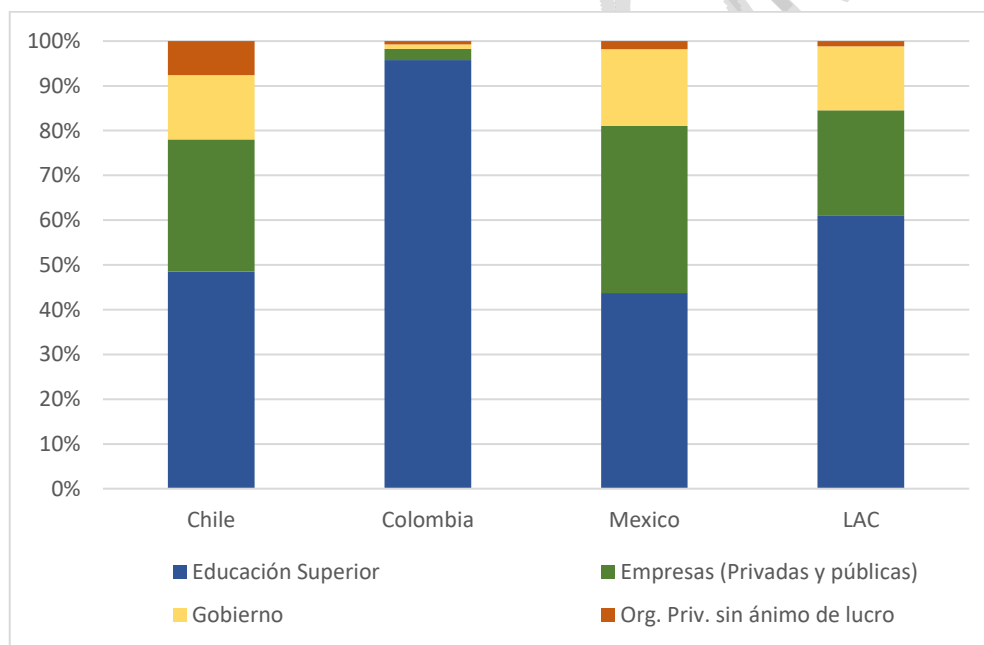
¹⁸ De acuerdo con el Decreto 114 de 1996, el objetivo de la formación no formal es complementar, actualizar, suplir conocimientos y capacitar para el desempeño ocupacional, técnico, recreacional, entre otros. Uno de los programas que ha tomado fuerza en los últimos años es el curso de capacitación digital, por la alta demanda de mano de obra con habilidades en programación y con dominio de áreas como la inteligencia artificial (IA) y el análisis de datos (Cathles & Navarro, 2019).

¹⁹ Por sus siglas en inglés Internet Of Things.

4.1.3. Baja inserción del capital humano en I+D+i en el mercado laboral

Conjuntamente a los retos de formación de capital humano en I+D+i, el país tiene rezago en el nivel de vinculación de estos profesionales. De acuerdo con el Global Innovation Index (GII), Colombia ha tenido un descenso continuo en el 'empleo intensivo en conocimiento', cayendo de la posición 57 en 2013 a la 86 en 2019 (INSEAD, 2019). Además, para el 2017 sólo el 2,62% de los investigadores colombianos se encontraban vinculados a empresas, mientras el promedio de LAC era 16,60% (RICYT, 2020). Como se evidencia en el Gráfico 5, Colombia es el país en que los investigadores están vinculados en mayor proporción a las IES (95,60%), mientras el promedio de América Latina y el Caribe está en 72,26%.

Gráfico 5. Investigadores por sector de vinculación, 2017



Fuente: RICYT (2018). Datos de Chile y México del 2016.

A pesar de los esfuerzos del Gobierno nacional, los incentivos e instrumentos orientados a la inserción de doctores en los sectores empresarial y público siguen siendo insuficientes. En el pasado Colciencias (MinCiencias), ejecutó varias convocatorias para la vinculación de recurso humano de alto nivel en el aparato productivo colombiano, entre ellas el programa

*Inserción Laboral*²⁰. Pese a los resultados positivos en las empresas beneficiarias, como la mejora de la productividad en un 29,2%, y la reducción de costos en un 12,5%, una vez finalizado el proceso, la mayoría de las empresas decidieron no continuar con el apoyo de doctores, porque según estas, no estaban en la capacidad de pagar por sí solas dicho salario (Estupiñan, 2014). Por otra parte, los esfuerzos realizados por habilitar programas de vinculación de doctores a entidades del Gobierno nacional también se vieron frustrados por la limitada capacidad de crear nuevas plazas para vincular profesionales de este nivel de formación (sólo pueden vincular 500 doctores anualmente) (Centro Nacional de Consultoría, 2017).

Por otro lado, la contratación de docentes con educación doctoral es bajo. Si bien la mayor parte de los investigadores activos con doctorado en el país se encuentran vinculados a la academia²¹, según el reporte estadístico del Ministerio de Educación Nacional, para 2018 apenas el 9% de las plantas docentes de las IES correspondía a profesores con título de doctorado (MEN, 2019).

Otros de los retos en la inserción de capital humano en I+D+i en el mercado de trabajo, son el bajo reconocimiento social de la carrera de investigador y la baja atracción de talento. Como es conocido, en el sector gubernamental y académico no se establecen cargos bajo la denominación *Investigador* como nivel o perfil de empleo. Por otro lado, no siempre los investigadores están interesados en vincularse a los sectores productivo y público (Organización para los Estados Iberoamericanos, 2012). Los empleadores deben diseñar incentivos para atraer y retener a los investigadores, entendiendo que la capacidad para innovar depende en gran medida del capital humano disponible. Si la vinculación no se logra, la probabilidad de fuga de cerebros se incrementará mientras la tasa de retorno de la inversión realizada desde el Gobierno nacional disminuirá (MinCiencias, 2019).

4.2. Débil entorno habilitante para la generación de conocimiento

4.2.1. Baja capacidad de generación de conocimiento científico

La producción científica total y en STEM en Colombia se encuentra rezagada en cuanto a volumen e impacto. Adicionalmente, en 2019 el aporte del país a la producción científica

²⁰ El programa Inserción Laboral desarrollado mediante la Convocatoria 535 de 2011 tuvo una inversión de 9.200 millones y benefició a 24 empresas y 28 doctores. Otros de los principales resultados 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% (Estupiñan, 2014).

²¹ De acuerdo con el OCyT (OCyT, 2014), de los 4.539 investigadores activos con doctorado en el 2012, el 90,8% se encontraba vinculado a Instituciones de Educación Superior (IES).

mundial fue del 0,33%, ubicándose por debajo de Brasil, México, Chile y Argentina (Scimago, 2020). Asimismo, en Colombia se publican 4,5 artículos por billón de dólares del PIB per Cápita (PPA en USD) lo cual es menor que lo que publica Argentina (6,8), Brasil (9,7) y Chile (13,2) (Cornell University, INSEAD, & WIPO, 2019). Por otro lado, en el año 2019, Colombia se ubicó en el puesto 46 y 5 respecto al índice H a nivel mundial y latinoamericano respectivamente (Scimago, 2020). Finalmente, a pesar de que la producción científica total²² 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 del 82,34% al 75,8% en SCOPUS (OCyT, 2019).

Es necesario realizar una revisión de los incentivos a la producción científica en el país. La falta de pertinencia de la investigación a los retos regionales y nacionales es una problemática del actual sistema científico mundial (Arocena, Göransson, & Sutz, 2018). Particularmente, en Colombia esta dinámica es reforzada por la estructura asimétrica de incentivos del Decreto 1279 de 2002, ya 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 1992 (Universidad de Antioquía, 2014). Además, en 2017, Colombia publicó 15.405 lo cual es menos de la mitad de la masa crítica (32.000) descrita por la misión de sabios para que el país mejore sus niveles de innovación (OCyT, 2019; Misión de Sabios, 2019). Estos hechos sugieren una revisión de los incentivos a la productividad y calidad de la producción científica del decreto 1279 de 2002.

La ciencia abierta presenta un bajo desarrollo en el país. La ciencia abierta involucra la apertura del acceso a la producción y la data científica y la participación de la ciudadanía en la ciencia (Smith, Gunashekar, Lichten, Parks, & Chataway, 2016). En Colombia, las principales barreras de la ciencia abierta son la falta de recursos para la financiación, el limitado conocimiento sobre potenciales beneficios, la falta de motivación e incentivos y la débil infraestructura tecnológica que permita la gestión, intercambio y difusión de este conocimiento (MinCiencias, 2018). De hecho, ya que los mayores incentivos en el país están dirigidos a la publicación de artículos en revistas indexadas en WOS 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, en el país hay una baja cultura de datos abiertos (Departamento Nacional de Planeación, 2018), lo cual puede obstaculizar el desarrollo de la ciencia abierta en el país.

Débil reconocimiento de los lineamientos en ética del conocimiento, bioética e integridad científica por los actores del SNCTI. El diagnóstico realizado para el diseño de la

²² Artículos y documentos científicos.

política de ética de la investigación, bioética e integridad científica arrojó como problemática más recurrente el bajo grado de conocimiento, uso, articulación y actualización de lineamientos mínimos éticos de investigación y de integridad científica aplicables a los procesos de CTI en todas las áreas de conocimiento (Colciencias, 2018)²³. De acuerdo a este diagnóstico, 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).

4.2.2. Insuficiente desarrollo de la infraestructura científica y tecnológica

Los investigadores colombianos cuentan con una infraestructura inferior para realizar investigación respecto a sus pares. Colombia ha descendido a nivel internacional respecto a la infraestructura para la CTI²⁴, en 2013 superaba al 74,6% de los países medidos mientras que en 2018 superó al 68,3% (Cornell University, INSEAD, & WIPO, 2019). Sin embargo, el país subió 5 posiciones en el ranking global respecto a infraestructura TIC pasando del puesto 60 al 55 entre 2013 y 2018. Por otro lado, en 2017 el gasto promedio en Investigación y Desarrollo (I+D) por investigador en Colombia fue de USD 58.260, lo cual es inferior en USD 16.900 al promedio de LAC (RICYT, 2020).

El país presenta un inadecuado estado de la infraestructura física y equipamientos de laboratorios. Las instalaciones de los laboratorios públicos nacionales no cumplen con las exigencias técnicas de las buenas prácticas de laboratorio, bioseguridad y sismo resistencia (DNP, 2019). De hecho, el cumplimiento de requisitos metrológicos y de calidad para el funcionamiento es inferior al 30% en el 71,14 % de los laboratorios en el país (DNP, 2019). Además, de acuerdo con el ONAC, en 2015 solamente el 10% de los laboratorios se encontraba acreditados para realizar ensayos y calibraciones²⁵. Por otro lado, el estudio realizado en 2006 por la Asociación Colombiana de Facultades de Ciencias (ACOFACIEN) sobre la infraestructura para CTI en Colombia, identificó un alto riesgo de obsolescencia ya que el 47% de los equipos robustos inventariados tenían más de 5 años y un 19% más de 10 años de antigüedad (ACOFACIEN, 2006). Actualmente no se dispone de información que permita establecer las condiciones del país en relación con la materia.

²³ En esta encuesta participaron 832 personas, la mayoría investigadores reconocidos por Colciencias.

²⁴ Este subíndice incluye infraestructura de TIC, infraestructura general y sostenibilidad ecológica.

²⁵ Información suministrada por la ONAC el 16 de julio de 2015 a través de correspondencia institucional.

El país presenta un rezago en infraestructura empresarial de alta tecnología. Sólo el 1,3% y el 0,7% de las exportaciones de Colombia son de alta tecnología y de servicios TIC, por lo cual ocupa el puesto 64 y 92 respectivamente entre 142 países (Cornell University, INSEAD, & WIPO, 2019)²⁶. Por otra parte, solo el 0,2% de la manufactura que se produce en Colombia es de alta o media-alta tecnología lo cual ubica al país en el puesto 53 entre 142 países a nivel global (Cornell University, INSEAD, & WIPO, 2019). Respecto a factores habilitantes para la Industria 4.0, el bajo número de laboratorios certificados internacionalmente es una barrera de entrada importante para participar en Cadenas de Valor Global con países con altos estándares de calidad (OCDE, 2019).

4.2.3. Débiles capacidades de las IGC y de las entidades de soporte

Las IGC colombianas presentan debilidades en sus capacidades misionales. Colombia se ubica en la posición 33/146 a nivel global respecto al promedio de puntuación de sus tres mejores universidades en el QS ranking (Cornell University, INSEAD, & WIPO, 2019). Esta puntuación ubica al país 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 1.000 a nivel global y sólo cuenta con 3 dentro de los primeros 100 a nivel latinoamericano (Laboratorio de Cibermetría, 2019)²⁷. Finalmente, la falta de una política específica para las IGC, el incumplimiento o modificación de los lineamientos de política y la falta de financiación son problemáticas que han afectado negativamente el desempeño de estas instituciones (Misión de Sabios, 2019).

Las entidades de soporte presentan falencias en sus capacidades e institucionalidad. El 41% de las entidades tienen servicios de laboratorio, pero el 92% de las pruebas 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. 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% depende financieramente de la disponibilidad de recursos de terceros y solo el 28% obtiene sus principales ingresos por venta de servicios (MinCIT, 2020).

²⁶ De acuerdo con la teoría de complejidad económica, es posible inferir las capacidades tecnológicas de un país a partir de sus exportaciones Invalid source specified..

²⁷ Los tres institutos y sus respectivas posiciones a nivel latinoamericano y global son: Instituto Nacional de Salud (39-1.066), Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humbolt (51-1.267) y AGROSAVIA (61-1.540).

Adicionalmente, las entidades de soporte presentan un bajo esfuerzo y orientación comercial y debilidades en su plataforma estratégica y en propiedad intelectual (MinCIT, 2020). Colombia no cuenta con un sistema de incubadoras y aceleradoras para apalancar el crecimiento y consolidación de nuevas empresas y los esfuerzos en este campo son atomizados y desarticulados (DNP, 2020). Por otro lado, la transferencia tecnológica y la gestión de propiedad intelectual no tienen un peso relevante dentro de estas entidades (MinCIT, 2020). En particular, las Oficinas de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) presentan deficiencias en sus capacidades de prospectiva tecnológica, de construcción de portafolios de propiedad intelectual y en la prestación de servicios especializados (DNP, 2020).

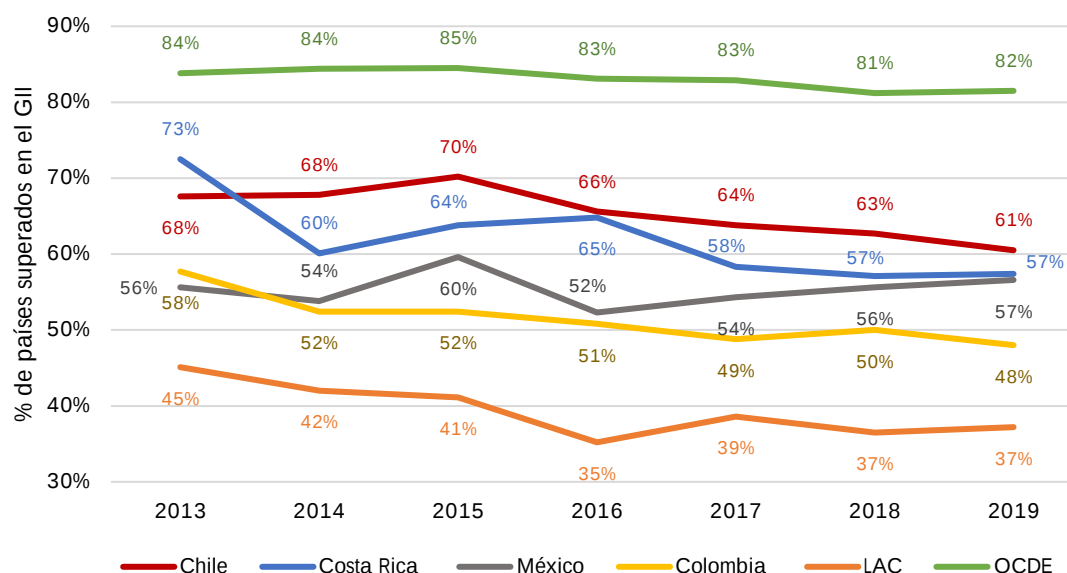
4.3. Bajo uso del conocimiento

4.3.1. Bajas capacidades y condiciones para innovar y emprender

Colombia presenta una baja capacidad innovadora en todos los sectores del país, al igual como lo refleja su desempeño en el Índice Global de Innovación (GII²⁸). De acuerdo con la última edición del GII, el país cayó cuatro posiciones pasando del puesto 63 en 2018 al puesto 67 en 2019, lo cual puede ser explicado en función de un débil desempeño en los pilares de sofisticación de negocios (58), sofisticación de mercado (53), e infraestructura tecnológica (47), que son los pilares en los que el país se encuentra peor posicionado. Ahora bien, este comportamiento se viene presentado desde 2013, ya que en promedio el país supera cada vez menos países como se puede apreciar en el Gráfico 6 Gráfico 6 (DNP, 2019).

²⁸ Por sus siglas en inglés

Gráfico 6. Porcentaje de países superados en el GII 2013 - 2018



Fuente: Tomado del PND 2018-2022.

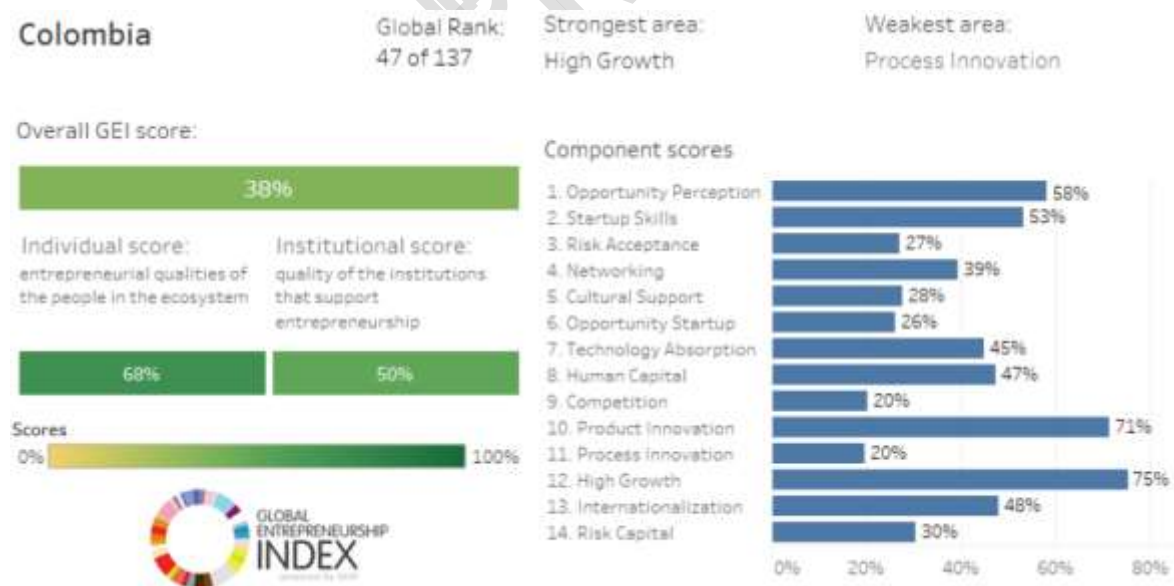
En Colombia alrededor del 75,0 % de las empresas son no innovadoras y este grupo ha venido aumentando en los últimos años. De acuerdo con los resultados de la Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica (EDIT), el número de empresas no innovadoras incrementó 3,0% en el periodo 2015-2018, mientras que el número de empresas innovadoras en sentido estricto, sentido amplio y potencialmente innovadoras disminuyó 15,4%, 9,3%, y 0,4%, respectivamente (DANE, 2017-2018) (DANE, 2015-2016). Además, existe una alta concentración de empresas innovadoras por tamaño empresarial y sector económico, puesto que cerca del 90% de las empresas que acceden a Beneficios Tributarios para la Innovación son consideradas grandes empresas, y alrededor del 60% pertenecen al sector minero-energético (MinCiencias, 2020).

La estructura productiva del país está poco diversificada y tecnificada. De acuerdo con el Índice de Complejidad Económica (ECI por sus siglas en inglés), en 2018 el país enfrentó una caída de tres posiciones debido a la concentración de las exportaciones en productos minero-energéticos y agropecuarios, y la baja introducción de nuevos productos a la canasta exportadora, pasando del puesto 53 al 56 de 133 economías evaluadas (Harvard's Growth Lab, 2018). Estos resultados están siendo reflejados en el indicador de exportaciones de alta tecnología del GII, en el cual Colombia ocupó el puesto 64, ubicándose por debajo de países como México, Argentina y Brasil (Cornell University, INSEAD, & WIPO, 2019).

Por otra parte, las empresas colombianas no se acercan a la frontera tecnológica para incrementar su productividad. El Índice de Competitividad Global 4.0 muestra que los países más competitivos también están mejor equipados para enfrentar los desafíos del 4IR (cuarta revolución industrial). De acuerdo con los resultados en 2018, Colombia cayó 3 posiciones, pasando de la posición 57 a la 60. Esta caída se explica por un deterioro en infraestructura, en la adopción de TIC, en habilidades y en el sistema financiero y dinamismo de los negocios (Schwab, 2018). En esta misma línea, Colombia enfrenta retos en cuanto a empleo en servicios intensivos en conocimiento. De acuerdo con el OCyT, Colombia está 24,49 puntos por debajo del promedio de la OCDE en materia de servicios intensivos en conocimiento, y el país no cuenta con compañías globales de I+D (OCyT, 2019).

En materia de creación de empresas, en el país no existen las condiciones habilitantes para un ecosistema de emprendimiento (DNP, 2020). De acuerdo con la Política Nacional de Emprendimiento, el país enfrenta una débil institucionalidad en esta área debido a la desarticulación entre entidades para la entrega de apoyos al emprendimiento. Además, se identifican problemas de focalización, perfilamiento y atención oportuna, y desinformación en el diseño y evaluación de políticas públicas. Esto se puede ver reflejado en los resultados del GEI (2018), el cual establece que la calidad de las instituciones que apoyan el emprendimiento en Colombia se encuentra al 50% del esquema ideal, tal como se muestra en el Gráfico 7.

Gráfico 7. Desempeño de Colombia en el Índice Global de Emprendimiento



Fuente: Tomado del Índice Global de Emprendimiento 2018.

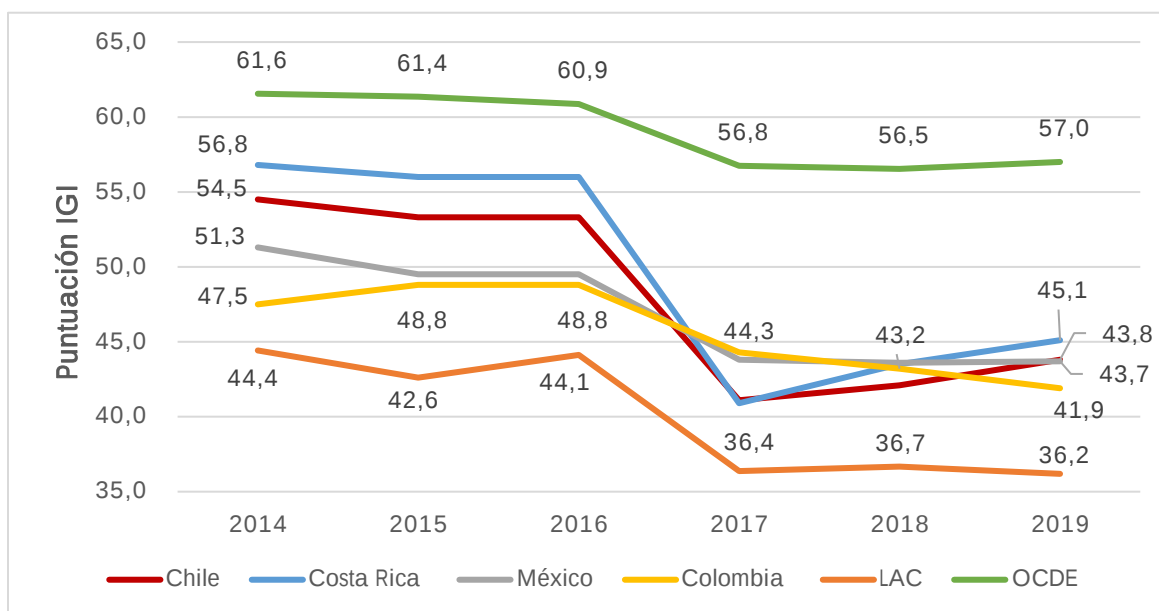
Sumado a las deficiencias en el ecosistema, existe una baja calidad en los emprendimientos. De acuerdo con el Índice Global de Emprendimiento (GEI por sus siglas en inglés), Colombia ocupó la posición 47 en un *ranking* de 137 países, con un desempeño del 38% en una escala de 0% a 100%. Según este indicador, las mayores debilidades que enfrenta el país están en la innovación de procesos (20%) y competitividad (20%), que miden el uso de nuevas tecnologías y acceso a capital humano altamente calificado, y la creación de productos y servicios únicos que permitan el acceso a mercados (GEDI, 2018).

Además, las capacidades para construir propuestas de valor innovadoras y concretar proyectos en empresas son bajas. De acuerdo con el Banco Interamericano de Desarrollo (2020), en Colombia existen limitaciones en la formulación de propuestas innovadoras y el acceso a recursos para concretar los proyectos en empresas. Ello se ha visto reflejado en el Índice de Condiciones Sistémicas para el Emprendimiento Dinámico (ICSEd-Prodem), en el cual Colombia ocupa la posición 43 de 66 países evaluados por debajo de Argentina, México y Costa Rica. Esto ubica al país en el grupo de los países con configuraciones incipientes y desequilibradas en materia de condiciones sistémicas para el emprendimiento dinámico (Ibarra García, Federico, Ortiz, & Kantis, 2018).

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

En Colombia se evidencia una dinámica limitada de cooperación para innovar entre universidades y empresas, obstaculizando el flujo de conocimiento (Gráfico 8). De acuerdo con el Índice Global de Innovación (GII por sus siglas en inglés), el país presenta un claro deterioro en las redes de colaboración entre el sector productivo y la academia, ya que entre 2014 y 2019 el índice de *Colaboración de Investigación Universidad/Industria* ha decrecido en promedio 2,1% 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 (DNP, 2019), entre 2017-2018 sólo el 3,8% de las empresas lo tuvieron (DANE, 2017-2018) reflejando la inexistencia de un puente robusto de transferencia de conocimiento científico al sector productivo y empresarial.

Gráfico 8. Colaboración universidad-empresa 2014-2019



Fuente: Elaboración del DNP, con información del Índice Global de Innovación.

El país enfrenta retos importantes en materia de sensibilización empresarial y su acercamiento a la ciencia como factor de desarrollo productivo y competitividad. Según el Monitor Global de Emprendimiento (GEM²⁹), en Colombia la aceptación sociocultural del emprendimiento se ha reducido, al pasar del 71 %, en 2015, al 66 %, en 2016 (DNP, 2019). Sumado a esto existe un profundo desconocimiento de los instrumentos públicos para la financiación de la CTI. De acuerdo con la EDIT (2017-2018) 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.

Por otra parte, en Colombia no existen incentivos al aprovechamiento de los resultados de investigación para desarrollar nuevas tecnologías, puesto que existe una baja demanda por conocimiento científico y tecnológico del sector productivo. De acuerdo con la medición de la producción nacional registrada en ScienTI (2019), sólo un 4,07 % de los productos correspondía a patentes de invención, modelos de utilidad o productos de desarrollo tecnológico e innovación. Por su parte, la inversión destinada al financiamiento de pruebas de concepto o validación de prototipos de nuevas tecnologías precomercial o comercial

²⁹ Por sus siglas en inglés.

representa sólo el 8,2 % del total invertido en proyectos de CTI registrados en el Ministerio (MinCiencias, 2020).

De igual forma, existe una baja capacidad de adopción tecnológica en la producción empresarial (DNP, 2019). Según el estudio Colombia Manufacturing Survey, solo el 67% de las empresas manufactureras acuden a asistencia externa para la adopción de técnicas y tecnologías de producción. Por otra parte, se han identificado disparidades por tamaño empresarial y antigüedad, puesto que 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, de acuerdo con dicha encuesta. Adicionalmente los resultados presentaron 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 (como se cita en (DNP, 2019)).

Otro factor son los escasos avances en regulación de la propiedad intelectual, su divulgación y apropiación, los cuales limitan la comercialización de esta. De acuerdo con la EDIT (2017-2018), cerca del 49% de las empresas que obtuvieron registros de propiedad intelectual reportaron como principal obstáculo la falta de información sobre beneficios y requisitos para los registros, además el 46% reportó dificultades para cumplir con los requisitos o completar los trámites. Esto se puede ver reflejado en el desempeño del país en los índices de Pagos de propiedad intelectual y Solicitudes de patentes por origen del GII, en los cuales el país ocupó respectivamente las posiciones 44 y 66 de 126 países evaluados.

Finalmente, subsisten diferencias marcadas entre los sistemas regionales de innovación. De acuerdo con los resultados del Índice Departamental de Innovación para Colombia (IDIC), en 2019 sólo Antioquia, Bogotá & Cundinamarca y Santander lograron un desempeño medio-alto en el pilar Producción de Conocimiento y Tecnología con un puntaje respectivo de 61,5, 53,6 y 48,7 sobre 100 (DNP, 2019).

4.3.3. Existe un rezago en la adecuación del entorno para la adopción de las tecnologías de industria 4.0

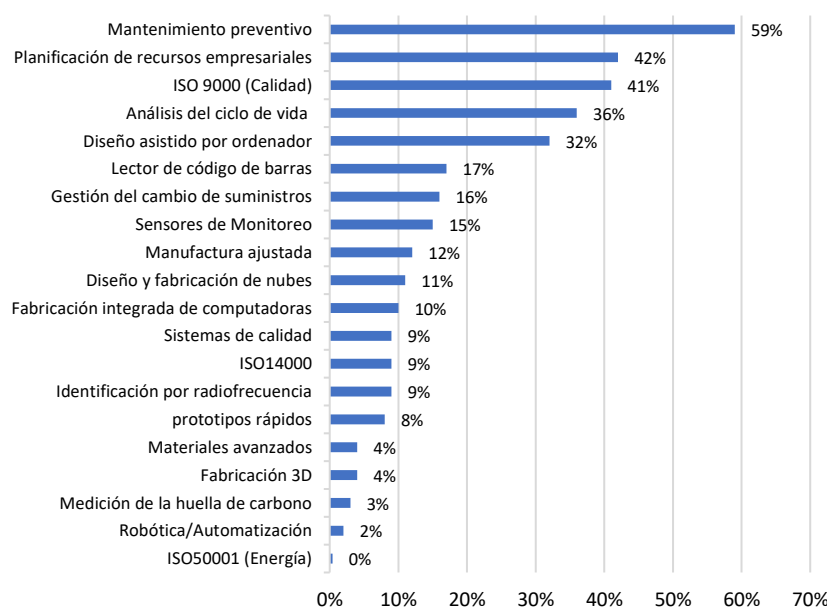
En Colombia existe un acceso limitado y bajo uso de las tecnologías de la información y comunicación (TIC). De acuerdo con Readiness for the Future of Production (2018), el país está en su etapa naciente debido a su desempeño en la estructura productiva y los drives de producción en los que ocupó los puestos 56 y 65 de 100 economías evaluadas. No obstante, la industria 4.0 se desarrolla a través de tres actividades simultáneas: "(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), lo cual supone un reto significativo al país para la adopción de las tecnologías de la cuarta revolución industrial.

Por otra parte, el país se encuentra rezagado en la velocidad de conexión a Internet con respecto a otros países latinoamericanos. De acuerdo con el reporte de (Akamai), en 2017 Uruguay tenía en promedio la mayor velocidad de conexión a Internet entre los países estudiados de la región, con 9,5 Mbps, seguido de Chile con 9,3 Mbps. En Colombia la velocidad de internet es de 5,5 Mbps, lo que soporta la necesidad de aumentar esfuerzos para mejorar los niveles de infraestructura TIC del país (como se cita en (DNP, 2020)).

Ahora bien, aunque el país no cuenta con la infraestructura suficiente para la adopción de las tecnologías 4.0, con su capacidad actual no explota su máximo potencial. De acuerdo con el Observatorio de Economía Digital (2017) el 59% de las empresas adoptaron tecnologías 4RI para realizar operaciones de mantenimiento preventivo, tan solo el 2% de fueron adoptadas para la implementación de procesos automáticos o de robótica (Gráfico 9).

Gráfico 9. Penetración de tecnologías avanzadas.



Fuente: Elaboración del DNP, con información del Observatorio de Economía Digital.

4.4. Baja apropiación social del conocimiento

4.4.1. Baja inclusión, impacto y cultura de CTI

El conocimiento científico-tecnológico se ha concentrado en espacios mayoritariamente especializados. De los centros de ciencia, un 29% de ellos 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 (MinCiencias, 2020). Además, hay una baja participación de la academia en debates públicos y en el desarrollo de investigación contextualizada e incluyente (Daza-Caicedo y Lozano Borda, 2013, p. 346; Chingaté y Molano, 2016, p. 54). Por otro lado, en Colombia se presenta una baja presencia de actores como empresas, centros de desarrollo tecnológico, centros de innovación y emprendedores en iniciativas de apropiación social del conocimiento entre el 2010 y 2017 (Colciencias-Maloka, 2018)³⁰. Adicionalmente, la ciudadanía ha estado generalmente excluida de la toma de decisiones en CTI (Colciencias, 2018).

Insuficiente alcance e impacto tienen los planes y programas de 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 de Colciencias, siendo un limitante para el desarrollo y consolidación de programas, proyectos y actividades de apropiación social del conocimiento (MinCiencias, 2020). Ahora bien, un ejemplo del bajo alcance de programas para la apropiación social del conocimiento en innovación social es que en 2019 se benefició menos del 0,2% de la población colombiana, pertenecientes a 110 comunidades en todo el país de los programas “Ideas para el Cambio” y “A Ciencia Cierta” (MinCiencias, 2020).

4.4.2. Débil comunicación del quehacer científico y de la CTI

El SNCTI no ha logrado socializarse y comunicarse públicamente de manera eficiente con la sociedad colombiana. 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 et al. 2016). Sin embargo, sólo se han realizado tres encuestas de este tipo en Colombia, la más reciente publicada en 2014 (Fuente MinCiencias). El bajo número de encuestas refleja la poca importancia en materia de política que se le ha dado al tema y de la falta de actualización que tiene las estrategias y tácticas de comunicación pública que buscan promover más y mejor cultura científica entre los colombianos.

Los resultados de la última encuesta evidencian que, respecto a las actitudes, prácticas y valoraciones de la CTI, hay una alta valoración de la ciencia (75%) y una baja comprensión de la misma (Ocyt, 2014). Adicionalmente, que la sociedad colombiana no muestra un

³⁰ Resultados similares fueron encontrados en un mapeo de iniciativas de Apropiación Social del Conocimiento desarrollado en 2012 (Pérez-Bustos et al., 2012, p. 135).

interés en la ciencia y sus políticas, debido a que hay una baja asistencia a espacios y actividades de comunicación de la ciencia: 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 Ciencia.

Lo anterior sumado a que Colombia no cuenta con una ley nacional de ciencia, tecnología e innovación que incluya temas de cultura científica y comunicación pública de la CTI. De acuerdo con el documento Políticas públicas e instrumentos para el desarrollo de la cultura científica en América Latina (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 (ONCYTs).

Finalmente, esta falta de delimitación resulta en insuficientes estrategias y acciones en materia de comunicación pública que deriven en estrategias de alcance nacional y que comprendan de forma transversal actividades que apoyen y apalanquen todos los componentes clave de una cultura científica que soporte el desarrollo de la CTI de una nación.

4.4.3. Débil reconocimiento y aprovechamiento de los conocimientos ancestrales y tradicionales

Escasa articulación de conocimientos ancestrales y el conocimiento científico-tecnológico. La búsqueda de soluciones a los problemas más urgentes del país precisa del diálogo entre el conocimiento científico y otros tipos de conocimientos y saberes (Misión de sabios, 2019, p. 57). Sin embargo, Colombia presenta una articulación débil entre actores institucionales, comunidades étnicas y locales, lo que dificulta la toma de decisiones y se hacen necesarias acciones claras y precisas de políticas nacionales para aprovechar los conocimientos ancestrales (Jimenez-Cardenas & Soler-Tovar, 2017).

Bajo desarrollo de procesos de investigación, innovación, recuperación y fortalecimiento de los conocimientos tradicionales y saberes ancestrales. Un factor que influye en el bajo desarrollo de estudios académicos sobre conocimientos ancestrales es la escasa información estadística de los grupos étnicos a nivel nacional (DANE, 2020). Desde la década de 1990 se han desarrollado 12 censos de población, en dos (2) se indagó por la población gitana, en cuatro (4) por la población negra, afrocolombiana, raizal y palenquera (NARP) y en 10 por la población indígena (DANE, 2020). Además, cabe señalar que en los componentes y elementos constitutivos del Plan de Salvaguarda de los pueblos indígenas se incluye de forma incipiente a las actividades de CTI (Corte Constitucional, 2009). Un ejemplo del bajo desarrollo de procesos investigativos de los conocimientos ancestrales y tradicionales

es que hay lenguas de grupos étnicos aisladas, independientes y/o no clasificadas (MinCultura, 2013).

Limitado acceso de las comunidades étnicas al conocimiento científico-tecnológico. El acceso a internet es fundamental para el desarrollo del conocimiento ya que permite su producción, distribución y uso (Castells, 2013). Sin embargo, la cobertura de internet en hogares de jefatura indígena (6,4%) y en hogares de jefatura de población NARP (26,9%) es baja frente al total nacional de 43,4% (DANE, 2019; DANE, 2019). Respecto a la población indígena, el 80% viven en centros poblados y área rural dispersa lo cual es una limitante para acceder al conocimiento científico-tecnológico a través de las TIC (DANE, 2019). Por otro lado, la cobertura en hogares de jefatura gitana es 49,3% lo cual es apenas superior al promedio nacional (DANE, 2019). Los grupos étnicos tienen escasos beneficios para acceder a programas de educación superior, limitando su acceso al conocimiento científico-tecnológico, ya que, de 112 universidades en Colombia 53, ofrecen algún tipo de beneficio para población NARP (LanguageCourse, 2020; MinInterior, 2018).

4.5. Débil gobernanza multinivel del SNCTI

4.5.1. Débil articulación institucional y marco regulatorio

Las entidades públicas del orden nacional tienen baja especialización en roles y funciones respecto a la 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 (Banco Mundial, 2015), así como por la falta de claridad en el rol de las entidades públicas en materia de innovación y emprendimiento (Tarana, 2018, pág. 45). En un ejercicio reciente, DNP & Presidencia (2019) mapearon 221 instrumentos con objetivos de política en CTI en 20 entidades públicas del orden nacional, encontrando baja segmentación de usuarios, falta de visión de conjunto y atomización del gasto. Por otra parte, se ha identificado una limitada coordinación de políticas entre las entidades del orden nacional y las acciones de los actores a nivel territorial (OCDE, 2013).

Existe una limitada articulación entre el SNCTI y otros arreglos institucionales relacionados con CTI. De acuerdo con el CPC (2019, pág. 359), el arreglo institucional en CTI presenta confusiones entre los niveles estratégicos, de diseño de política y de ejecución de instrumentos, que se incrementan por los cambios asociados al ciclo político. En complemento, la Misión de Sabios (2019, pág. 58) señala como un elemento imprescindible para un gobierno eficaz del SNCTI el definir vínculos claros con otros sistemas de investigación e innovación. Esto requiere establecer mecanismos de articulación entre el SNCTI y el Sistema Nacional de Competitividad e Innovación (SNCI), el Sistema Nacional Ambiental (SINA), las instancias en materia de educación y formación, entre otros.

El arreglo institucional en CTI tiene multiplicidad de prioridades estratégicas que habilitan la dispersión de esfuerzos. A nivel nacional el SNCTI cuenta con 13 Consejos Nacionales de Programas en CTI³¹ que no necesariamente coinciden con otros ejercicios de priorización a nivel nacional, por ejemplo los 8 focos estratégicos de la Misión de Sabios (2019) o las apuestas en otras carteras, o con lineamientos metodológicos como las áreas de conocimiento de la OCDE (2015). Este escenario contribuye a las principales restricciones operacionales para el desarrollo de la CTI, que según la Misión de Sabios (2019, pág. 59) corresponden a la ausencia de expectativas conjuntas, la falta de espacios de diálogo estructurado, la atomización de asignaciones y el gasto desenfocado.

Además, el marco regulatorio requiere facilitar el desarrollo de ACTI, adaptarse a tendencias internacionales y anticipar escenarios futuros de cambio tecnológico. La Misión de Sabios (2019, pág. 172) hace un llamado a introducir un enfoque flexible en la regulación, que facilite la adopción tecnológica y permita la experimentación, por ejemplo, alrededor de soluciones energéticas. Muestra de lo anterior se encuentra en Fedesarrollo (2014, págs. 80-82), que 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. En complemento, enfoques internacionales como el de “anticipatory regulation”, identifica que la regulación puede ser una barrera o detonante para el aprovechamiento de las oportunidades de la cuarta revolución industrial (Nesta, 2019).

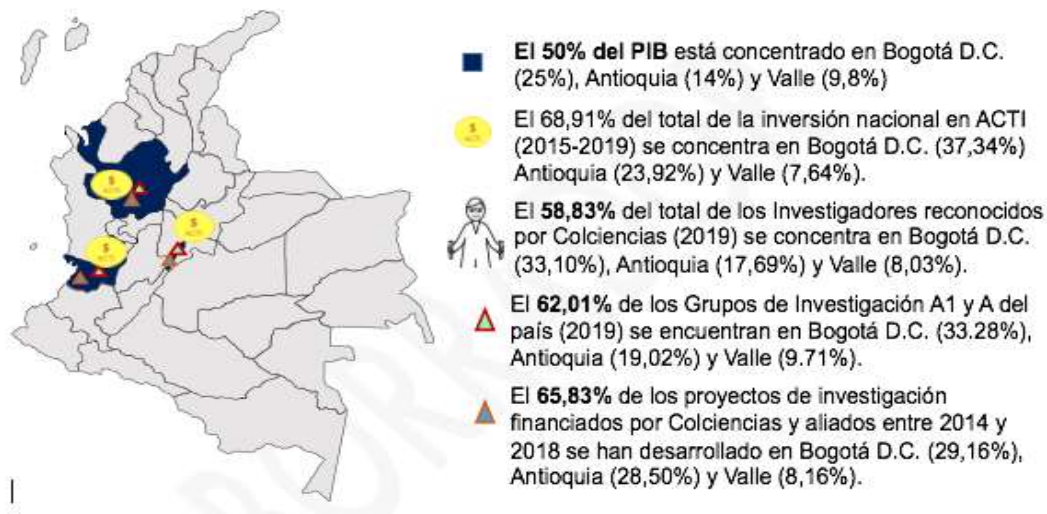
4.5.2. Bajas capacidades regionales en CTI

El país presenta grandes brechas en CTI entre los territorios, tanto en capacidades como en resultados. Según (OCDE, 2019), mientras la heterogeneidad en la productividad entre regiones es normal, una disparidad excesivamente alta reduce el potencial de productividad agregado de la economía. Indicadores de capacidades en CTI muestran que más de la mitad de los grupos de investigación y de los investigadores se ubican en Bogotá, Antioquia y Valle³². Algo similar ocurre con los centros de investigación y de desarrollo reconocidos por Colciencias (2016) que se ubican principalmente en Bogotá, Antioquia, Valle del Cauca y Santander. Esto se resume en el Gráfico 10.

³¹ De acuerdo con el Decreto 2610 de 2010 y la Resolución 068 de 2015 de Colciencias.

³² Fuente: Plataforma ScienTI, Colombia. Convocatoria 833-2019. MinCiencias.

Gráfico 10. Centralización de las capacidades para investigación.



Fuente: MinCiencias, Oficina Asesora de Planeación e Innovación Institucional.

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), 23 de 31 departamentos (74%) tienen un nivel de desempeño medio, medio bajo o bajo en sus capacidades y condiciones para el desarrollo de actividades de CTI (DNP, 2020). 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 Sistema General de Regalías (SGR), solo el 3,7% (13 proyectos) tenían un alcance regional al involucrar recursos de más de un departamento³³.

La definición de apuestas en CTI a nivel nacional y entre regiones carece de alineación alrededor de esfuerzos comunes. En complemento a lo mencionado en el párrafo anterior, los 33 Planes y Acuerdos Estratégicos Departamentales (PAED) de CTI contienen un total de 208 focos temáticos para priorizar las inversiones a nivel territorial en la materia³⁴. En algunos escenarios, las apuestas de los PAED pueden no coincidir con otros instrumentos de planeación vigentes relacionados con competitividad e innovación, como los planes territoriales de desarrollo o las agendas departamentales de competitividad e innovación, entre otros (DNP, 2019). De acuerdo con el Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2018-2022,

³³ Dato elaborado por el DNP a partir de información de la Secretaría Técnica del Órgano Colegiado del Fondo de CTI del SGR, disponible en el enlace:

https://MinCiencias.gov.co/sites/default/files/upload/reportes/proyectos_aprobados_03_04_2020.xlsx

³⁴ Información consolidada por DNP a partir de los PAED publicados en el enlace:

<https://MinCiencias.gov.co/gestion-territorial/paed-suscritos-y-actualizados>

esta multiplicidad de agendas genera dificultades para la consistencia y orientación estratégica del SNCTI (DNP, 2019).

A nivel territorial se tiene baja articulación entre las instancias institucionales competentes en temas relacionados con CTI. Según la Universidad de los Andes (2020), la división de responsabilidades y funciones entre las instancias de CTI y de competitividad no siempre es clara, situación que se refuerza por la heterogeneidad en capacidades entre territorios. Adicionalmente, desde MinCiencias se ha identificado que los Consejos Departamentales de Ciencia, Tecnología e Innovación (CODECTI) exhiben problemáticas relacionadas con baja diversidad de actores y débil vinculación con dinámicas de nivel municipal.

4.5.3. 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 – 2018³⁵. En complemento y según datos de la plataforma ScienTI, sólo 699 de los investigadores reconocidos (8,4%) 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 falta de formalización de la diáspora científica o la necesidad de gestionar la diplomacia científica, entre otros (Misión de Sabios, 2019, págs. 118-119).

Adicionalmente, la CTI no ha sido priorizada dentro de las relaciones de cooperación internacional del país. En cuanto a demanda de cooperación, CTI se ubicó en el último lugar en apalancamiento de recursos con tan solo el 0,14% de los recursos movilizados en 2019 (APC, 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 (APC, 2019).

Las interacciones entre actores del SNCTI y contrapartes internacionales requiere mayor formalización. Según MinCiencias (2017), 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 con las prioridades definidas desde la política de CTI. Esta ausencia de lineamientos ha generado descoordinación entre los diversos actores del sistema,

³⁵ Elaboración propia del DNP a partir de datos del OCYT (2019).

de manera que los esfuerzos y recursos existentes para adelantar proyectos transnacionales de I+D+i podrían asignarse de manera más eficiente MinCiencias (2017).

4.5.4. Insuficiente información estratégica para la toma de decisiones

El país no cuenta con un arreglo institucional para el uso de evidencias científicas en asuntos de políticas públicas. La emergencia generada por el COVID-19 puso de manifiesto la importancia de la toma de decisiones a partir del asesoramiento de la comunidad científica. Mientras países como Francia o Inglaterra cuentan con oficina parlamentarias para la evaluación de opciones científicas y tecnológicas, en Colombia el asesoramiento científico es limitado (INGSA, 2019). De acuerdo con la Misión de Sabios (2019), en el país no se cuenta formal ni permanente con asesoría científica para el primer nivel del ejecutivo (Presidente) ni para los asuntos legislativos (Congreso).

Insuficiente uso de 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), actualmente no se cuenta con un proceso formal ni sistemático para generar y usar evidencia prospectiva a nivel nacional. Esto contrasta con buenas prácticas de países referentes en innovación, por ejemplo, Finlandia cuenta con SITRA, entidad financiada con recursos públicos y responsable de proporcionar evidencia sobre el futuro a los niveles ejecutivo y legislativo para la toma de decisiones que promuevan el desarrollo económico (SITRA, 2020).

Los sistemas de información en CTI no están interconectados y tienen limitaciones en su arquitectura. El país cuenta con sistemas de información en CTI que funcionan aislados, por ejemplo, para el registro de propuestas de inversión se tienen la Plataforma SIGP de MinCiencias y la MGA Web del DNP. Además, cada entidad pública del orden nacional del SNCTI tiene su propio sistema de información, a pesar del lineamiento del Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2018-2022 de centralizar la oferta en el portal innovamos.gov.co (DNP, 2019, pág. 540). Plataformas como ScienTI de MinCiencias presentan oportunidades de mejora en su arquitectura de información, que faciliten el acceso y uso para los usuarios. Por último, la Red Colombiana de Información Científica (RedCol)³⁶ requiere incrementar la articulación con actores del SNCTI para la adopción y aplicación de estándares internacionales de interoperabilidad que faciliten la gestión, recuperación, y difusión de la producción científica nacional y su inclusión en redes y sistemas de información internacionales.

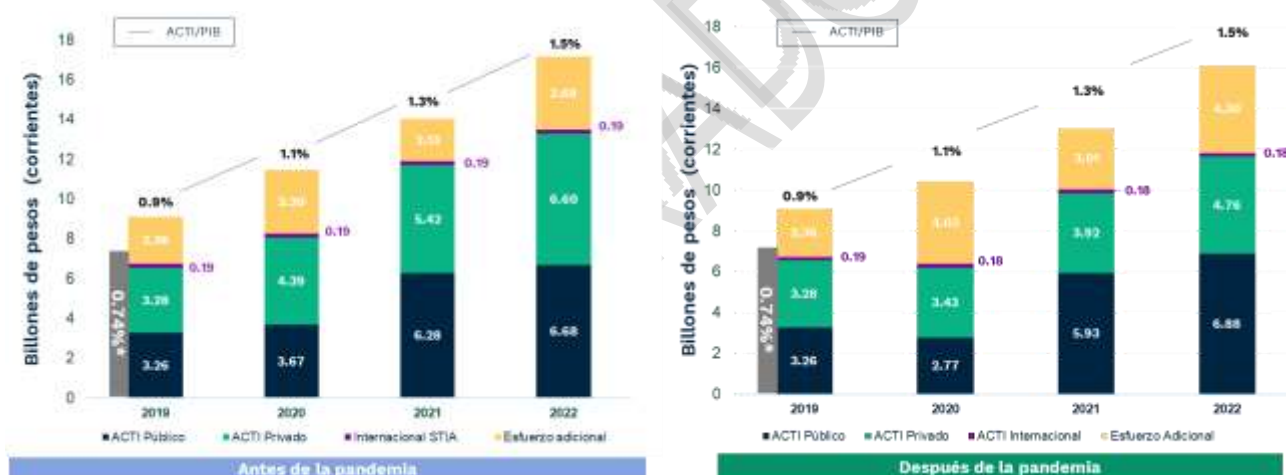
³⁶ Resolución 166 del 20 de febrero de 2019. Disponible en: <http://redcol.colciencias.gov.co/vufind/>

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

4.6.1. Bajo nivel de financiación de la CTI y alrededor de misiones

Colombia se encuentra rezagada respecto a la inversión en Actividades de Ciencia, Tecnología e Innovación (ACTI). En el año 2017, Colombia invirtió el 0,68% en ACTI y el 0,26% en actividades de I+D como porcentaje del Producto Interno Bruto (PIB) (OCyT, 2020). Esta situación ubica al país por debajo del promedio de inversión en I+D de Latinoamérica y el Caribe (LAC) (0,35%) y de los países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) (2,36%) (OCDE, 2020; RICYT, 2020). Adicionalmente, la actual pandemia del COVID19 impactará negativamente la inversión en ACTI, tal como se muestra en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..** Para cumplir la meta de inversión del 1,5% ACTI/PIB en 2022 establecida en el PND 2018-2022, se deberá realizar un esfuerzo adicional de 4,08 billones de pesos aproximadamente.

Gráfico 11. Proyecciones inversión ACTI, 2019-2022



Fuente: Elaboración propia DNP³⁷.

Los mercados financieros para el desarrollo de ACTI están desbalanceados o en un estado incipiente. En 2019 el país contó con desbalance en la oferta de recursos entre los diferentes niveles de madurez de proyectos de CTI. Mientras las etapas de 'investigación y viabilidad' y 'escalamiento y maduración' contaron con 9 y 8 billones de pesos respectivamente, las etapas de 'desarrollo y crecimiento' solo contaron con 1,2 billones de pesos (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

³⁷ Estimaciones DNP con proyecciones de crecimiento del Marco de Fiscal de Mediano Plazo 2020.

escala (Colciencias, 2018), que se complementa por el hecho de que menos del 23% de las empresas innovadoras usan este tipo de financiación para apalancar sus inversiones en la materia³⁸.

La oferta pública de instrumentos para CTI tiene baja diversificación y no está orientada por misión. Banco Mundial (2015, pág. 13) encontró que el 77% de los instrumentos en CTI del Gobierno nacional correspondían a subsidios, mientras que mecanismos de intervención como vouchers o compras públicas de innovación eran ausentes. Además, DNP & Presidencia (2019) encontraron que el 50% de los recursos de la oferta de instrumentos en competitividad e innovación se destina a la provisión de intervenciones de mercado sectoriales (subsidios), a pesar de que se debe privilegiar la provisión de bienes públicos (DNP, 2016). Finalmente, los recursos para CTI necesitan estar orientados a la solución de los 3 retos y las 5 misiones definidas por la Misión de Sabios (2019).

4.6.2. Baja eficiencia y eficacia de los instrumentos de financiación

Existe una baja eficiencia en la funcionalidad de la oferta de instrumentos del Gobierno Nacional orientados a objetivos de política en CTI. En un análisis reciente, 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 3 o más tipos de usuarios objetivo.

La eficacia de la oferta de instrumentos en CTI tiene oportunidades de mejora³⁹. La implementación de la metodología "ArCo"⁴⁰ permitió evaluar el diseño, la implementación y la gobernanza de los instrumentos de acuerdo con buenas prácticas internacionales⁴¹. Aunque la oferta en CTI presentó una puntuación promedio por encima de 4 puntos (sobre

³⁸ Cálculos desarrollados por el DNP a partir de la Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica (EDIT).

³⁹ 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.

⁴⁰ 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. Información disponible en:

<https://www.dnp.gov.co/programas/desarrollo-empresarial/Competitividad/Paginas/Metodologia-de-Articulacion-ArCo.aspx>

⁴¹ El autodiagnóstico fue respondido por cada gestor de instrumento a partir del "Test de Funcionalidad" disponible en el enlace:

<https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Desarrollo%20Empresarial/Anexo%203.%20Test%20de%20Funcionalidad.xlsx>

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, MinCiencias puede mejorar en la regionalización de su oferta (2,28), Agrosavia en el monitoreo y evaluación (2,75) o Bancoldex en su relacionamiento con el resto de oferta (3), entre otros (DNP, 2020).

A nivel territorial también se puede mejorar la efectividad de las inversiones en CTI. En el marco de Análisis de Gasto Público al uso de los 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 tuvo como hallazgos la ausencia de una visión de conjunto en las inversiones de cada departamento y un bajo nivel de apalancamiento de contrapartidas, especialmente en efectivo (Banco Mundial, 2018). En complemento y tras evaluar 51 proyectos financiados por el Fondo de CTI del SGR, el DNP (2018) encontró que únicamente el 12% de los proyectos tuvieron un impacto regional (efectos sobre más de un departamento) y que solo el 60% de los proyectos fueron planeados adecuadamente.

4.6.3. Escaso nivel de monitoreo y evaluación de la CTI

El país tiene una institucionalidad restringida en materia de monitoreo y evaluación a las intervenciones de política pública en CTI. Aunque para el Fondo de CTI del SGR se cuenta con el Sistema de Monitoreo, Seguimiento, Control y Evaluación (SMSCE), 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 para el monitoreo y evaluación de los programas de intervención. 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).

Además, los sistemas de monitoreo y evaluación existentes para CTI presentan limitaciones en su funcionalidad. Según Banco Mundial (2018), no hay estandarización entre los sistemas de monitoreo y evaluación, y la información disponible es de calidad heterogénea o subutilizada. Así mismo, el 31,5% de los instrumentos por convocatoria que se utilizan desde el Gobierno Nacional no implementan un sistema de monitoreo y seguimiento, o el que ejecutan es deficiente (Banco Mundial, 2015). Para 2020, el 24% de los instrumentos de la oferta nacional en CTI reportaron un puntaje igual o inferior a 3 en la dimensión de monitoreo y evaluación dentro del diagnóstico de la metodología ArCo (DNP, 2020).

El Gobierno nacional tiene limitaciones en la gestión de aprendizajes para la oferta de instrumentos en CTI. De acuerdo con el PND, el sector público enfrenta desafíos para impulsar la innovación, siendo uno de ellos la falta de uso de aprendizajes acumulados. 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. 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 ciencia, la tecnología y la innovación al desarrollo social, económico, ambiental y sostenible del país, con un enfoque incluyente y diferencial.

5.2. Objetivos específicos

OE1. Fomentar las vocaciones, la formación y el empleo cualificado en la sociedad colombiana.

- E1.1. Incrementar las vocaciones científicas en la población infantil y juvenil del país.
- E1.2. Aumentar el capital humano en I+D+i y con formación de alto nivel.
- E1.3. Incrementar la inserción de capital humano en I+D+i y con formación de alto nivel en el mercado laboral.

OE2. Desarrollar un entorno habilitante para la generación de conocimiento

- E2.1. Incrementar la capacidad de generación de conocimiento científico.
- E2.2. Mejorar la infraestructura científica y tecnológica.
- E2.3. Incrementar las capacidades de las IGC y las entidades de soporte.

OE3. Aumentar el uso del conocimiento en el país.

- E3.1. Mejorar las capacidades y condiciones para innovar y emprender.
- E3.2. Aumentar la transferencia de conocimiento y tecnología hacia el sector productivo
- E3.3. Mejorar las condiciones para favorecer el desarrollo de industrias 4.0

OE4. Incrementar la valoración y apropiación social del conocimiento.

- E4.1. Consolidar procesos de inclusión, impacto y cultura de CTI.
- E4.2. Mejorar la comunicación pública del quehacer científico y de la CTI.
- E4.3. Aumentar el reconocimiento y aprovechamiento de las ventajas comparativas y colaborativas de los conocimientos ancestrales y tradicionales.

OE5. Mejorar la gobernanza multinivel del SNCTI.

- E5.1. Mejorar la articulación institucional y el marco regulatorio para la CTI.
- E5.2. Fortalecer las capacidades regionales en CTI
- E5.3. Aumentar la cooperación a nivel internacional.
- E5.4. Aumentar la capacidad de inteligencia e información estratégica en CTI.

OE6. Incrementar el volumen, la eficiencia y la evaluación de la financiación de la CTI.

- E6.1. Incrementar y estabilizar la financiación de la CTI y alrededor de misiones.
- E6.2. Mejorar la eficiencia y eficacia de los instrumentos de financiación
- E6.3. Fortalecer el monitoreo y evaluación de la CTI.

5.3. Plan de acción

Esta sección presenta las acciones de política pública más estratégicas con las que el Gobierno Nacional podrá Incrementar la contribución de la ciencia, la tecnología y la innovación al desarrollo social, económico, ambiental y sostenible del país. Dichas acciones se corresponden con los objetivos de política planteados en la sección inmediatamente anterior. Así mismo, el detalle de los recursos asignados a estas acciones, sus responsables y los indicadores de gestión y producto asociados se encuentran en el **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

5.3.1. Fomentar las vocaciones, la formación y el empleo cualificado en la sociedad colombiana

E1.1. Incrementar las vocaciones científicas en la población infantil y juvenil del país

Primero, el Gobierno Nacional, bajo el liderazgo del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación y del Ministerio de Educación Nacional, implementarán un programa nacional de educación científico-tecnológica en población infantil en el marco de la estrategia de innovación educativa, que contribuya al incremento de los puntajes

nacionales en las pruebas Pisa en las áreas de ciencias y matemáticas y al aumento de la cobertura de los programas para el fomento de las vocaciones de CTI.

Segundo, el Gobierno Nacional, bajo el liderazgo del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación y del Ministerio de Educación Nacional, implementarán un programa nacional de educación científico-tecnológica en población juvenil en el marco de la estrategia de innovación educativa, que contribuya al reconocimiento e institucionalización de los semilleros de investigación como estrategia nacional y al incremento del porcentaje de matriculados en programas de pregrado en áreas STEM respecto a las demás.

Tercero, el Gobierno Nacional, bajo el liderazgo del SENA y del Ministerio de Educación Nacional y con el apoyo del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, implementarán una estrategia de orientación socio-ocupacional en educación técnica y profesional en áreas STEM.

E1.2. Aumentar el capital humano en I+D+i y con formación de alto nivel

Primero, el Gobierno Nacional, bajo el liderazgo del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, y el apoyo del Ministerio de Educación Nacional y del DNP, diseñarán e implementarán una herramienta para la caracterización de la oferta y la identificación de necesidades de formación de alto nivel. Esta herramienta deberá analizar y definir las necesidades a partir de las apuestas de largo plazo y áreas prioritarias definidas por el Gobierno Nacional, articulando las apuestas regionales con las nacionales y determinando las áreas de investigación y mecanismos de inserción en el mercado laboral al SNCTI.

Segundo, el Gobierno Nacional, bajo el liderazgo del Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, y el apoyo del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, diseñarán e implementarán un programa de formación de capital humano en I+D+i en áreas y tecnologías asociadas con la cuarta revolución industrial incluyendo programas de formación intensivos como bootcamps, certificaciones, entre otros.

Tercero, el Gobierno Nacional, bajo el liderazgo del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación desarrollará y adoptará una hoja de ruta para la conformación de una comunidad científica colombiana y la institucionalización de la carrera de investigador en el país, en asocio con el sector productivo, el Estado y la academia.

E1.3. Aumentar la inserción de capital humano en I+D+i y con formación de alto nivel en el mercado laboral

Primero, el Gobierno Nacional, bajo el liderazgo del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación y con el apoyo del Ministerio de Comercio Industria y Turismo, continuarán implementando un programa para la vinculación de doctores en las entidades del SNCTI y del SNCI. Este programa contemplará incentivos como el otorgamiento de un puntaje adicional a propuestas que se postulen a las convocatorias y que garanticen la formación y/o vinculación de doctores y la priorización en la asignación del cupo de beneficios tributarios en CTI a proyectos que hayan garantizado la vinculación de doctores. Este programa deberá contemplar incentivos adicionales de acuerdo si los proyectos contribuyen al cierre de brechas territoriales.

Segundo, el Gobierno Nacional, bajo el liderazgo del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, con el apoyo del Ministerio de Comercio Industria y Turismo y el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, implementarán una estrategia nacional de fomento a la vinculación de capital humano en I+D+i en áreas y tecnologías de la cuarta revolución industrial que incluyan la sensibilización y divulgación de los incentivos disponibles para este propósito.

Tercero, el Gobierno Nacional, bajo el liderazgo del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación y con el apoyo del Ministerio de Comercio Industria y Turismo y del SENA, articularán los programas de jóvenes investigadores e innovadores y contratos de aprendizaje para habilitar que estudiantes de formación técnica, tecnológica, profesional y de posgrado puedan acceder a empresas para resolver sus retos y necesidades, obtener experiencia profesional y transferir conocimiento al sector productivo a través de pasantías y trabajos de grado.

5.3.2. Desarrollar un entorno habilitante para mejorar la calidad y la pertinencia del conocimiento científico y tecnológico

E2.1. Incrementar la capacidad de generación de conocimiento científico y tecnológico

Primero, el Gobierno Nacional, bajo el liderazgo del Ministerio de Educación Nacional y con el apoyo del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación y del DNP, implementará las modificaciones necesarias al decreto 1279 de 2002 para garantizar una estructura simétrica de incentivos al fomento de los 3 ejes fundamentales de la universidad consignados en la Ley 30 de 1992 e incrementar la calidad, impacto y productividad de la producción científica a nivel nacional. Esta acción deberá estar sustentada en un análisis histórico y prospectivo de la carga fiscal de la actual estructura de incentivos sobre las universidades públicas del país.

Segundo, el Gobierno Nacional, bajo el liderazgo del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación y el apoyo de las instancias del SNCTI diseñará e implementará la política de Ciencia Abierta para Colombia, buscando generar para 2030, las condiciones habilitantes necesarias para la adopción de la ciencia abierta en el país mediante mecanismos de financiación e incentivos y la articulación del régimen de propiedad intelectual del país y de los actores del SNCTI con los principios y componentes de la ciencia abierta. El plan de implementación de la política de Ciencia Abierta debe contener hitos anuales que evidencien los avances para el logro de las metas a 2030. Adicionalmente, MinCiencias diseñará un esquema de deducciones tributarias para las IGC que implementen la apertura completa de sus bases de datos y publicaciones académicas, tal como está consignado en las bases del PND 2018-2022.

Tercero, el Gobierno Nacional, bajo el liderazgo del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación y el apoyo del Ministerio de Educación Nacional, el Ministerio de Salud y el Ministerio de TIC desarrollarán el tema de Ética en la CTI 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 e integridad científica por parte de los diversos actores del SNCTI, y, iii) la definición de necesidades de formación en temas de Ética de la investigación, bioética e integridad científica.

E2.2. Mejorar la infraestructura científica y tecnológica

Primero, el Gobierno Nacional, bajo el liderazgo del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación y el apoyo del INM y la ONAC, desarrollará un sistema de información con el inventario de equipos robustos e infraestructura para la CTI. Este sistema de información deberá basarse en un estudio de la infraestructura para CTI del país que permita inventariar los equipos robustos, establecer su riesgo de obsolescencia y determinar las necesidades en este aspecto a nivel nacional. Este estudio deberá articularse con el programa en curso del INM que tiene como objetivo “identificar y suplir las principales necesidades de ensayos y mediciones, con el fin de desarrollar la oferta de infraestructura y las capacidades técnicas que requiere el país” de acuerdo con la línea de acción 8 del CONPES 3866.

Segundo, el Gobierno Nacional, bajo el liderazgo del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación y el apoyo de MinCIT diseñará e implementará un programa de mejora y especialización para la infraestructura para la investigación a nivel nacional. Este plan debe fomentar sistemas de infraestructura y equipamiento compartido desde la demanda, planear la adquisición de infraestructura y equipamiento, definir los respectivos lineamientos de

mantenimiento y capacitación y promover acuerdos con los gobiernos regionales acordes con sus estrategias productivas.

Tercero, el Gobierno Nacional, bajo el liderazgo del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo y el Departamento Nacional de Planeación diseñarán e implementarán un programa piloto para impulsar el mecanismo de APP para infraestructura tecnológica de CTI. El diseño de este programa piloto se realizará a partir de un diagnóstico de experiencias nacionales e internacionales en este aspecto y de los focos estratégicos de la misión de sabios.

E2.3. Incrementar las capacidades de las IGC y de las entidades de soporte

Primero, el Gobierno Nacional, bajo el liderazgo de MinCiencias, desarrollará un programa para fortalecer las capacidades misionales de las instituciones generadoras de conocimiento. Este programa desarrollará instrumentos de política para impulsar la extensión y el emprendimiento en las universidades. Se elaborará un estudio integral y una revisión de los institutos o centros de investigación enfocándose en la pertinencia y coherencia de sus funciones, en la identificación de oportunidades para satisfacer las necesidades económicas y sociales del país y en el fomento de servicios de extensión industrial. Esta revisión servirá como insumo para el desarrollo de una política que fortalezca, consolide y garantice la sostenibilidad de los institutos, centros autónomos de investigación y centros de desarrollo tecnológico e innovación reconocidos por MinCiencias. Igualmente, este estudio funcionará como una línea base para que MinCiencias diseñe, desarrolle y divulgue un sistema de medición de desempeño y visibilidad de estos institutos.

Segundo, el Gobierno Nacional, bajo el liderazgo de MinCiencias y MinCIT, implementará un programa para desarrollar entidades de soporte y fortalecer las existentes. Específicamente, este programa desarrollará un proyecto de oficinas de transferencia e incubadoras de empresas de base tecnológica que operen en los focos propuestos por la misión de sabios. Este proyecto incluirá un estudio de factibilidad para establecer las condiciones del ecosistema de emprendimiento de Base Tecnológica, el mercado objetivo y la dirección estratégica. Igualmente, este proyecto gestionará los compromisos financieros requeridos para que garantizar la operación de este programa en el mediano y largo plazo.

Tercero, el Gobierno Nacional, bajo el liderazgo del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación y del Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, y el apoyo del SENA, realizará un programa de bonos de innovación en torno a las misiones y focos estratégicos de la misión de sabios y así favorecerá la generación de conocimiento desde la demanda en los proveedores de conocimiento. Este programa deberá diseñar estrategias para garantizar la continuidad de las colaboraciones, la diversidad de proveedores y el fortalecimiento de las capacidades territoriales.

5.3.3. Aumentar el uso del conocimiento en el país.

E3.1. Mejorar las capacidades y condiciones para innovar y emprender

Primero, el Gobierno Nacional, bajo el liderazgo de MinCiencias y con apoyo de MinCIT, desarrollará un programa de iniciación y consolidación de la innovación en las empresas a partir de su sofisticación y productividad que consolide toda la oferta del Gobierno Nacional. Este programa contará con dos beneficiarios: empresas no innovadoras y empresas innovadoras o con potencial de serlo. Para el primer segmento este programa se deberá enfocar en el desarrollo de capacidades en gestión y cultura de innovación en las empresas. Para el segundo, se deberá enfocar en identificar y explotar oportunidades de diversificación, en diseñar instrumentos de apoyo a la innovación en empresas basados en la demanda.

Segundo, el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación y el Departamento Nacional de Planeación (DNP), con el apoyo del Departamento de Prosperidad Social (DPS) desarrollaran y consolidaran la innovación social como un componente explícito del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación y el Sistema Nacional de Competitividad e Innovación. Este componente podrá incluir la identificación de programas de innovación social y proyectos que se incorporan en los diversos planes sectoriales, y examinar el equilibrio relativo entre las iniciativas bottom-up (ascendentes) y top-down (descendentes).

E3.2. Aumentar la transferencia de conocimiento y tecnología hacia el sector productivo

Primero, el Gobierno Nacional, bajo el liderazgo de MinCiencias, desarrollará una estrategia para fortalecer la relación Universidad-Empresa a partir del uso de incentivos a la innovación. Este programa promoverá la conformación de alianzas para el desarrollo de proyectos conjuntos en torno a áreas estratégicas para el país.

Segundo, el Gobierno Nacional, bajo el liderazgo de MinCiencias, el MinCIT y el Ministerio de Ambiente, desarrollará un programa nacional para el alistamiento, el escalamiento y la aceleración de tecnologías verdes que mejoren la productividad empresarial de manera sostenible y que contribuyan a la sofisticación y diversificación del aparato productivo.

Tercero, el Gobierno Nacional, bajo el liderazgo de MinCiencias y MinCIT, desarrollará un programa nacional de asistencia técnica y transferencia de conocimiento y

tecnología orientado a micro, pequeñas y medianas empresas, y laboratorios públicos según sus perfiles de uso de tecnología y nivel de intensidad en I+D.

E3.3. Mejorar las condiciones para favorecer el desarrollo de industrias 4.0

Primero, el Gobierno Nacional, bajo el liderazgo de MinTIC y el apoyo del DNP, realizará un estudio prospectivo acerca de las industrias 4.0 en el país y a nivel internacional. Este estudio incluirá la identificación de tecnologías emergentes, capacidades y de los sectores industriales que presentan mejores ventajas comparativas respecto a estas industrias, particularmente en términos de aprovechamiento de tecnologías y competitividad en mercados internacionales. Igualmente, este estudio priorizará las tecnologías de las Industrias 4.0 de acuerdo con dichos sectores.

Segundo, el Gobierno Nacional, bajo el liderazgo MinCIT y el apoyo del DNP, realizará un programa piloto de incentivos crediticios y garantías para las Pymes en cuanto a la importación, compra y uso de nuevas tecnologías y al desarrollo, adopción y adaptación de tecnologías de las industrias 4.0.

Tercero, el Gobierno Nacional, bajo el liderazgo de MinTIC y el apoyo del DNP, realizarán un estudio que permita la identificación de brechas de capital humano entorno a las competencias para las industrias 4.0.

Cuarto, el Gobierno Nacional, bajo el liderazgo de MinTIC y MinCiencias, y el apoyo del DNP, crearán una instancia entre Estado y sector privado en torno a la Industria 4.0. Esta instancia será coordinada por el DNP y estará conformado inicialmente por MinCiencias, MinTIC, MinCIT, DIAN, SENA, C4RI, DANE y MinTrabajo. Este Consejo será responsable de estructurar un mecanismo para convocar a representantes del sector privado, priorizando aquellos con una ventaja comparativa en la adopción de tecnologías 4.0 o con experiencia en la adopción de estas. El consejo también podrá convocar otras entidades públicas que considere pertinentes, incluyendo representantes de gobiernos locales y regionales, así como representantes de las cámaras de comercio del país.

Quinto, el Gobierno Nacional, bajo el liderazgo del DANE y MinCiencias, diseñará e implementará una encuesta anual del uso y producción de tecnologías en el sector empresarial. Esta estrategia permitirá establecer la línea base de adopción de Industria 4.0 en el país, y facilitará la formulación y ejecución de programas de fomento a la Industria 4.0.

Sexto, MinTIC creará un inventario de los activos de infraestructura de Internet disponibles en el país. Esta medición contribuirá en el diseño de instrumentos que permitan habilitar las conexiones de estaciones base a través de cables de fibra óptica y mejora la co-usabilidad de las infraestructuras portadoras pasivas para las células 5G. Así mismo, será

insumo para la creación de una política que promueva el uso compartido de redes de los diferentes operadores de telecomunicaciones a nivel nacional.

5.3.4. Incrementar la valoración y apropiación social del conocimiento

E4.1. Consolidar procesos de inclusión, impacto y cultura de CTI

Primero, el Gobierno Nacional, bajo el liderazgo del MinCiencias desarrollará y consolidará la estrategia de promoción de una mentalidad y cultura favorables a la productividad, la innovación y el emprendimiento. Esta estrategia apoyará la sensibilización empresarial y el acercamiento a la ciencia en el país, por medio de capacitaciones y programas que muestren las ventajas y la importancia de la innovación dentro de una empresa.

Segundo, el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación y el Ministerio de Educación Nacional, generarán lineamientos técnicos y estratégicos para un programa que incentive el enfoque de apropiación en la investigación y la creación de programas y unidades de apropiación social de la CTI al interior de las universidades y actores reconocidos del SNCTI.

Tercero, el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, con el apoyo del Departamento de Prosperidad Social (DPS), desarrollará programas de apropiación social del conocimiento mediante enfoque participativo de cocreación, con el fin de impulsar capacidades científicas en las comunidades y apoyar iniciativas ciudadanas para el fomento de la CTI con enfoque transformativo.

Cuarto, el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, con el apoyo del Departamento Nacional de Planeación (DNP) implementarán un programa piloto de apropiación social de la CTI en instancias legislativas o de la administración pública a nivel nacional, regional y local.

Quinto, el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación y Ministerio de Cultura, con el apoyo del Departamento de Prosperidad Social (DPS) promoverán la creación de museos interactivos y otros centros de ciencia que permitan acercar a niños, jóvenes y la población en general a la ciencia y la tecnología con el fin de impulsar la apropiación del conocimiento.

Sexto, el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación y con el apoyo de MinCultura, generará mediante la Red Colombiana de Información Científica (RedCol) capacidades en gestión y recuperación de la producción científica entre los actores del SNCTI con el fin de que garantizar la difusión, circulación y apropiación social del conocimiento científico que impacte tanto a la comunidad científica como a la comunidad en general para la

transformación y producción de nuevo conocimiento. Adicionalmente, esta red diseñará y orientará la aplicación de lineamientos para la integración y el fortalecimiento de los repositorios digitales de los actores del SNCTI garantizando el acceso a la producción científica del país. Así mismo con el apoyo de MinCultura generará los lineamientos para la preservación del patrimonio científico nacional.

E4.2. Mejorar la comunicación pública del quehacer científico y de la CTI

Primero, el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, y el apoyo del SENA, MinCultura, MinEducación y MinCIT, 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.

Segundo, 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, multiformatos, 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.

E4.3. Aumentar el reconocimiento y aprovechamiento de las ventajas comparativas y colaborativas de los conocimientos ancestrales y tradicionales

Primero, el Gobierno Nacional, bajo el liderazgo del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, Ministerio del Interior y del Ministerio de Cultura diseñarán e implementarán políticas públicas sobre los conocimientos ancestrales y tradicionales donde se defina la propiedad intelectual y mecanismos de protección de los conocimientos ancestrales y tradicionales.

Segundo, el Gobierno Nacional, bajo el liderazgo de MinCiencias, con el apoyo de MinInterior y MinCultura, implementará esquemas de financiamiento a corto, mediano y largo plazo para la investigación, el desarrollo tecnológico, la innovación, la recuperación, el reconocimiento y el fortalecimiento de los conocimientos ancestrales y tradicionales.

Tercero, el Gobierno Nacional, bajo el liderazgo del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación creará nodos regionales de vinculación CTI y saberes ancestrales y tradicionales para contribuir a la transformación productiva solidaria, sostenible y democrática.

Cuarto, el Gobierno Nacional, bajo el liderazgo del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, ajustará los instrumentos y procesos de MinCiencias en los siguientes aspectos: a) La categorización, evaluación y reconocimiento de los investigadores que usen y apliquen los conocimientos ancestrales y tradicionales, b) El acceso a ofertas diferenciales para propender por el fortalecimiento de este tipo de conocimientos, c) La creación del área técnica que atienda este tipo de conocimientos, d) La creación de repositorios de conocimientos ancestrales y tradicionales, para garantizar su preservación y detener la pérdida paulatina de los conocimientos.

5.3.5. Mejorar la gobernanza multinivel del SNCTI

E5.1. Mejorar la articulación institucional y el marco regulatorio para la CTI

Primero, el Gobierno Nacional, bajo el liderazgo del DNP, continuará con la implementación de la metodología ArCo para favorecer la especialización de roles y funciones de los actores del SNCTI. En el marco de esta acción se deberán formular las acciones requeridas para especializar a las instituciones de acuerdo con su misionalidad y así, mejorar la efectividad del gasto público a través de la articulación institucional.

Segundo, el Gobierno Nacional, bajo el liderazgo del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación y MinCIT, y el apoyo del DNP, diseñarán e implementarán un plan nacional de ciencia, tecnología e innovación para desarrollar de manera coordinada las políticas, programas, acciones prioritarias y metas con el propósito de promover la CTI del país. La formulación, implementación y seguimiento del Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación se realizará con la academia, el sector privado y la sociedad civil, teniendo como insumo los documentos CONPES, los Planes Nacionales de Desarrollo recientes, las Agendas Departamentales de Competitividad e Innovación, las recomendaciones de la Misión de Sabios, así como los demás documentos de política relacionados con CTI. Este plan tendrá una temporalidad de 4 años, será parte integral de la Agenda de Competitividad e Innovación e integrará lineamientos de sostenibilidad.

Tercero, el Gobierno Nacional, bajo el liderazgo de MinCiencias y de las instancias que conforman el Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación - SNCTI optimizará sus instrumentos de política priorizando el desarrollo de innovación orientada por misión, para atender los retos, desafíos y misiones propuestas por la Misión Internacional de Sabios. Estas misiones se desarrollarán con horizontes de mediano y largo plazo, incluirán a varios actores y sectores que tienen intereses comunes.

Cuarto, el Gobierno Nacional, bajo el liderazgo del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación y el apoyo del DNP, desarrollará estrategias para mejorar la articulación entre

el SNCTI y otros arreglos institucionales a nivel nacional. Entre ellos, se gestionará la conformación de un Consejo Científico Nacional asesor del ejecutivo y se creará una estrategia para coordinar las entidades del SNCTI, del SNCI, del Sistema Nacional Ambiental y del Sistema de Innovación Agropecuaria, entre otros para focalizar su oferta con las agendas y apuestas productivas departamentales, en el marco de la metodología ArCo.

Quinto, el Gobierno Nacional, bajo el liderazgo del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación y el apoyo del DNP, diseñará un programa nacional de experimentación que conecte entidades alrededor de misiones y proyectos de sostenibilidad.

Sexto, el Gobierno Nacional, bajo el liderazgo del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación y el apoyo del DNP, realizará la actualización normativa de CTI y los ajustes procedimentales requeridos para facilitar y fomentar el desarrollo de ACTI en el país. Por lo tanto, definirá una agenda regulatoria a corto y largo plazo teniendo en cuenta los lineamientos en materia de mejora regulatoria del Gobierno Nacional.

Séptimo, bajo el liderazgo de MinCiencias y con el apoyo del DNP, se estudiará la factibilidad de crear una agencia adscrita al Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación encargada de la estructuración técnica, administrativa, financiera y la ejecución de los recursos. Esta agencia se creará a partir de la experiencia de la actual Dirección de Inteligencia de Recursos.

Octavo, el Gobierno Nacional, bajo el liderazgo MinCiencias, y el apoyo del DNP, desarrollarán una agenda de trabajo legislativo para promover la experimentación regulatoria ("sandbox") y entornos de pruebas ("testbeds") alrededor de los retos y misiones definidos por la Misión Internacional de Sabios. Para ello, desde estas entidades se realizarán un estudio de factibilidad técnica y jurídica de la aplicación de estos tipos de instrumentos de política dentro del contexto del país.

E5.2. Fortalecer las capacidades regionales en CTI y aumentar la cooperación a nivel regional, nacional e internacional

Primero, el Gobierno Nacional, bajo el liderazgo del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, diseñará una estrategia para apoyar a las regiones en la construcción y desarrollo de su tejido institucional y capacidades de CTI. Esta estrategia desarrollará un plan basado en los aprendizajes de gobernaciones con oficinas de CTI para fortalecer el uso de la oferta nacional a través de servicios regionales, diseñará e implementará lineamientos articulados con la presente política y con los portafolios territoriales de CTI y capacitará en diseño de política pública de CTI con enfoque en los portafolios territoriales de CTI

Segundo, el Gobierno Nacional, bajo el liderazgo del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, diseñará instrumentos de relacionamiento y coordinación para fortalecer los sistemas regionales de Ciencia, Tecnología e Innovación, para lo cual 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.

E5.3. Aumentar la cooperación internacional

Primero, el Gobierno Nacional, bajo el liderazgo del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, diseñará una agenda de cooperación científico-tecnológica con pares internacionales en temas prioritarios para el país, que incluya un plan de movilidad de investigadores y pasantías laborales, un programa de transferencia de tecnología y la realización de proyectos conjuntos de CTI de los focos estratégicos de la misión de sabios.

E5.4. Aumentar la capacidad de inteligencia e información estratégica en CTI

Primero, el Gobierno Nacional, bajo el liderazgo del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, liderará la implementación de un arreglo institucional que garantice el uso de evidencias científicas en asuntos de políticas públicas en el legislativo, siguiendo modelos referentes en materia de asesoramiento científico.

Segundo, el Gobierno Nacional, bajo el liderazgo del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, con el apoyo del DNP, liderará el desarrollo e implementación de un programa nacional de prospectiva. Este programa deberá orientar la investigación y el desarrollo de tecnologías de frontera de acuerdo con las capacidades del país y las regiones teniendo como principios orientadores la agenda 2030.

Tercero, el Gobierno Nacional bajo el liderazgo de MinCiencias y el DANE, con el apoyo del DNP, implementarán 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 OECD. En particular, se profundizará en la medición de I+D, el uso de registros administrativos públicos y privados, el cálculo de efectos de la inversión en CTI sobre el crecimiento económico, la productividad, el empleo de alto nivel y el recaudo tributario, entre otros. Así mismo, se profundizará en la medición de CTI a nivel regional y local.

Cuarto, el Gobierno Nacional, bajo el liderazgo de MinCiencias y el DNP y el apoyo de MinTIC, realizará un programa para mejorar la recopilación y uso de información a nivel nacional. Para ello, gestionará con Colfuturo un esquema de producción de información estadística sobre los beneficiarios del Programa Crédito-Beca, fortalecerá y profundizará el

uso del Portal de Innovación “www.innovamos.gov.co” como ventanilla única de la oferta de instrumentos de CTI, implementará en el sitio web de MinCiencias un sistema de visualización de los resultados de investigación de proyectos en CTI financiados con recursos públicos y brindará información para que el MinTIC elabore un diagnóstico y un plan de mejora del gobierno digital y de las plataformas tecnológicas y de información usadas para la operación de las entidades públicas del orden nacional que fomentan CTI y diseñará un marco armonizado de M&E para instrumentos de CTI con indicadores comunes.

Quinto, el Gobierno Nacional bajo el liderazgo de MinCiencias y MinTIC, realizará un programa para mejorar la interoperabilidad de los sistemas de información de CTI. Para ello, se desarrollará la interoperabilidad entre el Banco de Proyectos de MinCiencias y el Sistema Unificado de Inversión y Finanzas Públicas de regalías – SUIFP SGR y 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.

Sexto, el Gobierno Nacional bajo el liderazgo de MinCiencias implementará mejoras en la plataforma SCIENTI para incrementar la experiencia de los usuarios y facilitar el uso y aprovechamiento de la información por parte del Gobierno Nacional y la comunidad interesada. 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.

5.3.6. Incrementar el volumen, la eficiencia y la evaluación de la financiación de la CTI

E6.1. Incrementar y estabilizar la financiación de la CTI y alrededor de misiones

Primero, el Gobierno Nacional, bajo el liderazgo del DNP y el apoyo de MinCiencias reglamentará 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.

Segundo, el Gobierno Nacional, bajo el liderazgo del DNP y MinCiencias, y el apoyo de MinCIT y Colombia Compra Eficiente - CCE desarrollará un programa para impulsar el instrumento de Compra Pública para la innovación que se encuentre alineado con los focos y misiones propuestos por la misión de sabios. Se reglamentarán porcentajes de inversión bianual para las entidades del orden nacional de acuerdo con el Marco de Inversión de CTI.

Tercero, el Gobierno Nacional, bajo el liderazgo de MinCiencias, y el apoyo del DNP diversificará la oferta del FCTel del SGR para la inversión en ACTI. Para ello, seguirá optimizando los procedimientos asociados a las convocatorias públicas, abiertas y competitivas y diseñará nuevas líneas de crédito para la implementación de actividades de CTI.

Cuarto, el Gobierno Nacional, bajo el liderazgo de MinCIT, MinAgricultura y MinCiencias y el apoyo del DNP desarrollará un programa para diseñar, fomentar e implementar fondos de capital de riesgo para CTI. Este programa incluirá la modificación del decreto reglamentario y demás normas del Fondo de Inversiones de Capital de Riesgo que administra el Fondo para el Financiamiento del Sector Agropecuario (Finagro) con el fin de diversificar las inversiones apalancadas, facilitar la entrada de inversionistas privados, permitir su participación en fondos de capital privado, y establecer los mecanismos de salida de la participación que tiene el Gobierno en las inversiones realizadas por el fondo. Igualmente, se diseñará e implementará al menos un fondo de capital de riesgo administrado en delegación por bancos privados con experiencia en este tipo de financiación en proyectos de emprendimiento tecnológico.

Quinto, el Gobierno Nacional, bajo el liderazgo de MinCIT y MinCiencias y el apoyo del DNP desarrollará un programa para incrementar la financiación de las entidades de soporte del SNCTI. Los beneficios de este programa se realizarán en función del éxito de los proyectos que estas ejecuten.

Sexto, el Gobierno Nacional, bajo el liderazgo de MinCIT y MinCiencias y el apoyo del DNP rediseñarán y escalarán el programa vigente de cofinanciación de proyectos de desarrollo tecnológico e innovación.

Séptimo, el Gobierno Nacional, bajo el liderazgo de MinCIT, y el apoyo del DNP, crearán un programa de matching grants enfocado a mejorar la cultura de innovación empresarial y al desarrollo de capacidades para la innovación en empresas no innovadoras.

E6.2. Mejorar la eficiencia y eficacia de los instrumentos de financiación

Primero, el Gobierno Nacional, bajo el liderazgo del DNP y el apoyo de MinCiencias implementarán y escalarán la metodología ArCo en las entidades del orden nacional. Esta metodología: priorizará los esfuerzos de revisión y mejora funcional en los instrumentos, fomentará la creación de equipos de trabajo dentro de las oficinas de planeación para analizar y optimizar el gasto público en CTI, establecerá la desagregación del gasto en CTI de las entidades del orden nacional a nivel regional, y desarrollará una guía metodológica de buenas prácticas para la formulación de instrumentos.

Segundo, el Gobierno Nacional, bajo el liderazgo de MinCiencias y el apoyo de DNP aumentarán la difusión del instrumento de beneficios tributarios y realizarán los ajustes normativos respectivos para diversificarlo. Para complementar este esfuerzo, MinCiencias realizará acciones administrativas para simplificar y ampliar el uso del mecanismo en el sector empresarial.

Tercero, el Gobierno Nacional, bajo el liderazgo de MinCiencias y el apoyo de DNP definirá la estrategia de operación y los lineamientos para la asignación, manejo y supervisión de los recursos relacionados con la evaluación y supervisión de proyectos que se financien en el marco de las convocatorias objeto de la Ley 1923 de 2018.

Cuarta, el Gobierno Nacional, bajo el liderazgo de MinCiencias y el apoyo de DNP desarrollará los mecanismos necesarios para extender la no aplicación de principio de anualidad a otros recursos destinados a CTI distintos a los del SGR para favorecer la inversión en líneas de acción de mediano y largo plazo.

Quinto, el Gobierno Nacional, bajo el liderazgo de MinCiencias y el apoyo de DNP desarrollará el mecanismo para que los recursos de I+D y demás ACTI no comprometidos de los diferentes sectores administrativos se trasladen a MinCiencias.

E6.3. Fortalecer el monitoreo y evaluación de la CTI

Primero, el Gobierno Nacional, bajo el liderazgo de MinCiencias y el apoyo de DNP definirá la base única de usuarios (de los programas) y creación de un sistema único de monitoreo y evaluación de beneficiarios. Esta información estará disponible en el portal de innovación.

Segundo, el Gobierno Nacional, bajo el liderazgo de MinCiencias desarrollará una estrategia de seguimiento y evaluación de resultados e impactos de los programas suscritos con Colfuturo. Para esto diseñará e implementará evaluaciones de resultado e impacto del Programa Crédito-Beca y realizará seguimiento a la ejecución de los recursos del respectivo convenio suscrito con Colfuturo.

Tercero, el Gobierno Nacional, bajo el liderazgo de MinCiencias desarrollará una estrategia de seguimiento y evaluación de resultados e impactos del instrumento de deducciones tributaria. Como parte de la estrategia realizará un informe anual sobre el uso efectivo del cupo aprobado por empresa.

Cuarto, el Gobierno Nacional, bajo el liderazgo de MinCiencias institucionalizará la elaboración y socialización de un informe periódico de seguimiento al portafolio de CTI en las sesiones de los CODECTI y las CRC. El informe debe basarse en indicadores que provengan del nuevo módulo de M&E de portafolio de CTI y toda otra información relevante.

Quinto, el Gobierno Nacional, bajo el liderazgo de MinCiencias desarrollará una estrategia para realizar evaluaciones de resultados y de impacto de los instrumentos para CTI. Esta estrategia deberá diseñar los mecanismos para hacer obligatoria la revisión de presupuesto asignado basada en los resultados.

5.4. Seguimiento

El seguimiento a la ejecución física y presupuestal de las acciones propuestas para el cumplimiento de los objetivos del presente documento se realizará a través del Plan de Acción y Seguimiento (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 por todas las entidades concernidas en este documento.

Esta política tiene un período de implementación que cubre desde el año 2021 hasta el 2030. Su seguimiento se hará de manera semestral iniciando su reporte en junio de 2021 y el informe de cierre se realizará con corte al 31 de diciembre de 2030. Lo anterior, se traduce en un total de 20 reportes semestrales para un período de 10 años (Tabla 2).

Tabla 2. Cronograma de seguimiento

Corte	Fecha
Primer corte	Junio de 2021
Segundo corte	Diciembre de 2021
Tercer corte	Junio de 2022
Cuarto corte	Diciembre de 2022
Quinto corte	Junio de 2023
Sexto corte	Diciembre de 2023
Séptimo corte	Junio de 2024
Octavo corte	Diciembre de 2024
Noveno corte	Junio de 2025
Décimo corte	Diciembre de 2025
Undécimo corte	Junio de 2026
Duodécimo corte	Diciembre de 2026
Décimo tercer corte	Junio de 2027
Décimo cuarto corte	Diciembre de 2027
Décimo quinto corte	Junio de 2028
Décimo sexto corte	Diciembre de 2028
Décimo séptimo corte	Junio de 2029
Décimo octavo corte	Diciembre de 2029

Fuente: DNP (2020).

5.5. Financiamiento

Para el cumplimiento de los objetivos de este documento (Tabla 3) las entidades involucradas en su implementación 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.

Tabla 3. Financiamiento de la política

(cifras en millones de pesos)

Objetivo específico	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Total
OE 1											
OE 2											
OE 3											
OE 4											
OE 5											
Total											

Fuente: DNP (2020).

6. RECOMENDACIONES

El Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, el Departamento Nacional de Planeación, el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, el Ministerio de Educación Nacional, el Ministerio de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones y el Departamento Administrativo Nacional de Estadística recomiendan al Consejo Nacional de Política Económica y Social (CONPES):

1. Aprobar la Política de Ciencia, Tecnología e Innovación 2021-2030 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 Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación:
 - a. Implementar un programa nacional de educación científico-tecnológica en población infantil en el marco de la estrategia de innovación educativa (diciembre 2026).
 - b. Diseñar e implementar un programa de formación de capital humano en I+D+i en áreas y tecnologías asociadas con la cuarta revolución industrial incluyendo programas de formación intensivos (diciembre 2026).
 - c. Diseñar e implementar un programa de mejora y especialización para la infraestructura para la investigación a nivel nacional (diciembre 2030).
 - d. Desarrollar un programa de iniciación y consolidación de la innovación en las empresas a partir de su sofisticación y productividad que consolide toda la oferta del Gobierno Nacional (diciembre 2026).
 - e. Diseñar e implementar políticas públicas sobre los conocimientos tradicionales y ancestrales donde se defina la propiedad intelectual y mecanismos de protección de los conocimientos tradicionales y ancestrales (diciembre 2030).
 - f. Diseñar e implementar un plan nacional de ciencia, tecnología e innovación que identifique las políticas, programas, acciones prioritarias y metas necesarias para promover la CTI del país (diciembre 2030).
 - g. Diseñar e implementar arreglo institucional que garantice el uso de evidencias científicas en asuntos de políticas públicas en el legislativo (diciembre 2022).

- h. Diseñar e implementar un programa nacional de experimentación que conecte entidades alrededor de misiones y proyectos de sostenibilidad (diciembre 2026).
 - i. Diseñar e implementar una estrategia para apoyar a las regiones en la construcción y desarrollo de su tejido institucional y capacidades de CTI (diciembre 2022).
 - j. Desarrollar e implementar un programa nacional de prospectiva en donde se oriente la investigación y el desarrollo de tecnologías de frontera de acuerdo con las capacidades del país y las regiones teniendo como principios orientadores la agenda 2030 (diciembre 2026).
 - k. 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 OECD (diciembre 2022).
 - l. Diseñar e implementar programa para mejorar la interoperabilidad de los sistemas de información de CTI (diciembre 2022).
4. 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. Implementar y escalar la metodología ArCo en las entidades del orden nacional (diciembre 2022).
 - c. Reglamentar el Marco de Inversión en CTI consignado en el Artículo 21 de la Ley 1286 de 2009 (diciembre 2021).
 - d. Desarrollará un programa para impulsar el instrumento de Compra Pública para la innovación que se encuentre alineado con los focos y misiones propuestos por la misión de sabios (diciembre 2026).
5. Solicitar al Ministerio de Comercio, Industria y Turismo:
- a. Realizar un programa piloto de incentivos crediticios y garantías para las Pymes en cuanto a la importación, compra y uso de nuevas tecnologías y al desarrollo, adopción y adaptación de tecnologías de las industrias 4.0 (diciembre 2026)
 - b. Desarrollar un programa para diseñar, fomentar e implementar fondos de capital de riesgo para CTI (diciembre 2026).

- c. Crear un programa de matching grants enfocado a mejorar la cultura de innovación empresarial y al desarrollo de capacidades para la innovación en empresas no innovadoras (diciembre 2026).
6. Solicitar al Ministerio de Educación Nacional:
- a. Implementar una estrategia de orientación socio-ocupacional en educación técnica y profesional en áreas STEM (diciembre 2026).
 - b. Implementar las modificaciones necesarias al decreto 1279 de 2002 para garantizar una estructura simétrica de incentivos al fomento de los 3 ejes fundamentales de la universidad consignados en la Ley 30 de 1992 e incrementar la calidad, impacto y productividad de la producción científica a nivel nacional (diciembre 2022).
7. Solicitar al Ministerio de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones:
- a. Diseñar e implementar un programa de formación de capital humano en I+D+i en áreas y tecnologías asociadas con la cuarta revolución industrial incluyendo programas de formación intensivos (diciembre 2026).
 - b. Implementar una estrategia de orientación socio-ocupacional en educación técnica y profesional en áreas STEM (diciembre 2026).
 - c. Realizar un estudio prospectivo acerca de las industrias 4.0 en el país y a nivel internacional (diciembre 2022).
 - d. Crear una instancia entre Estado y sector privado en torno a la Industria 4.0 (diciembre 2024).
8. Solicitar al Departamento Administrativo Nacional de Estadística:
- a. Diseñar e implementar una encuesta anual del uso y producción de tecnologías en el sector empresarial (diciembre 2024).

GLOSARIO

Desarrollo experimental: Son 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).

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 de IoT, entre otras.

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 (OTRIs), 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: Es la introducción de un producto o/y 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 (IGC): 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: Es el 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).

Investigación aplicada: Es el 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: Consiste en 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).

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 y/o servicios en un ambiente industrial de forma inteligente, autónoma y en tiempo real para optimizar el valor general de la producción (DNP, 2020)

Sistemas Tecnológicos: Hace referencia a redes de agentes que interactúan en un área tecnológica específica bajo una infraestructura institucional particular para generar, difundir y hacer uso 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)

BORRADOR

BIBLIOGRAFÍA

- Academia Australiana de Ciencias. (2020). What is Science? Australia.
- ACOFACIEN. (2006). *Inventario de equipos robustos en las universidades colombianas*.
- Agencia Espacial Europea. (2007). *Technology Readiness Levels Handbook for space applications*.
- 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*.
- APC. (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>
- 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 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/indicador/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.
- BID. (2020). Emprendimientos de base científico-tecnológica en América Latina .
- BID. (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>
- Bush, V. (1945). *Science, the endless frontier*.
- 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\(Abbate%2C%201999\).](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(Abbate%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.

- Cirera, X., & Maloney, W. (2017). *The Innovation Paradox*. Washington: World Bank Publications.
- Colciencias. (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
- Colciencias. (2016). *Documento N° 1602. Actores del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación*. Bogotá: COLCIENCIAS.
- Colciencias. (2018). *Innovar tiene su crédito*. Obtenido de <https://minciencias.gov.co/convocatorias/innovacion/innovar-tiene-su-credito-linea-financiacion-idi-segunda-convocatoria>
- Colciencias. (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>
- Colciencias. (2018). *Lineamientos para una política de Ciencia Abierta en Colombia*. Bogotá.
- Comin, D., & Mestieri, M. (2016). If Technology Has Arrived Everywhere, Why has Income Diverged. *NBER working paper*.
- 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*.
- CONFECÁMARAS. (SF). *¿Qué es el RUES?: RUES*. Obtenido de RUES: <https://www.rues.org.co/Home/About>
- Consejo Científico Británico. (2020). Our definition of science. Reino Unido.
- Cornell University, INSEAD, & 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>
- CPC. (2019). *Informe Nacional de Competitividad 2019-2020*. Obtenido de https://compite.com.co/wp-content/uploads/2019/11/CPC_INC_2019-2020_Informe_final_subir.pdf
- DANE. (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
- DANE. (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
- DANE. (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>
- DANE. (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>
- DANE. (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>
- DANE. (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.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2019). *Saber para decidir*.
- Departamento Nacional de Planeación. (2016). *Política de Desarrollo Productivo 2016 - 2025 (Documento CONPES 3866)*. Bogotá D.C.: DNP.
- Departamento Nacional de Planeación. (2018). *Política Nacional de Explotación de Datos. CONPES 3920*.
- DNP . (2016). *Política Nacional de Desarrollo Productivo* . Obtenido de CONPES 3866 de 2016: <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3866.pdf>
- DNP & Presidencia. (2019). *Mapeo y articulación de oferta de instrumentos en Desarrollo Productivo y Ciencia, Tecnología e Innovación*.
- DNP. (2009). *CONPES 3582. Política Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación*.
- DNP. (2009). *Documento CONPES 3582 de 2009: Política Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación*. Obtenido de <https://minciencias.gov.co/sites/default/files/upload/reglamentacion/conpes-3582-2009.pdf>
- DNP. (2016). *Política Nacional de Desarrollo Productivo*. Obtenido de Documento CONPES 3866: <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3866.pdf>
- DNP. (2018). *ABC de la Política de Crecimiento Verde*.
- DNP. (2018). *Conpes 3918. Estrategia para la implementación de los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) en Colombia*.
- DNP. (2018). *CONPES 3934 Política de crecimiento verde*. Obtenido de <https://www.dnp.gov.co/Crecimiento-Verde/Documents/Pol%C3%ADtica%20CONPES%203934/CONPES%203934%20-%20Pol%C3%ADtica%20de%20Crecimiento%20Verde.pdf>
- DNP. (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>
- DNP. (2019). *Bases del Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022*.
- DNP. (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>
- DNP. (2019). *Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022. "Pacto por Colombia, Pacto por la Equidad"*.
- DNP. (2019). *Política Nacional de Laboratorios: Prioridades para mejorar el cumplimiento de estándares de calidad*. Bogotá D.C.: CONPES 3957.
- DNP. (2020). *Brief Análisis de Gasto Público en CTel: Diagnóstico y Recomendaciones*.
- DNP. (2020). *CONPES: Política Nacional de Emprendimiento*. Obtenido de Departamento Nacional de Planeación.
- DNP. (2020). *Índice Departamental de Innovación para Colombia (IDIC) 2019*. Obtenido de <https://www.dnp.gov.co/programas/desarrollo-empresarial/Competitividad/Paginas/Indice-Departamental-de-Innovacion-para-Colombia-2019.aspx>

- DNP. (2020). *Lineamientos y recomendaciones para la construcción de una política de industrias 4.0*. Bogotá.
- DNP. (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>
- DNP. (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>
- DNP. (2020). *Política Nacional de Emprendimiento*. Bogotá D.C.: Documento CONPES (Borrador).
- 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.
- Estupiñan, 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.
- Fedesarrollo. (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/Repore_Septiembre_2014_Nu%C3%B1ez_Castro_y_Rincon.pdf?sequence=3&isAllowed=y
- 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).
- 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*.
- GEDI. (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
- 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.
- 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>
- 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*.
- IIPP-UCL. (2019). *A Mission-Oriented UK Industrial Strategy*.
- INGSA. (2019). Conclusiones del Taller de Asesoramiento Científico Gubernamental y Diplomacia Científica. Bogotá.
- INSEAD. (2019). *The Global Innovation Index*. Obtenido de <https://www.globalinnovationindex.org/analysis-indicator>
- 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
- LanguageCourse. (2020). *Universidades en Colombia - rankings y comentarios*. Obtenido de <https://www.languagecourse.net/es/universidades-colombia>
- Leon, D. (2017). Differential approach and capabilities: An analysis for the population displaced in Colombia. *Economic and Social Thought*, 4(3).
- 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.
- MinCiencias. (2016). *Actores del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación*. Obtenido de <https://minciencias.gov.co/sites/default/files/upload/reglamentacion/politiciadeactores-snctei.pdf>
- MinCiencias. (2018). *Lineamientos Para Una Política De Ciencia Abierta En Colombia*.
- MinCiencias. (2019). Documento Base para la Política de Formación y Vinculación de Investigadores a Nivel de Doctorado.
- MinCiencias. (2019). *Informe Grupos de Investigación*.
- MinCiencias. (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
- MinCiencias. (2020). *Informe Beneficios Tributarios 2019*.

- MinCiencias. (1 de Junio de 2020). *La Ciencia en cifras*. Obtenido de <https://minciencias.gov.co/la-ciencia-en-cifras>
- MinCiencias. (2020). *La Misión Internacional de Sabios*. Obtenido de <https://minciencias.gov.co/mision-sabios/que-es>
- MinCiencias. (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
- MinCiencias. (2020). *Plataforma ScienTI. Convocatoria 833-2019*.
- MinCIT. (2020). *Estrategia de fortalecimiento de entidades del ecosistema de innovación empresarial (Borrador)*.
- MinCultura. (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>
- MinInterior. (2015). *El enfoque diferencial y étnico en la política pública de víctimas del conflicto armado*.
- MinInterior. (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, 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 Educación Nacional. (2019). *Informe de gestión*. Obtenido de https://www.mineducacion.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.mineducacion.gov.co/portal/>
- MinTIC. (2019). *CONPES de transformación digital promoverá la competitividad del país y la eficiencia del sector público*. Obtenido de Noticias: <https://mintic.gov.co/portal/inicio/Sala-de-Prensa/Noticias/107147:CONPES-de-transformacion-digital-promovera-la-competitividad-del-pais-y-la-eficiencia-del-sector-publico>
- Misión de Sabios. (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*. Obtenido de https://minciencias.gov.co/sites/default/files/upload/paginas/191205_informe_mision_de_sabios_2019_vpreliminar.pdf
- 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. (2018). *Indicadores de Ciencia y Tecnología 2018*. Bogotá: Ediciones Ántropos Ltda.
- OCDE. (2015). *Government at a Glance*.
- OCDE. (2015). *Manual de Frascati*. Obtenido de https://read.oecd-ilibrary.org/science-and-technology/manual-de-frascati-2015_9789264310681-es#page9
- OCDE. (2015). *Manual de Frascati 2015*.
- OCDE. (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
- OCDE. (2016). *Startup América Latina 2016: construyendo un futuro innovador*.
- OCDE. (2018). *Going digital in a multilateral world*.
- 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*.
- OCDE. (2019). *Production Transformation Policy Review of Colombia*. Obtenido de <http://www.oecd.org/dev/production-transformation-policy-review-of-colombia-9789264312289-en.htm>
- OCDE. (2020). *Gross domestic spending on R&D*. Obtenido de <https://data.oecd.org/rd/gross-domestic-spending-on-r-d.htm>
- OCyT. (2014). *Indicadores de ciencia y tecnología Colombia 2013*. Obtenido de <https://www.ocyt.org.co/>
- OCyT. (2018). *Indicadores de Ciencia y Tecnología 2018*. Bogotá: Ediciones Ántropos Ltda.
- OCyT. (2019). Obtenido de https://ocyt.shinyapps.io/ODOCYT_DEPARTAMENTAL/123
- OCyT. (2019). *Informe Anual de Indicadores de Ciencia y Tecnología 2018*.
- OCyT. (2020). *Medición e inversión en actividades de ciencia, tecnología e innovación en Colombia. 2017-2019*.
- OCyT. (2020). *Portal de datos*. Obtenido de https://ocyt.shinyapps.io/ODOCYT_DEPARTAMENTAL/
- OECD. (2016). *Startup América Latina 2016: construyendo un futuro innovador*.
- OECD. (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>
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos. (2018). *OCDE*. Obtenido de <https://www.oecd.org/pisa/data/>

- 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*.
- RICYT. (2018). Obtenido de http://app.redindices.org/ui/v3/comparative.html?indicator=PCTEGRADXSEC&family=E&start_year=2010&end_year=2017
- RICYT. (2020). *Expenditure on R&D per researcher (thousand US\$)*. Obtenido de <http://www.ricyt.org/category/indicadores/>
- 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*.
- Scimago. (2020). Obtenido de <https://www.scimagojr.com/countryrank.php?year=2018>
- Scimago. (2020). *Scimago Journal & Country Rank*. Obtenido de <https://www.scimagojr.com/countryrank.php?year=2019>
- 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). *SNIES*. 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 framework to monitor open science trends in the EU*.

- Soete, L. (2013). From emerging to submerging economies: new policy challenges for research and innovation. *Sci. Technol. Innov. Policy Rev.*, 1-13.
- Steffen, W., Richardson, K., & Rockström, J. (2015). Planetary boundaries: guiding human development on a changing planet. *Science*, 736-746.
- 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 Raízal*. 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/>
- Unesco. (2020). *Data For Sustainable Development*. Obtenido de <http://data.uis.unesco.org/>
- 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.
- Uribe-Tirado, A. (2016). *El Acceso Abierto en Colombia. Un camino por recorrer*.
- 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.