

VISIÓN DE DESARROLLO PRODUCTIVO PARA COLOMBIA

CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN PARA EL DESARROLLO PRODUCTIVO: EN DÓNDE ESTAMOS Y PARA DÓNDE PODRÍAMOS IR

Carlos Mauricio Nupia

Noviembre 2020

**FRIEDRICH
EBERT
STIFTUNG**

CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN. CIENCIA TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN: BUSCANDO EN DONDE CASI TODO HA SIDO DICHO	4
2	CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN EN LA PERSPECTIVA DEL CAMBIO ESTRUCTURAL	6
3	LA CTI EN COLOMBIA: COLOMBIA EN EL CONTEXTO INTERNACIONAL	8
4	LA INNOVACIÓN EN LA EMPRESA COLOMBIANA A PARTIR DE LAS ENCUESTAS DE INNOVACIÓN TECNOLÓGICA (EDIT) PARA MANUFACTURA Y SERVICIOS	13
5	CONTEXTO Y ENFOQUES DE POLÍTICA PARA DESARROLLO PRODUCTIVO BASADO EN EL CONOCIMIENTO	17
5.1	La Política de desarrollo productivo.....	17
5.2	El Plan de desarrollo Pacto por Colombia, pacto por la equidad, 2018-2022.....	17
5.3	La Misión de Sabios.....	19
6	PROPUESTAS PARA EL DEBATE POLÍTICO (<i>POLITICS</i>) Y DE LAS POLÍTICAS PÚBLICAS (<i>POLICY</i>)	23
6.1	Recomendaciones a corto plazo.....	24
6.2	Una misión de largo plazo para la construcción de una paz sostenible con base en el conocimiento y la innovación.....	27
	REFERENCIAS	30

1

INTRODUCCIÓN. CIENCIA TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN: BUSCANDO EN DONDE CASI TODO HA SIDO DICHO

La visión de que la ciencia, tecnología e innovación (CTI) sean fundamentales para el desarrollo productivo de Colombia ha sido expresada en planes y documentos de política más de lo que cualquier colombiano común se pueda imaginar. Desde los primeros días de Colciencias en 1968, pasando por la reforma del Sistema de regalías para la creación del Fondo de CTI en 2009, hasta la reciente creación del Ministerio de Ciencia y Tecnología en 2019, la idea de que el conocimiento sea un factor de desarrollo es reconocida, al menos en el discurso, y los técnicos de los gobiernos han debido aprender de la materia. No ha ocurrido lo mismo con los actores políticos (congresistas, candidatos presidenciales, alcaldes y gobernadores), quienes todavía ven el asunto lejano y ajeno.

La CTI también ha ido ganando espacio en la agenda técnica de varios ministerios y en la coordinación del Departamento Nacional de Planeación (DNP) como entidad que vela por la calidad de las políticas públicas para el desarrollo del país. Así lo demuestra la proliferación de documentos Conpes que buscan utilizar el conocimiento y la investigación como la base del desarrollo de sus sectores y empresas productivas.

Con la reciente finalización de una nueva Misión de Sabios que revisó la situación del país en materia de CTI, y el ingreso de Colombia a la Oede (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos), el diseño de políticas públicas en la materia ha tenido un nuevo impulso en la agenda pública. Desde 2014 se generó un debate interesante con la publicación del primer informe de la Oede sobre la política de innovación en Colombia (OECD, 2014) y recientemente, con otro informe del mismo corte sobre transformación productiva (OECD, UN y UNIDO, 2019). En los dos reportes se revisa el papel de los actores de innovación en varios sectores productivos

de Colombia y el papel que debe tener el gobierno para afianzar la gobernanza del Sistema nacional de ciencia, tecnología e innovación (SNCTI) y apoyar la innovación basada en la investigación y el desarrollo (I+D).

A pesar de estos avances técnicos y de los debates que cada vez cobran más visibilidad en las redes sociales, mostrando las voces de distintos actores como las academias de ciencias, las universidades, los centros de investigación, gremios empresariales y gobiernos locales, el debate sobre la función de la CTI en el desarrollo productivo sigue abierto y se caracteriza porque cada grupo de interés plantea legítimamente sus necesidades y expectativas en términos de presupuesto estatal. Entre tanto, los gobiernos de los últimos doce años reconocen explícitamente la importancia de la CTI en sus planes de desarrollo, pero no encuentran la combinación adecuada de instrumentos de política, asignaciones presupuestales y coordinación interinstitucional que una política pública de esta magnitud amerita.

El presente documento de trabajo analiza el papel de la CTI en la transformación productiva desde la perspectiva de la política pública. El objetivo es brindar a los lectores un panorama actualizado de los avances en términos de política de CTI, el papel del Estado en dichos avances y los desafíos que la producción y el uso de conocimiento plantean para que el sector empresarial incorpore la innovación como verdadero factor de productividad.

El documento se divide en cinco partes. En la primera se dará un panorama de la situación de la CTI en Colombia, utilizando como base evaluaciones de política e indicadores que facilitan la comparación internacional. En la segunda se ubica la CTI dentro de la perspectiva teórica del cambio estructural. En la tercera se revisa detalladamente la situación de la innovación en las empresas

colombianas y los principales problemas que afrontan para ser más productivas mediante el uso y la difusión de conocimiento. En la cuarta parte se explorarán algunas propuestas y desafíos de política pública en materia de CTI para impulsar el desarrollo productivo colombiano

en el marco de la coyuntura actual internacional. Y en la quinta se plantearán algunas recomendaciones importantes para el debate de política pública en el futuro próximo.

2

CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN EN LA PERSPECTIVA DEL CAMBIO ESTRUCTURAL

Desde la perspectiva del cambio estructural, la tecnología es el factor clave para dinamizar la producción. El aprendizaje asociado al desarrollo tecnológico es el que permite dar un salto (*catch up*) a las economías menos avanzadas y unirse progresivamente al mercado de la innovación. El cambio estructural incluye variaciones en la composición de la producción, vínculos inter e intra-sectoriales, estructuras de mercado, funcionamiento de mercado de factores e instituciones que apoyen su desarrollo (Ocampo, 2020).

La economía evolucionista plantea que la tecnología es tácita y por lo tanto es difícil de modelar o planear. Destaca tres implicaciones al respecto: 1) que la tecnología está disponible de manera incompleta y se negocia de manera imperfecta; 2) que su desarrollo no se puede separar de la experiencia de la producción (*learning by doing*); y 3) que las firmas se apropian imperfectamente de los beneficios de la innovación (Ocampo, 2020: 10). En medio de estas características permanece aún el debate sobre la producción del conocimiento científico y su relación con la tecnología y la innovación.

En la tradición institucional de los países en desarrollo, es normal encontrar todavía una perspectiva lineal de la innovación, en la que la producción del conocimiento científico es casi el único medio para llegar a ella. A pesar de ello, en países como Colombia el enfoque de los “sistemas nacionales de innovación” ha ganado espacio en el debate de las políticas públicas desde mediados de los noventa (Nupia y Barón, 2013; Sánchez-Torres y Pérez, 2013) y sigue inspirando la producción de los documentos de política pública relacionados con innovación, desarrollo productivo, ciencia y tecnología.

Desde la perspectiva de los sistemas nacionales de innovación, el papel de las instituciones en la provisión de

información y en la coordinación de actores es necesario para la transformación estructural. Las complementariedades que ofrecen los sistemas nacionales de innovación permiten la coordinación de varios actores comprometidos con la innovación y el aprendizaje, como es el caso de las agencias de investigación y desarrollo, las universidades, los centros de investigación y las empresas (Edquist, 2004; Nelson, 2008).

Con el fin de puntualizar las interrelaciones entre crecimiento económico y productividad, Ocampo analiza la “función del progreso técnico” o función Kaldor-Verdoorn, en la que los determinantes de la productividad son: la posición de los países en la jerarquía internacional de la producción y las capacidades tecnológicas, el grado de innovación de los emprendimientos, los incentivos provistos para la empresas y la calidad de las instituciones (Ocampo, 2020: 15). Al revisar la relación causal crecimiento productivo-crecimiento económico, Ocampo plantea que el cambio técnico aumenta la demanda agregada, genera nuevas oportunidades de inversión y aumenta la competitividad internacional y la demanda.

Este rol protagónico de la tecnología en el cambio de las estructuras lleva a preguntarse por el papel de la política pública y la intervención estatal. En la “nueva política industrial” (Gómez Gaviria y Angarita, 2014) el papel del Estado está estrechamente relacionado con la corrección de fallas de mercado y de gobierno: asimetría de información, coordinación, captura del Estado, búsqueda de rentas, entre otros. Sin embargo, este papel “corrector” del Estado ha sido criticado por Mazzucato al demostrar que el liderazgo del sector público ha influido en la mayoría de las revoluciones tecnológicas a lo largo de la historia y que se necesita una visión renovada del papel del Estado como un “Estado emprendedor”, es decir, uno que no solo comparta los riesgos de la inversión de

investigación y desarrollo (I+D) que necesita la industria privada para innovar, sino que a su vez se beneficie de las ganancias de dicha innovación cuando ella se produzca (Mazzucato, 2019: 73).

El énfasis del enfoque del cambio estructural en las instituciones y los actores que participan de la innovación obliga también a revisar el papel del Estado en Colombia, ya que las instituciones gubernamentales que gestionan la CTI tienen todavía en su agenda la resolución del viejo problema de la financiación de la investigación y la generación de conocimiento científico. Ello impide que agendas más progresistas de la innovación se asimilen y difundan entre los actores del sistema de innovación¹. También que sea difícil imaginarse un papel más articulado entre universidad e industria. A pesar de ello, la evidencia de la rápida asociación entre estos dos actores para resolver, por ejemplo, los desafíos planteados por la pandemia de la covid-19 (por ejemplo, producción de ventiladores mecánicos y material de bioseguridad), abre un frente de reflexión importante para ajustar la perspectiva del cambio estructural a la realidad colombiana.

Finalmente, es importante mencionar dos aspectos que Ocampo considera importantes para el cambio estructural: el énfasis de la estructura productiva colombiana en materias primas y el papel del sector financiero en la promoción de la innovación. Sobre el primer punto puede decirse que la dependencia del modelo de crecimiento colombiano de los *commodities* plantea los típicos problemas y reflexiones de la “maldición de los recursos naturales” en los países en desarrollo: la canasta exportadora del país se compone principalmente de productos primarios y sin mayor sofisticación en su tecnología. La

Misión de Sabios finalizada en 2019 sugiere algunos pasos para potenciar el uso de los recursos naturales y recomienda implementar misiones que desarrollen la bioeconomía (basada en tecnologías como la biotecnología) o para establecer un nuevo modelo productivo, sostenible y competitivo basado en industrias digitales y tecnologías convergentes (industria 4.0). Es necesario revisar en detalle estas misiones y analizar la viabilidad de que las empresas nacionales absorban el conocimiento producido por las instituciones de investigación y tengan la capacidad de escalar tecnologías para resolver problemas como la falta de agua potable, el cambio climático o la exclusión social. También hay que preguntarse si tenemos las capacidades de conocimiento y agenciamiento empresarial para hacerlo.

Sobre el segundo punto, el papel del sector financiero, conviene mencionar que la banca nacional de desarrollo es fundamental y que su papel como actor del sistema nacional de innovación debe ser revisitado y redimensionado. Como se verá en la sección sobre innovación en la empresa colombiana, la financiación de fuentes externas a la empresa está reconocida como una de las principales barreras a la innovación. Sin embargo, los estudios y las encuestas analizan principalmente el comportamiento de instrumentos de financiación diseñados desde la lógica del sector productivo y se conoce poco sobre la potencialidad de la banca para el desarrollo. La experiencia de países cercanos como Brasil, Chile y Argentina puede arrojar luces al respecto. La banca para el desarrollo representa una oportunidad importante para la implementación de las misiones emblemáticas planteadas por la Misión de Sabios.

1 La discusión actual sobre la competencia entre los sistemas nacionales de ciencia, tecnología e innovación y el de competitividad, que se refleja principalmente en la producción de documentos Conpes al respecto, así lo certifica. La necesidad de diferenciar políticas públicas de promoción de la investigación y políticas públicas de promoción de productividad y competitividad sigue en parte una respuesta lógica a la implementación parcial de políticas adoptadas muchas veces por aprendizajes internacionales inconclusos.

3

LA CTI EN COLOMBIA: COLOMBIA EN EL CONTEXTO INTERNACIONAL

Uno de los principales avances en materia de análisis de CTI durante los últimos veinte años es el desarrollo de indicadores que operacionalizan algunas variables. Esto ha permitido analizar al país en una perspectiva comparativa en el ámbito internacional. El Índice global de innovación (IGI) es un ejercicio comprensivo de medición que operacionaliza varias dimensiones² que inciden en la innovación y se nutre de los cálculos de varios organismos internacionales y nacionales. Por tanto, es un indicador completo para percibir el desempeño de Colombia en el ámbito internacional.

Según el IGI de 2019, Colombia ocupa la posición número 67 entre 129 países. En la región de América Latina está por detrás de Chile (51), Costa Rica (55), México (56), Uruguay (62) y Brasil (66). Por primera vez desde 2016 entró al grupo de los diez primeros países de ingreso medio en la medición de la calidad de la innovación³, pero salió del grupo de países que tienen un desempeño innovativo por encima de su PIB (*innovation achiever*), y según el desempeño de su innovación está por debajo

de las expectativas para un país de su nivel de desarrollo (nivel de ingresos medio alto).

Los datos provistos por el IGI facilitan las comparaciones internacionales y confirman que el país se encuentra rezagado en varias de las dimensiones que conforman el constructo denominado “innovación”, aunque presenta avances importantes en otros. En la tabla 1 se puede apreciar como Colombia tiene un puntaje superior a todos los países seleccionados de América Latina en materia de infraestructura, pero pierde terreno significativamente con todos los demás en materia de productos resultado de conocimiento y tecnología. Esta brecha es menor en materia de capital humano e investigación, que es uno de los indicadores tradicionales de la CTI.

Al hacer esta comparación con respecto a los países desarrollados y mejor clasificados en el IGI, la tabla 2 muestra que las brechas se amplían significativamente en todas las dimensiones, especialmente en materia de instituciones, de capital humano e investigación y de productos de conocimiento y tecnología. De otro lado, las diferencias de puntaje son menores en la dimensión de sofisticación del mercado.

Finalmente, al comparar a Colombia con otro grupo conformado por los países que mejor desempeño tuvieron en regiones geográficas distintas a América Latina o que tienen un nivel de desarrollo socioeconómico similar, los resultados son más heterogéneos. La tabla 3 muestra que Israel, país que por primera vez entró al grupo de los diez más innovadores según el IGI, tiene una brecha bastante amplia con Colombia en las dimensiones de capital humano e investigación, y productos de conocimiento y tecnología, pero es mucho menor en infraestructura. Un comportamiento similar presenta la comparación con China, mientras con India los puntajes

2 El Índice global de innovación (IGI) es un promedio simple de los indicadores de diferentes dimensiones de la innovación expresadas en términos de dos pilares fundamentales: insumos (*input*) y productos (*output*). En términos del pilar de insumos (*input*) esas dimensiones son: 1) instituciones; 2) capital humano e investigación; 3) infraestructura; 4) sofisticación del mercado; y 5) sofisticación de los negocios. En términos del pilar de productos (*output*), las dimensiones que se miden son: 1) resultados de conocimiento y tecnología; y 2) resultados creativos.

3 Esta categoría suma los resultados obtenidos por los países según tres indicadores: el puntaje promedio de las tres mejores universidades de cada país en el ranking QS; las familias de patentes ubicadas en dos o más oficinas; y los documentos citados según el índice H.

Tabla 1
Comparación puntaje y posición de Colombia con respecto a los países de América Latina mejor calificados en el IGI

		COLOMBIA		CHILE		COSTA RICA		MÉXICO		URUGUAY	
		PUNTAJE						POSICIÓN			
Insumos	Instituciones	64	61	73	39	61,9	68	62,8	66	69,3	44
	Capital humano e investigación	27	78	32,5	57	28,5	72	33,4	54	28,7	71
	Infraestructura	51,3	47	51	50	47	63	48,3	59	51	49
	Sofisticación del mercado	50,4	53	51,7	49	44,2	85	49,9	57	39,9	101
	Sofisticación de los negocios	32,6	58	33,1	53	33,2	52	29,4	73	27,7	81
Productos	Conocimiento y tecnología	19,5	76	22,9	61	24,3	56	25,5	50	21,5	67
	Creativos	22,3	85	27,2	66	34,3	39	29,2	55	29,2	57
Posición Global Ranking 2019		67		51		55		56		62	

Fuente: elaboración propia a partir de Global Innovation Index, 2019.

Tabla 2
Comparación puntaje y posición de Colombia con respecto a los países mejor calificados en el IGI

		COLOMBIA		ALEMANIA		ESTADOS UNIDOS		PAÍSES BAJOS	
		PUNTAJE	POSICIÓN	PUNTAJE	POSICIÓN	PUNTAJE	POSICIÓN	PUNTAJE	POSICIÓN
Insumos	Instituciones	64	61	86,4	16	89,7	11	90,9	8
	Capital humano e investigación	27	78	63,2	3	55,7	12	52,4	17
	Infraestructura	51,3	47	62	13	59,2	23	61,8	14
	Sofisticación del mercado	50,4	53	58,6	20	87	1	58,2	23
	Sofisticación de los negocios	32,6	58	56,1	12	62,7	7	63,7	6
Productos	Conocimiento y tecnología	19,5	76	52,7	10	59,7	4	61,8	3
	Creativos	22,3	85	49,6	10	45,5	15	53,2	5
Posición Global Ranking 2019		67		9		3		4	

		COLOMBIA		REINO UNIDO		SUECIA		SUIZA	
		PUNTAJE	POSICIÓN	PUNTAJE	POSICIÓN	PUNTAJE	POSICIÓN	PUNTAJE	POSICIÓN
Insumos	Instituciones	64	61	87,1	14	90,1	9	89,1	12
	Capital humano e investigación	27	78	59,3	9	62,1	6	61,9	7
	Infraestructura	51,3	47	64,4	8	69,1	2	68,2	3
	Sofisticación del mercado	50,4	53	76	4	62,1	14	68,4	7
	Sofisticación de los negocios	32,6	58	54,3	16	68,8	1	67,5	2
Productos	Conocimiento y tecnología	19,5	76	56,6	8	61,8	2	70,3	1
	Creativos	22,3	85	52,2	6	51,9	7	56,6	1
Posición Global Ranking 2019		67		5		2		1	

Fuente: elaboración propia a partir del Índice global de innovación 2019.

Tabla 3
Comparación puntaje y posición de Colombia con respecto a países de regiones distintas a América Latina con alta calificación relativa en el IGI

		COLOMBIA		CHINA		INDIA		ISRAEL	
		PUNTAJE	POSICIÓN	PUNTAJE	POSICIÓN	PUNTAJE	POSICIÓN	PUNTAJE	POSICIÓN
Insumos	Instituciones	64	61	64,1	60	59,5	77	77,9	31
	Capital humano e investigación	27	78	47,6	25	33,5	53	54,5	14
	Infraestructura	51,3	47	58,7	26	43	79	56,1	33
	Sofisticación del mercado	50,4	53	58,6	21	56,3	33	61,4	16
	Sofisticación de los negocios	32,6	58	55,4	14	31	65	66,5	3
Productos	Conocimiento y tecnología	19,5	76	57,2	5	33,5	32	56,9	7
	Creativos	22,3	85	48,3	12	23,5	78	46,3	14
Posición Global Ranking 2019		67		14		52		10	

		COLOMBIA		REPÚBLICA DE COREA		SUDÁFRICA		VIETNAM	
		PUNTAJE	POSICIÓN	PUNTAJE	POSICIÓN	PUNTAJE	POSICIÓN	PUNTAJE	POSICIÓN
Insumos	Instituciones	64	61	79,7	26	65.9	55	58.6	81
	Capital humano e investigación	27	78	66,5	1	30.4	65	31.1	61
	Infraestructura	51,3	47	61,6	15	41.1	83	42	82
	Sofisticación del mercado	50,4	53	64,3	11	58.6	19	57	29
	Sofisticación de los negocios	32,6	58	57,6	10	32.7	55	30	69
Productos	Conocimiento y tecnología	19,5	76	50,2	13	23.9	57	35.6	27
	Creativos	22,3	85	44,1	17	20.8	91	32.3	47
Posición Global Ranking 2019		67		11		63		42	

Fuente: elaboración propia a partir del Índice global de innovación 2019.

en las distintas dimensiones son menos distantes, pero la diferencia nuevamente la vuelve a marcar la producción de conocimiento y tecnología.

El IGI mide el comportamiento de los países en materia de “innovación”, concepto que se compone de varias dimensiones, entre ellas la de ciencia y la tecnología. Al ser un índice, el IGI reúne valores de distintos indicadores que tradicionalmente han estado en la discusión de las políticas públicas de una manera desarticulada y que probablemente han contribuido a que la sociedad entienda de manera muy parcializada el alcance de la CTI en el desarrollo. Tal es el caso del porcentaje de inversión del PIB en I+D, el número de investigadores por cada 100.000 habitantes, el número de patentes presentadas

y concedidas ante oficinas de registro nacionales e internacionales o el número de publicaciones indexadas en bases de datos como Scopus o Web of Science⁴.

4 El cálculo de indicadores en CTI es un trabajo promovido desde la década de los cincuenta por la Oecd. Tanto el Manual de Frascati como el de Oslo ofrecen el modelo conceptual para las mediciones. Los indicadores clásicos son gasto en investigación y Desarrollo (I+D), personal dedicado a I+D, publicaciones en índices internacionales y patentes y comercio internacional en industrias intensivas en I+D. Sin embargo, otros asuntos como la innovación en las empresas y la percepción pública de la ciencia han ido ganando mayor protagonismo, incorporando temas transversales como género, áreas socioeconómicas, franjas etarias, etcétera.

A pesar de ello, es útil revisar al menos el comportamiento de dos indicadores que son básicos y por lo tanto utilizados con frecuencia por los políticos y tomadores de decisiones para demostrar una evolución en CTI: el gasto en I+D como porcentaje del PIB y el número de investigadores por habitantes de la población económicamente activa (PEA).

El gasto de un país en I+D (inversión privada + inversión pública) indica el esfuerzo financiero para promover un trabajo creativo y sistemático cuyo objetivo sea aumentar el inventario de conocimiento disponible (para la humanidad, la cultura y la sociedad) con el fin de idear nuevas aplicaciones a partir de dicho conocimiento (OECD, 2015: 44)⁵. La tabla 4 muestra una comparación de este indicador para Colombia en el periodo 2000-2018, en la cual se puede apreciar una variación mínima del porcentaje del PIB dedicado a CTI, mientras que países como Corea o Israel lo aumentaron en más de un punto porcentual para el mismo periodo. El indicador expresado en formato de serie de tiempo muestra que no hay mayor variación en el bajo porcentaje invertido durante el periodo observado, aspecto que puede explicar parcialmente por qué en el país no se crea un mercado robusto de investigación.

El otro indicador hace referencia a la capacidad de un país para llevar a cabo la I+D, es decir al personal altamente calificado de científicos e ingenieros que hacen investigación, técnicos con alto nivel de experiencia y entrenamiento, y personal que apoya directamente la realización de proyectos y actividades de I+D. La tabla 5 permite comparar a Colombia con una selección de países de la Ocede, donde la brecha en personal para realizar actividades de I+D es evidente para los años en que el país reportó información. El desempeño de Colombia indica que existe medio investigador/a por cada 1.000 personas en edad de trabajar que están trabajando o buscando empleo.

Los ejercicios de medición del desempeño de la CTI se han ido complejizando y dependen mucho de la información disponible en cada país. Los niveles de desagregación de cada indicador se han sofisticado y para el caso de la Ocede o de la Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología Iberoamericana e Interamericana (RICYT), la revisión de indicadores y de sus bases conceptuales es un ejercicio periódico que demuestra lo complejo que es medir la innovación. El Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología (OCyT) ha profundizado en la medición de aspectos como la inversión en CTI, la formación

Tabla 4

Gasto en investigación y desarrollo (I+D) en relación con el producto interno bruto (PIB). Comparación Colombia con selección países Ocede (porcentaje), 2010-2018

País	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Alemania	2,73	2,81	2,88	2,84	2,88	2,93	2,94	3,07	3,13
China	1,71	1,78	1,91	2,00	2,03	2,07	2,12	2,15	2,19
Colombia	0,20	0,21	0,23	0,27	0,31	0,29	0,27	0,24	0,24
Corea	3,32	3,59	3,85	3,95	4,08	3,98	3,99	4,29	4,53
Estados Unidos	2,74	2,77	2,68	2,71	2,72	2,72	2,76	2,81	2,83
Israel	3,94	4,02	4,16	4,10	4,17	4,27	4,51	4,82	4,94
Japón	3,14	3,24	3,21	3,31	3,40	3,28	3,16	3,21	3,26
Países Bajos	1,70	1,88	1,92	1,93	1,98	1,98	2,00	1,98	2,16
Reino Unido	1,65	1,65	1,58	1,62	1,64	1,65	1,66	1,65	1,71
Suecia	3,17	3,19	3,24	3,27	3,11	3,23	3,25	3,37	3,31

Fuente: elaboración propia. Datos para Colombia RICYT y OCyT. Datos para otros países Ocede. Consulta: 25 de mayo de 2020.

5 Este indicador ha sido convertido en meta de política pública *per se* y especialmente en el caso colombiano ha hecho parte de los planes de desarrollo, sin que al final se cumpla el objetivo o se logre dar una explicación de por qué no se alcanza.

Tabla 5
Investigadores por cada 1.000 personas de la población económicamente activa (PEA).
Comparación Colombia con selección países Ocde (número), 2010-2018*

País	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Alemania	7,87	8,22	8,53	8,50	8,39	9,21	9,31	9,72	10,01
China	1,54	1,68	1,78	1,87	1,91	2,02	2,10	2,16	2,32
Colombia	-	-	-	0,3379	0,3417	0,4109	0,5283	0,5244	-
Corea	10,67	11,51	12,38	12,44	13,02	13,24	13,26	13,89	14,73
Estados Unidos	7,73	8,09	8,01	8,26	8,52	8,64	8,54	8,87	-
Japón	9,89	9,96	9,86	10,04	10,37	10,03	10,01	10,10	9,97
Países Bajos	6,11	6,98	8,21	8,52	8,51	8,81	8,99	9,14	10,38
Reino Unido	8,13	7,89	7,97	8,28	8,47	8,64	8,69	8,68	9,18
Sudáfrica	1,02	1,08	1,11	1,18	1,17	1,24	1,28	-	-
Suecia	9,97	9,71	9,74	12,55	12,86	12,78	13,34	13,60	13,78
Suiza	-	-	7,27	-	-	8,44	-	8,71	-
Turquía	2,51	2,70	3,00	3,15	3,11	3,21	3,28	3,54	-

* Los campos señalados con un guion (-) significan que no había información disponible en la consulta.

Fuente: datos para Colombia RICYT y OCyT. Datos para otros países Ocde. Consulta: 25 de mayo de 2020.

de recurso humano para su desempeño, la producción científica, la propiedad industrial, la innovación de las empresas en los sectores manufacturero y de servicios y la cultura de CTI. Sin embargo, planear políticas públicas para la promoción del sector basado en tal cantidad de indicadores es un desafío. De ahí que la creación de índices como el IGI faciliten una visión más global del asunto y provean como insumo para la discusión política un posicionamiento (ranking) de los países, que debe ser entendido según el modelo conceptual que lo sustenta.

Los avances en la medición permiten la comparación, pero no muestran claramente un modelo de política a seguir. El menú de posibilidades depende de la combinación de las mismas variables que se están midiendo. Si a

esto se suma el problema de la medición de la pertinencia de la CTI, particularmente de la investigación científica, entonces se configura un escenario complejo que requiere de una mezcla de instrumentos de política y de la coordinación de los distintos actores que participan de la CTI. El enfoque de los sistemas nacionales de innovación es una respuesta desde la economía evolucionista para analizar esta complejidad y poner en perspectiva los indicadores.

Con el fin de entender la relación de la CTI con el sector productivo en Colombia, a continuación se revisa el papel de uno de los actores del sistema de innovación: el sector empresarial.

4

LA INNOVACIÓN EN LA EMPRESA COLOMBIANA A PARTIR DE LAS ENCUESTAS DE INNOVACIÓN TECNOLÓGICA (EDIT) PARA MANUFACTURA Y SERVICIOS

Según cálculos del OCyT, entre 2008 y 2017 la innovación de las empresas manufactureras y de servicios ha ido decayendo. Las empresas innovadoras en sentido estricto eran 4% para el periodo 2008-2009 y para el periodo 2016-2017 fueron solo 0,2%, mientras que las innovadoras en sentido amplio fueron 36,9% en el periodo 2008-2009 y disminuyeron a 20,2% para el periodo 2016-2017. El porcentaje potencial también decayó de 5,9% a 4,9%, y las empresas no innovadoras aumentaron de 53,3% a 74,8% (tabla 6) (OCyT, 2018).

Debido a la preponderancia de la pequeña y mediana empresa en la constitución del tejido empresarial colombiano es importante revisar la dinámica de la innovación

en este segmento. Las pymes están dentro de los sectores menos intensivos en conocimiento y tienen menos probabilidades de adelantar actividades de innovación que las grandes empresas. Sus estrategias de innovación están basadas principalmente en la adquisición de conocimientos incorporados en maquinaria y equipo, y para el periodo 2007-2012 presentaron una desaceleración en cuanto a su actividad innovadora (Mora et al., 2016).

Las empresas manufactureras innovadoras en sentido estricto se concentran principalmente en sectores como la fabricación de plaguicidas y químicos de uso agropecuario (10,3% de su tipo); productos informáticos, electrónicos y ópticos (8,3% de su tipo) y sustancias químicas.

Tabla 6
Distribución histórica de las empresas colombianas según grado de innovación según las EDIT realizadas, 2008-2017

ENCUESTA (EDIT)	GRADOS DE INNOVACIÓN*			
	SENTIDO ESTRICTO	SENTIDO AMPLIO	POTENCIALMENTE INNOVADORAS	NO INNOVADORAS
2008-2009	4	36,9	5,9	53,3
2010-2011	0,5	32,8	5	61,7
2012-2013	0,2	22,4	5,4	72,1
2014-2015	0,1	20,8	5,9	73,2
2016-2017	0,2	20,2	4,9	74,8

* Por empresas "innovadoras en sentido estricto" se entienden las que en el periodo de referencia de la encuesta obtuvieron al menos un bien o servicio nuevo o significativamente mejorado en el mercado internacional. Las "innovadoras en sentido amplio" obtuvieron al menos un bien o servicio nuevo o significativamente mejorado en el mercado nacional o un bien o servicio nuevo o mejorado para la empresa, o implementaron un proceso productivo nuevo o significativamente mejorado para la línea de producción principal o para las líneas de producción complementarias o una forma organizacional o de comercialización nueva. Las "potencialmente innovadoras" son aquellas empresas que en el momento de diligenciar la encuesta no habían obtenido ninguna innovación en el periodo de referencia, pero que reportaron tener en proceso o haber abandonado algún proyecto de innovación, ya fuera para la obtención de un producto nuevo o significativamente mejorado en el mercado internacional, en el mercado nacional o para la empresa; o para la obtención de un proceso productivo para la línea de producción principal o para las líneas complementarias, o de una técnica organizacional o de comercialización nueva.

Fuente: OCyT, 2018: 229.

micas y sus productos (7,9% de su tipo) (Dane, 2019: 6). En materia de servicios, las empresas estrictamente innovadoras se concentran en los centros de investigación y desarrollo (5% de su tipo) y en la educación superior (4,8% de su tipo), lo cual resulta lógico por la naturaleza de su oferta. Sin embargo, llama la atención el potencial de las actividades bancarias, cuyas empresas reportaron contar con una innovación en sentido amplio en un 84% de su segmento (Dane, 2018: 1).

La EDIT IX (2017-2018) ofrece el panorama más reciente de los obstáculos identificados por las empresas manufactureras al momento de innovar. La escasez de recursos propios, la incertidumbre frente a la demanda de bienes y servicios innovadores y la facilidad de imitación por parte de terceros son los obstáculos de mayor importancia reportados. Sin embargo, lo que el gráfico 1 confirma, es la cantidad de factores que inciden en un proceso de innovación y que tienen una incidencia directa sobre la gestión y el uso de la I+D.

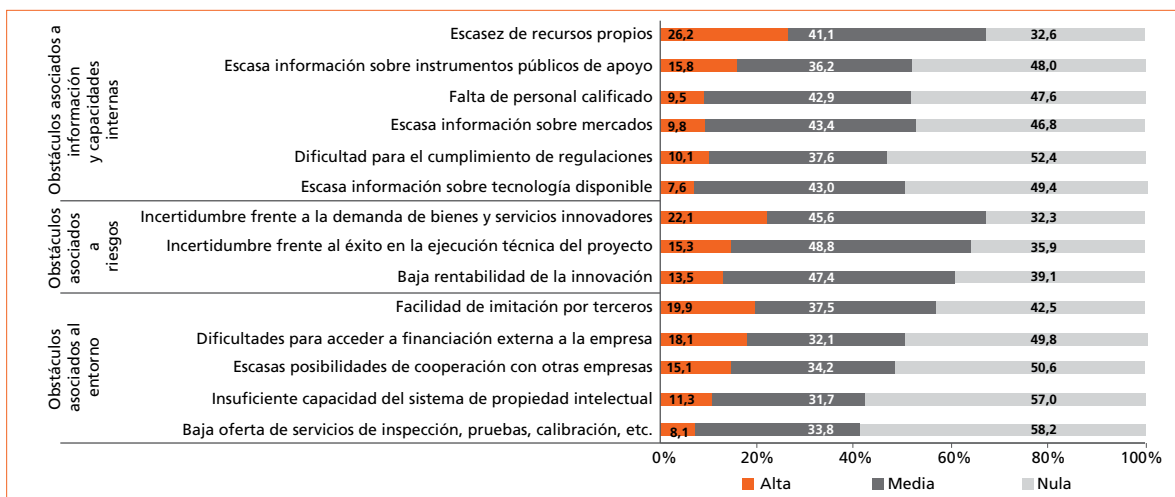
En el recuadro 1 se pueden apreciar datos complementarios sobre la relación de las empresas con la CTI según cuatro dimensiones: inversión, fuentes de financiación, personal y relaciones con el sistema.

Estas cifras ilustran algunos aspectos que inciden en los procesos de innovación de las empresas manufactureras

y de servicios. Sin embargo, la diversidad de datos de las EDIT ha permitido hacer estudios más refinados por sectores, tamaño de empresas, tipo de innovación empresarial, regiones del país y muchos otros aspectos que permiten conocer mejor la dinámica de la innovación y de la incorporación de la CTI en la industria colombiana (Bayona-Velásquez et al., 2018; Polo et al., 2018; Albis y Álvarez, 2014; Orozco et al., 2010; Malaver y Vargas, 2004). En general, estos estudios coinciden en que existe una relación significativa entre el comportamiento innovador y la intensidad tecnológica de las empresas, aunque se confirma su debilidad para innovar, la necesidad de consolidar un ecosistema de innovación que favorezca la colaboración horizontal y la formalización de la gestión de la innovación. También se confirma la dificultad de acercarse al empresariado nacional para generar una cultura de la innovación.

Bayona-Velásquez et al. analizaron 2.057 compañías de la EDIT VII y encontraron que las firmas que reciben subsidios del Estado consiguen absorber innovaciones en procesos y métodos organizativos. Adicionalmente, las firmas que usaron incentivos fiscales lograron colocar nuevos bienes y servicios en el mercado internacional. Polo et al. revisan el impacto que tiene la innovación en la condición exportadora de las empresas del sector de alimentos y bebidas de Colombia de la EDIT VII (aproximadamente 1.590 empresas) y concluyen que la innova-

Gráfico 1
Distribución de empresas industriales innovadoras y potencialmente innovadoras por grado de importancia de los obstáculos para innovar. Total nacional, 2017-2018



Fuente: Dane, 2019.

Recuadro 1**Principales variaciones en dimensiones relacionadas con las actividades de ciencia, tecnología e innovación (ACTI) en empresas manufactureras según la EDIT IX (2017-2018)*****Inversión en ACTI***

- En 2017, un total de 1.159 empresas informaron haber hecho inversiones en ACTI por un monto de \$1,5 billones de pesos, mientras en 2018 la inversión fue \$1,6 billones por cuenta de 1.343 empresas.
- De los \$1,5 billones que las empresas destinaron a ACTI en 2017, \$1,2 billones fueron recursos propios, mientras que de los \$1,6 billones que invirtieron en 2018, \$1,4 billones correspondieron a dicho tipo de recursos.
- Por tipo de actividades industriales, elaboración de “otros productos alimenticios” registró la mayor inversión en ACTI en 2017 con \$119.631 millones de pesos, mientras que “mantenimiento y reparación de productos en metal, maquinaria y equipo” ocupó el segundo lugar con \$98.854 millones. En 2018, la “fabricación de productos minerales no metálicos n.c.p.” hizo el mayor aporte a la inversión en ACTI con \$197.093 millones; y “coquización, refinación del petróleo y mezcla de combustibles” ocupó el segundo lugar, con un monto de \$148.420 millones.

Fuentes de financiación de la ACTI

- Durante el periodo 2017-2018, los obstáculos calificados con grado de importancia “alta” por las empresas innovadoras y potenciales que financiaron ACTI con recursos públicos, fueron: dificultad para cumplir con los requisitos o completar los trámites (25,0%) y tiempo de trámite excesivo (23,3%) (Gráfico 19 y Anexo C.3.3).
- De igual manera, para las empresas industriales que tuvieron la intención de solicitar recursos públicos durante el periodo 2017-2018, los obstáculos que obtuvieron la mayor calificación de importancia “alta” fueron: tiempo de trámite excesivo (38,3%) y dificultad para cumplir con los requisitos o completar los trámites (35,9%).

Personal dedicado a ACTI

- En 2017, el número de personas ocupadas promedio que participó en el desarrollo de ACTI en la industria manufacturera fue 12.313 trabajadores, lo que equivale a 1,5% del total de personal ocupado por el sector en ese año. En 2018, el personal ocupado involucrado en ACTI fue de 14.483 trabajadores, es decir, 1,8% del total de personal de dicho tipo de industria.
- De las 14.483 personas que en 2018 participaron en el desarrollo de ACTI, 9.765 eran hombres y 4.718 mujeres. Las áreas funcionales en las cuales la proporción de las mujeres superó la de los hombres, fueron: I+D, administración, mercadeo y ventas, y contable y financiera; mientras que los hombres presentan mayor participación de personal ocupado en ACTI en las áreas de producción y dirección general.

Relaciones con actores del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación

- La EDIT IX indagó por la relación con diecinueve actores del SNCTI que por su naturaleza o rol pueden brindar apoyo para el desarrollo de ACTI en las empresas. Durante el periodo 2017-2018, los actores del sistema que las empresas innovadoras, potenciales y con intención de innovar identificaron como principal apoyo en la ejecución de ACTI fueron: el Sena, las universidades, agremiaciones sectoriales, Icontec, Procolombia y consultores de I+D.

Fuente: elaboración propia a partir de Dane, 2019.

ción tecnológica tiene mayor impacto en la promoción de las exportaciones de empresas grandes, mientras en las pymes lo es la innovación en procesos. Destacan que

en el sector de alimentos y bebidas es más común la innovación en procesos pero que la innovación de producto requiere más I+D.

Es importante resaltar los trabajos de Albis y Álvarez (Albis y Álvarez, 2014, 2017) sobre la posibilidad de que existan efectos de desbordamiento tecnológico (*spillover*) hacia la economía doméstica a partir de las subsidiarias de las empresas multinacionales. Este aspecto ha sido muy poco estudiado en la literatura y representa un insumo importante al momento de promover la productividad y la innovación con base en la inversión extranjera directa. Las autoras concluyen que las subsidiarias de empresas extranjeras tienen una probabilidad similar de ejecutar actividades de innovación que las empresas colombianas que no exportan, pero que son más intensivas en uso de insumos de conocimiento que sus contrapartes nacionales, aunque la I+D que adelantan ocurre fuera del país (*extramuros*). Asimismo, confirman que las subsidiarias usan más intensivamente fuentes externas de conocimiento para obtener innovaciones reales o radicales, es decir bienes o servicios nuevos o significativamente mejorados para el mercado internacional.

En materia de análisis e impacto de política, los estudios son más escasos y generalmente se concentran en la ob-

servación de programas específicos implementados por el gobierno. Albis et al. analizaron el impacto de los instrumentos de financiación de la innovación de Colciencias, el Sena, Bancoldex e Innpulsa Colombia. Los autores concluyen que el apoyo público a la innovación tiene un efecto positivo y estadísticamente significativo sobre la intensidad de la inversión privada en I+D tanto en el sector manufacturero como de servicios, es decir que la política pública de innovación tiene un efecto multiplicador sobre la inversión privada en I+D más allá del monto financiado por los programas (Albis et al., 2017: 15). Por su parte, Bayona et al. analizan instrumentos públicos (subvenciones y deducciones fiscales) aplicados durante los años 2013-2014 para determinar si estos contribuyeron a forjar innovaciones de producto, y encontraron que el programa de incentivos económicos del gobierno colombiano es efectivo para incrementar el número de innovaciones en productos, procesos y métodos que tienen como destino las propias empresas, pero no consiguen ningún efecto en el número de bienes y servicios nuevos o mejorados por las firmas, para el mercado nacional (Bayona-Velásquez et al., 2018: 26).

5

CONTEXTO Y ENFOQUES DE POLÍTICA PARA DESARROLLO PRODUCTIVO BASADO EN EL CONOCIMIENTO

Con el fin de contrastar los datos sobre el comportamiento innovador de las empresas colombianas con las políticas públicas más relevantes y vigentes en Colombia, a continuación se revisan tres referentes de diseño de política de CTI. Estos referentes nos dan una idea de la dificultad que existe para plantear estrategias de largo plazo en el área de CTI, debido a los distintos niveles que se conjugan cuando una empresa decide involucrarse en proyectos innovadores.

5.1 LA POLÍTICA DE DESARROLLO PRODUCTIVO

En 2016, el gobierno nacional emitió el documento Conpes 3866 “Política de desarrollo productivo (PDP)”, en el que vinculó competitividad, productividad y CTI⁶. La política se planteó como objetivo desarrollar instrumentos que buscan resolver fallas de mercado, de gobierno o de articulación para aumentar la productividad y la diversificación del aparato productivo colombiano hacia bienes y servicios más sofisticados (Conpes, 2016: 68).

Entre los determinantes de la productividad que identifica el documento aparece la generación, transferencia, absorción y adopción de conocimiento y tecnología como uno de los factores fundamentales. En materia de CTI, el documento modificó la Política nacional de

ciencia y tecnología enunciada en el Conpes 3582 e introdujo un componente regional más fuerte que debe monitorearse mediante el Índice departamental de innovación en Colombia (Idic), una herramienta de diagnóstico de las necesidades específicas de innovación en los departamentos.

Si bien el documento ratifica la necesidad de que la CTI se articule más al desarrollo productivo de los departamentos en Colombia, tiene un sesgo hacia la transferencia de conocimiento como mecanismo para hacerlo y define muy poco en materia de producción de nuevo conocimiento para que las empresas puedan ser más sofisticadas en sus exportaciones y las regiones puedan recibir sus beneficios. En la tabla 7 se pueden apreciar las acciones de la PDP relacionadas con acciones de promoción o de política de fomento a la investigación y desarrollo o producción de nuevo conocimiento.

5.2 EL PLAN DE DESARROLLO PACTO POR COLOMBIA, PACTO POR LA EQUIDAD, 2018-2022

El Plan de desarrollo se ha convertido en la herramienta de planeación por excelencia de la política pública en Colombia. Aunque tiene la ventaja de formularse a partir de un proceso amplio de consulta, su influencia se limita a los cuatro años del gobierno de turno, aspecto que influye en el diseño de políticas de corto plazo.

La historia de la CTI en los planes de desarrollo se ha medido generalmente por su aparición como un capítulo específico del plan. Recientemente, la CTI ha tenido una mayor visibilidad en los planes y ha sido presentada de manera reiterada como un pilar para insertar exitosamente al país en el concierto internacional, mediante

6 El documento salió después de que los borradores de dos documentos Conpes específicos para CTI no lograran consenso y el gobierno decidiera archivarlos. También fue aprobado en medio de una gran polémica entre la academia y el sector productivo por la discusión de vincular la competitividad con la CTI, aspecto que quedó ratificado con la ley que promulgó el Plan nacional de desarrollo 2014-2018, “Todos por un nuevo país”.

Tabla 7
Acciones relacionadas con promoción de I+D o producción de conocimiento en el marco de la Política de desarrollo productivo - Documento Conpes 3866 de 2016

OBJETIVO DE LA ESTRATEGIA	ACCIÓN*	RESPONSABLE
Objetivo 1. Solucionar las fallas de mercado y de gobierno que limitan el desarrollo de la productividad para que el país mejore sus niveles de productividad, diversificación y sofisticación.	1.4 Rediseñar e implementar una estrategia de atracción de inversión extranjera directa para que multinacionales con capacidades de I+D fortalezcan la industria local por medio de la inversión en proyectos de innovación y TCT en empresas nacionales (Línea de acción 1).	Ministerio de Comercio, Industria y Turismo. Dirección de Productividad y Competitividad.
	1.6 Implementar esquemas de apoyo financiero a las instituciones generadoras de conocimiento en función del desempeño de las unidades productoras apoyadas por estas (Línea de acción 1).	Ministerio de Comercio, Industria y Turismo. Dirección de Productividad y Competitividad.
Objetivo 2. Definir un procedimiento para la priorización de apuestas productivas, facilitando la transformación y diversificación del aparato productivo colombiano hacia bienes más sofisticados.	2.9 Presentar a la Comisión Rectora del Sistema general de regalías (SGR) la propuesta de política de inversión de los recursos del fondo de ciencia, tecnología e innovación del Sistema general de regalías (Línea de acción 19).	Departamento Nacional de Planeación. Subdirección Territorial y de Inversión Pública.
Objetivo 3. Generar un entorno institucional que promueva la coordinación entre actores y garantice la sostenibilidad de la política de desarrollo productivo a largo plazo.	3.1 Reglamentar la coordinación requerida entre los sistemas de competitividad e innovación y de ciencia, tecnología e innovación (Línea de acción 20).	Presidencia de la República. Alta Consejera Presidencial para el Sector Privado, Competitividad y Equidad.
	3.2 Presentar a las entidades y actores del Sistema nacional de competitividad, ciencia, tecnología e innovación (SNCCTI) propuesta de configuración de los roles y responsabilidades de las entidades del gobierno nacional en materia de transferencia de conocimiento y tecnología, innovación y emprendimiento (Línea de acción 20).	Presidencia de la República. Alta Consejera Presidencial para el Sector Privado, Competitividad y Equidad.
	3.9 Orientar los planes y acuerdos estratégicos departamentales de CTI (Paed) de ciencia, tecnología e innovación (CTI) hacia el cumplimiento de los objetivos y las estrategias de la política vigente de ciencia, tecnología e innovación (CTI) (Línea de acción 21).	Departamento Nacional de Planeación. Dirección de Desarrollo Empresarial.
	3.6 Implementar un Análisis de gasto público (AGP) en ciencia, tecnología e innovación en funcionalidad y gobernanza (Línea de acción 21).	DDE/Subdirección de Ciencia, Tecnología e Innovación.

* Debido a que la tabla reseña una selección de acciones enunciadas por la PDP, la numeración de la acción se dejó como aparece en el documento Conpes, con el fin de que pueda ser fácilmente identificada cuando se consulte la fuente original

Fuente: elaboración propia a partir de Conpes, 2016.

la diversificación de la economía y de las exportaciones. Pero al dar una mirada conjunta a las propuestas y enfoques de dichos planes en los últimos veinte años (Centeño, 2019; Nupia, 2015; Zerda, 2003), se percibe una especie de “colcha de retazos” en materia de orientación, metas e indicadores.

La CTI en los planes de Uribe I y Uribe II tuvo una concepción típica basada en la tríada: 1) fortalecer el sistema nacional de ciencia y tecnología; 2) crear condiciones para generar conocimiento; y 3) hacer de la innovación la base de la competitividad económica. Esa tríada se repitió, palabras más palabras menos, en los planes de Santos I y Santos II, con la novedad de que se dio visibilidad a los sistemas de innovación regional como plataformas de gestión y beneficiarios del Fondo de CTI en el Sistema general de regalías⁷.

El plan de gobierno del presidente Duque no es la excepción y repite en su diagnóstico la narrativa de la debilidad institucional de la CTI en Colombia, la baja y a la vez ineficiente inversión pública del país en CTI y la necesidad de resolver las fallas del mercado con incentivos orientados a solucionar fallas de mercado que no permiten una mayor inversión privada en CTI (DNP, 2019). Dos puntos podrían ser calificados como novedosos: la demanda de un ecosistema de innovación pública como fuente de creación de valor público y el relacionamiento, a veces no muy claro, de las metas del capítulo de CTI con los Objetivos de desarrollo sostenible (ODS).

En la tabla 8 se puede apreciar un resumen de la estructura de política que propone el Plan de desarrollo del presidente Duque para CTI.

La estructura del plan podría tener un debate profundo para analizar su coherencia y equilibrio, especialmente para encontrar una coherencia con la Política de desa-

rollo productivo vigente. Esto sobrepasa el objetivo del presente documento, pero es una tarea necesaria para probar la hipótesis de que muchas de las medidas propuestas por los gobiernos son continuistas y no plantean un cambio estructural en materia de estrategia o inversión. Por el momento, es importante decir que la visión de cuatro años limita la concepción en términos de programas de gobierno y de las misiones que se podrían definir para darles cumplimiento. El Plan de desarrollo actual, al menos desde el capítulo de CTI, no plantea una visión clara de lo que se quiere en términos del uso de la CTI por parte de una estructura productiva, que como hemos visto, se caracteriza por tener ciclos de innovación distintos dependiendo de su sector, tamaño y entorno regional.

5.3 LA MISIÓN DE SABIOS

Al igual que en 1987 y 1991, el gobierno de Colombia decidió convocar en 2019 una nueva Misión conformada por investigadores de amplia experiencia para pensar el futuro del país en términos de la producción y uso del conocimiento. La Misión acaba de entregar su primer volumen de análisis que se concentra en ocho focos temáticos⁸.

Un esfuerzo de este tipo es distinto en naturaleza a la producción de un documento Conpes ya que permite una visión más holística del papel que tendrá la ciencia para el sector productivo. En la narrativa de la Misión, la cuarta revolución industrial desempeña un papel fundamental para reconfigurar cadenas productivas y proveer nuevos modelos de servicios y negocio. Para mejorar no solo la productividad de las empresas sino el bienestar de la sociedad con base en la protección del medio ambiente.

7 El Fondo de CTI del Sistema general de regalías, creado por la ley 1530 de 2012, es una de las principales innovaciones en materia de financiación de la CTI en Colombia en los años recientes. Aunque ha recibido muchas críticas de parte del sector científico porque cambió significativamente las normas de asignación de recursos a proyectos de investigación, logró inyectar una cantidad significativa de recursos financieros al SNCTI y dinamizó el asunto en el ámbito regional.

8 Los ocho nodos son: biotecnología, bioeconomía y medio ambiente; ciencias básicas y del espacio; ciencias sociales y desarrollo humano con equidad; ciencias de la vida y la salud; energía sostenible; industrias creativas y culturales; océanos y recursos hidrobiológicos; tecnologías convergentes nano, Info y cogno industrias 4.0. La selección de las temáticas de los focos se realizó entre Colciencias y la Vicepresidencia de la República de Colombia, entidades que contaron con el apoyo de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.

Tabla 8
Síntesis de la estructura de política de CTI propuesta por el Plan de desarrollo

COMPONENTES	OBJETIVO Y ESTRATEGIAS	INDICADORES Y META CUATRIENIO
Desarrollo de sistemas nacionales y regionales de innovación integrados y eficaces.	<ul style="list-style-type: none"> • Modernización y coordinación institucional. • Articulación de universidad-empresa (U-E). 	<ul style="list-style-type: none"> • 76 ofertas tecnológicas por cadena productiva y zona agroecológica formulada. • 59 acuerdos de transferencia de tecnología o conocimiento apoyados por Colciencias.
Compromiso para duplicar la inversión pública y privada en CTI.	<ul style="list-style-type: none"> • Aumentar la inversión para CTel. • Incrementar la eficiencia de la inversión pública en CTel. • Mejorar la información para la toma de decisiones de política pública de CTel. 	<ul style="list-style-type: none"> • 1,5% del PIB invertido en ACTI. • 0,35% del PIB invertido en I+D por las empresas. • \$4,8 billones de pesos de cupo de inversión para deducción y descuento tributario utilizado. • 4.200 organizaciones vinculadas a los pactos por la innovación.
Tecnología e investigación para el desarrollo productivo y social.	<ul style="list-style-type: none"> • Formación y vinculación laboral del capital humano. • Fomentar generación de nuevo conocimiento con estándares internacionales. • Fomentar la mentalidad y la cultura para CTel. 	<ul style="list-style-type: none"> • 2% de los investigadores en el sector empresarial. • 0,91 citas de impacto en producción científica y colaboración internacional. • Nuevas becas y créditos para formar doctores apoyadas por Colciencias y aliados. • Nuevas estancias posdoctorales apoyadas por Colciencias y aliados. • Jóvenes investigadores apoyados por Colciencias y aliados. • 2.100 solicitudes de patentes presentadas por residentes en Oficina Nacional. • 55.000 nuevos artículos científicos publicados por investigadores colombianos en revistas científicas especializadas.
Innovación pública para un país moderno.	<ul style="list-style-type: none"> • Fortalecer el ecosistema de innovación pública. • Robustecer las condiciones institucionales para la innovación pública. • Promover una mentalidad y cultura afines a la innovación. • Crear mecanismos de apoyo y financiación. • Gestionar el conocimiento y aprendizaje para crear valor público. 	<ul style="list-style-type: none"> • 8.300 servidores públicos capacitados en innovación pública. • 24 desafíos públicos caracterizados y conectados con el ecosistema de innovación del sector privado. • 50 entidades del orden nacional y territorial medidas con el índice colombiano de innovación pública.

La perspectiva de la Misión en términos del conocimiento es distinta a la de la simple transferencia de tecnología. Para gestionar la incertidumbre de la convergencia que producen las nuevas tecnologías, la Misión es enfática en el desarrollo de capacidades nacionales de conocimiento. Esto quiere decir fortalecer la investigación para resolver problemas nacionales (Misión de Sabios,

2020: 27). Para ellos es fundamental la participación del Estado. La Misión propone intervenciones estatales conducentes a cambios que converjan en un gran propósito: hacer que el conocimiento sea la base del crecimiento económico y del desarrollo social, ambientalmente sostenibles, del pueblo colombiano (Misión de Sabios, 2020: 63).

En materia de productividad, la Misión parte de la realidad de que la manufactura se redujo a la mitad del porcentaje del PIB que tenía en los años ochenta y que la productividad total de los factores (PTF) hizo un aporte nulo al crecimiento económico entre 2000 y 2016, fenómeno que considera directamente asociado a la baja inversión en investigación y desarrollo (I+D) (Misión de Sabios, 2020: 29). Por lo tanto, se requiere concentrar los esfuerzos de inversión en el componente de investigación y desarrollo (I+D) porque este es el que refleja mejor la apropiación de conocimiento; y porque es indispensable asentar esta prioridad en el corazón de la ciudadanía (Misión de Sabios, 2020: 46).

Otra característica de la Misión es que hace un esfuerzo por transmitirle a la sociedad que la investigación científica y la innovación sirven para resolver los grandes problemas que afronta el mundo. En este sentido se identifica con la propuesta renovada de un “Estado emprendedor” planteada por Mariana Mazzucato, cuyo papel no es solo crear conocimiento por medio de laboratorios nacionales y universidades, sino movilizar recursos para que el conocimiento y las innovaciones se difundan en la economía (Mazzucato, 2019: 97). Esto reencaucha la idea de un Estado que dirija el proceso de desarrollo industrial implementando estrategias para el cambio tecnológico en áreas prioritarias.

La Misión propone entonces la metodología de misiones como una forma de resolver problemas concretos. Y ello lo hace mediante la identificación de cinco misiones emblemáticas que contribuyen a resolver tres grandes retos: 1) brindar a Colombia un modelo de economía sostenible basada en la diversidad natural y cultural; 2) convertir a Colombia en un país productivo y sostenible; y 3) volver a Colombia un país más equitativo. En la tabla 9 se pueden apreciar las misiones emblemáticas y sus programas respectivos, de esta manera el/la lector/a puede hacerse a una idea de las complejas relaciones que se establecen entre resolución de problemas sociales, conocimiento y productividad industrial/empresarial.

La visión de la empresa colombiana que mejora su productividad y competitividad a partir del conocimiento y la incidencia de distintos tipos de centros (investigación, desarrollo tecnológico) es el principal mensaje en mate-

ria de productividad en el informe de la Misión. Dado que existe un vacío en la generación y transferencia del conocimiento, el Estado debe crear una red de centros de investigación y desarrollo tecnológico por demanda, los cuales deben trabajar por resolver las necesidades de las pequeñas y medianas empresas (Misión de Sabios, 2020: 75). Los siguientes son los centros que deberían crearse:

- Centro de Investigaciones Biotecnológicas (Cenbiotec).
- Centro de Investigaciones en Océanos y Recursos Hidrobiológicos (Cenocer).
- Centro para la Cultura y las Industrias Creativas (Cencuic).
- Centro de Investigación y Desarrollo para las Tecnologías Convergentes y la Industria 4.0 (Cetconi).
- Centro de Investigación y Desarrollo para la Inteligencia Artificial (Cenia).
- Centro de Investigación y Desarrollo para la Energía (Cenergía).
- Centro de Investigación y Desarrollo para la Vida y la Salud.
- Centro Nacional de Investigación en Nanotecnología.

La lista de los deseos de la Misión es extensa. Al igual que con los documentos de política pública, cuando se revisan en detalle sus propuestas, se pueden identificar desafíos de concepción de los actores que participaron y que aparentemente son irreconciliables⁹. Sus propuestas

9 En el capítulo sobre el papel del conocimiento en el desarrollo de las regiones y de la articulación de las iniciativas locales de conocimiento, la Misión propone una investigación sobre recursos y patrimonio regional para diseñar alternativas sustentables en las regiones, partiendo del reconocimiento de sus visiones de mundo, sus formas de cognición y de sus formas de habitar el territorio (Misión de Sabios, 2020: 176); pero al mismo tiempo reitera la idea de planear el territorio con una mirada de especialización inteligente (*smart specialization*) que consiste en diseñar políticas contextualizadas y de inversión que complementen las vocaciones productivas

Tabla 9

Misiones emblemáticas planteadas por la Misión de Sabios 2019

MISIÓN EMBLEMÁTICA	MISIÓN
Colombia diversa, bioeconomía y economía creativa	En el 2030, la bioeconomía representará el 10% del PIB y la economía creativa representará el 8%, duplicando el valor de sus exportaciones y creando 100.000 nuevos empleos mediante una fuerte asociación público-privada que permitirá que Colombia conozca y valore la extensión de su megadiversidad natural y cultural, la conserve, la proteja y entienda su importancia, para así transformar las actividades económicas relacionadas con los sectores agroalimentario, cosmético, químico, textil, farmacéutico, cultural, forestal, artístico, energético y de salud, entre otros.
Agua y cambio climático	En 2030, Colombia garantizará a sus habitantes el acceso al agua potable, la calidad de sus cuerpos de agua, la gestión óptima del recurso y la protección de la sociedad ante eventos extremos, apropiándose del concepto del valor del agua. Esto demandará el conocimiento de la variabilidad espacial y temporal.
Colombia hacia un nuevo modelo productivo, sostenible y competitivo	La misión busca que, para el 2030, se dupliquen la producción de la industria manufacturera y las actividades profesionales científicas y técnicas, aumente la participación de las industrias digitales hasta 3% del PIB total y se dupliquen la producción de la agricultura y sus servicios profesionales, científicos y técnicos, por medio del aprovechamiento de las tecnologías convergentes e industrias 4.0, el suministro de productos y servicios de mayor complejidad, de alta calidad e impacto ambiental cada vez más reducido, y los consecuentes aumentos de la productividad y diversificación de la economía.
Conocimiento e innovación para la equidad	Reducir la desigualdad social y la pobreza multidimensional en Colombia a partir del conocimiento científico y la innovación social.
Educación con calidad para el crecimiento, la equidad y el desarrollo humano	A partir de 2045 todas y todos los jóvenes que cumplan 18 años han recibido educación con atención integral de 0 a 5 años; y accedido por lo menos a educación media diversificada o doble titulación (clásica + técnica).

Fuente: Misión de Sabios, 2020.

transversales repiten algunos puntos que ya son propios de los grupos de científicos, como el aumento de la financiación, la consolidación del Sistema Nacional de CTI y su deslinde del sistema de competitividad, la creación de una red de centros de investigación por demanda en distintos sectores y regiones, la universalización y renovación de la educación y la necesidad de aprovechar la

CTI para convertir al país en un referente de biodiversidad, industrias creativas, tecnologías convergentes e industria 4.0.

nacionales y creen capacidades domésticas, para evitar que las regiones apuesten a temas o nichos similares (Misión de Sabios, 2020: 177). La unidad del pensamiento que subyace en el conocimiento local y en los habitantes de las regiones es sin duda muy diferente a la visión fragmentada de especialización del territorio que subyace a una estrategia *smart* para fomentar la innovación.

6

PROPUESTAS PARA EL DEBATE POLÍTICO (POLITICS) Y DE LAS POLÍTICAS PÚBLICAS (POLICY)¹⁰

En el presente documento se ha presentado un panorama de la situación de Colombia en materia de innovación para el desarrollo productivo y en las concepciones del uso de la CTI según tres referentes relevantes de la política pública: la política nacional de desarrollo productivo, el Plan nacional de desarrollo y la Misión de Sabios 2019.

Con los insumos analizados es fácil concluir que la relación de la ciencia y la investigación con el sector productivo ha estado constantemente en la preocupación de quienes escriben los documentos de política de CTI, especialmente si se considera la convergencia de las políticas públicas en el entorno global y la presión para que la ciencia demuestre su efectividad y servicio a la sociedad.

El camino a seguir podría ser bastante evidente, ya que las recomendaciones y análisis de política de CTI han aumentado desde distintos sectores: aumento de la inversión para proyectos de investigación en empresas, fortalecimiento de las relaciones universidad-empresa, creación de unidades de I+D en empresas, incorporación de doctores en empresas, etcétera. Esto se ha dado a conocer especialmente en los últimos veinte años, en los que la cultura de monitoreo a la política pública se ha

incrementado no solo por parte de los estudiosos sino de la misma sociedad civil. Sin embargo, existen varios factores de tipo estructural que terminan incidiendo en la visión del papel del conocimiento en el sector productivo.

¿Qué tanta intervención del Estado o del sector privado se necesita para consolidar un mercado de empresas productivas? ¿Cómo conjugar la tradición de la cultura científica de excelencia con la de la pertinencia del conocimiento que resuelve problemas en plazos más cortos? ¿Podemos mejorar la calidad científica con modelos de ciencia abierta cuando los incentivos creados favorecen la cultura de la publicación en ambientes y prácticas más cerradas? ¿Se puede crecer productivamente y generar desarrollo combinando el conocimiento científico con el conocimiento local? ¿Cómo afrontar la realidad de las altas tasas de urbanización y concentración en las ciudades si queremos que la producción agrícola basada en el conocimiento sea la base de una economía diversificada? ¿Cuáles son los indicadores que nos dicen si avanzamos en la dirección correcta para convertir a la CTI en la base del desarrollo y de la productividad empresarial?¹¹. ¿Qué ocurriría si decidiéramos trabajar a futuro y hacer nuestras apuestas a investigaciones básicas que apenas si vislumbran sus aplicaciones?¹².

10 El autor agradece las entrevistas concedidas por algunos miembros de la Red de Gobernanza y Gestión del Conocimiento, Ciencia, Tecnología e Innovación (Red GCTI), quienes generosamente compartieron su conocimiento, discutieron críticamente la posición del autor y aportaron ideas en el campo de la política pública. Ellos y ellas son: Edwin Ramírez, Óscar Gualdrón, Iván Montenegro, Iván Hernández, Gonzalo Ordóñez, Mónica Salazar, Jaime Sierra, Juan Pablo Centeno, Kristina Ríos y Astrid Jaime. Igualmente, el autor agradece a Clemente Forero, coordinador de la Misión de Sabios llevada a cabo en 2019, quien también concedió una entrevista para la realización de este documento.

11 En este punto el autor piensa en los 32.000 artículos científicos que afirma la Misión de Sabios se necesitan como mínimo para lograr una masa crítica de desarrollo científico (Misión de Sabios, 2020: 56) o en el 1,8% del PIB que propone el gobierno de manera repetitiva como meta de la política.

12 Agradezco a Gonzalo Ordóñez el haberme planteado esta forma metodológica de presentar los desafíos de la política del CTI en forma de “clivajes”, es decir de articulaciones que deben hacerse o quiebres que deben unirse.

Desde el enfoque del cambio estructural, queda pendiente analizar la incidencia de las políticas comerciales y tributarias en el desarrollo científico y tecnológico. ¿Son las exenciones tributarias un mecanismo efectivo y suficiente para estimular en Colombia un mercado basado en la CTI? ¿Fueron los tratados de libre comercio, como estrategia por excelencia de la política comercial colombiana, lo suficientemente relevantes para fomentar la transferencia de conocimiento en sectores de punta?

Sin respuestas lo suficientemente claras a estos interrogantes, la historia de las políticas públicas de CTI durante los últimos veinte años ha demostrado que el tema se ha ido complejizando y que cada vez se identifican más actores e interacciones entre ellos que favorecen u obstaculizan los procesos de innovación. El enfoque de los sistemas nacionales de innovación¹³ ha servido sin duda para entender estas interacciones y para inspirar muchos de los conceptos que se utilizan en los documentos de política en Colombia. Sin embargo, la falta de asimilación crítica de dichos conceptos y de seguimiento a las propuestas planteadas en dichos documentos¹³, imposibilita tener una visión más cercana a la realidad de la innovación en las empresas y de los aportes del sector público y privado a la creación de una economía basada en la innovación.

Hechas estas aclaraciones, a continuación se ofrecen algunas recomendaciones de política a corto plazo y se presenta un planteamiento general que debe ajustarse y elaborarse en el largo plazo.

6.1 RECOMENDACIONES A CORTO PLAZO

- Recomendación 1. Refinamiento del papel de las empresas en las misiones emblemáticas planteadas por la Misión de Sabios y articulación de la política con la Agenda Nacional de Competitividad e Innovación (ANCI).

13 La metodología "Articulación para la competitividad" (ArCo) fue desarrollada por el Departamento Nacional de Planeación y la Consejería Presidencial para la Competitividad y tiene como objeto hacer seguimiento a instrumentos de política pública en materia de emprendimiento, desarrollo productivo y CTI.

Las ANCI quedaron planteadas en el decreto 1651 de 2019 que establece el funcionamiento del nuevo Sistema nacional de competitividad e innovación (SNCI). El nuevo Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación en Colombia deberá definir su trabajo de coordinación de política según este marco operativo, que dicho sea de paso fue muy criticado porque el gobierno lo expidió sin esperar las recomendaciones de la Misión de Sabios.

A pesar de esta incoherencia y de que la misma Misión de Sabios recomendó desligar el tema CTI del de competitividad, este es el marco que se tiene en el momento de escribir este documento y todas las instancias de coordinación de política relacionada con la CTI están involucradas en dicho sistema.

Es necesario entonces probar la capacidad de respuesta de este nuevo Sistema en materia de ejecución de misiones, ya que dentro de su alcance se encuentra la promoción del desarrollo socioeconómico, la productividad y el bienestar de la población (Presidencia de la República, 2019). Una posible ruta para ello sería: 1) refinar metodológicamente el proceso de implementación de cada misión; 2) posicionar el mecanismo de las misiones en la agenda del SNCI; 3) revisar las capacidades de las empresas existentes en Colombia para la realización de cada misión emblemática, especialmente de aquellas calificadas como innovadoras en sentido estricto y en sentido amplio; 4) analizar los obstáculos tributarios y de comercio que dichas empresas tendrían para contribuir a la misión con el fin de promover reformas coherentes en el marco del SNCI; 5) hacer pilotos por misiones emblemáticas y articularlas a las ANCI.

- Recomendación 2. Enfocar los esfuerzos en fortalecer los sistemas regionales de innovación.

La escala territorial en los procesos de innovación es relevante para la implementación de las políticas de CTI. Juntar la vocación de los territorios con sus posibilidades productivas es aceptado generalmente como un mecanismo de desarrollo socioeconómico. Y la literatura sobre innovación sigue explorando la riqueza de las escalas regionales (Cooke, 2012) para entender mejor las transiciones que desafían hoy a la sociedad (ejemplo de los combustibles fósiles a las emisiones cero de carbono; del conflicto armado a la construcción de paz).

Nuevamente los esfuerzos de política pública han dado pasos en esta dirección, pero la débil memoria institucional evita identificarlos. Las agendas regionales de CTI promovidas por Colciencias en el año 2000 y los más recientes Planes estratégicos departamentales de CTI (PEDCTI) son ejemplo de ello. Estos últimos hicieron ejercicios de prospectiva tecnológica muy juiciosos, basados en la metodología de cadenas productivas. En este sentido dieron varias pistas sobre las capacidades instaladas en los territorios y la posibilidad constituir redes para la creación de empresas exportadoras, que muy probablemente son pyme y pueden contribuir al cumplimiento de las misiones emblemáticas propuestas por la Misión de Sabios. Estos ejercicios y muchos otros realizados para CTI, desde distintas regiones, se han quedado sin discusiones de fondo. Tampoco se ha hecho un esfuerzo mayor por explicarlos a los mandatarios locales.

El Sistema nacional de CTI impulsado hasta ahora en Colombia sigue muy centralizado y es el momento de dejar que las regiones expresen sus potencialidades de innovación basadas en su propia institucionalidad. La creación de agencias regionales de innovación como Ruta N, Bogotá Connect o Neurocity en Manizales, marcan un nuevo patrón que puede estar mucho más cercano a la implementación de distintos tipos de misiones. El fondo de CTI de regalías fue un impulso importante para esto. Si su objetivo no se confunde con el de financiar la ciencia básica como única fuente, tiene un potencial importante. La metodología de evaluación de resultados creada por el DNP muestra dos aspectos interesantes: el aporte probable de estos proyectos al cumplimiento de los ODS y el hecho de que sus avances tecnológicos sean aprovechados por las comunidades.

Probablemente, desde el nivel central se necesitará hacer una revisión de capacidades ya que estas no están distribuidas equitativamente y crearlas en regiones apartadas requerirá mucho tiempo. Por tanto, se necesita diseñar un trabajo en red que basado en misiones construya una relación distinta de la CTI entre las ciudades principales y las menos desarrolladas. El foco de bioeconomía no tendrá mucho futuro si no se basa en sistemas regionales de innovación más robustos.

- Recomendación 3. Construir los vínculos con actores financieros que hasta ahora no han entrado al juego de manera decisiva.

Desde inicios de 2001 el Programa de tecnologías e información y comunicación (TIC) en la antigua Colciencias realizó pilotos para diseñar con el sector financiero programas de crédito con condiciones adecuadas para el desarrollo tecnológico. Casi veinte años después de esos intentos por convencer al sector financiero, los resultados son muy pobres. Las empresas siguen reportando como un obstáculo muy alto el acceso a financiamiento externo y la baja rentabilidad de la innovación (ver gráfica 1) y en Colombia el mercado de capital de riesgo es aún muy limitado (Bitrán et al., 2011)

Es posible que el sistema bancario tradicional no esté interesado o no le resulte rentable financiar la innovación debido a su riesgo e incertidumbre. Sin embargo, con la interlocución política y económica de un Ministerio de Ciencia, debería ser posible hablar abiertamente el tema con los bancos o ponerlo de nuevo en la agenda de la política pública colombiana. La financiación para etapas tempranas de la innovación está en plena discusión en los países de la Oede (Wilson, 2015). Con la reciente vinculación del país a esta organización, debería ser un asunto por explorar conjuntamente entre los ministerios de Ciencia, Tecnología e Innovación e Industria, Comercio y Turismo.

Por otro lado, está la figura de la banca para el desarrollo, que en el caso de Colombia es reciente para la innovación, pero que en países como Brasil ha significado un apoyo importante para la innovación en etapas tempranas. El Fondo Tecnológico del Banco Nacional de Desarrollo Económico y Social del Brasil (BNDES) es un claro ejemplo de apoyo a proyectos de CTI en áreas relevantes para el país como salud, energías renovables y medio ambiente (Scerri y Lastres, 2013). En Colombia, el asunto de los fondos de capital de riesgo está siendo revisado por el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación y Ruta N.

- Recomendación 4. Gobernanza multinivel del Sistema nacional de CTI y seguimiento de la política.

De una u otra forma, la creación de un SNCTI ha sido una obsesión de los documentos de política CTI en Colombia. Es la metáfora que genera mayores acuerdos entre los distintos actores involucrados en la innovación y ha permitido que los investigadores, los tomadores de decisiones y los empresarios encuentren un lenguaje común para construir un ecosistema que reconozca la I+D y los desarrollos tecnológicos que podrían ir al mercado.

A pesar de eso hay muchas tareas pendientes por realizar para ajustar ese conjunto de actores denominados SNCTI y que funcione de una manera más sistémica. Con la creación del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación se deben plantear los acuerdos transversales entre las instituciones del Estado que permitan una mejor coordinación de los planes y de la inversión. Aunque los SNCTI de los países más desarrollados están conformados por una diversidad de instituciones que parecieran alejadas en relación con sus misiones, tanto el gobierno como otras instituciones de interface han hecho un trabajo de “tejido” que habilita la comunicación y conecta los elementos necesarios para que la innovación ocurra.

En el caso de Colombia debe actuarse urgentemente para lograr las siguientes conexiones que son las más relevantes. En el nivel nacional:

- Conexión entre los ministerios de Ciencia, Tecnología e Innovación, y de Comercio, Industria y Turismo y el Sena para darle una unidad programática a la innovación en Colombia. Las tres instituciones tienen perspectivas y lecturas diferentes sobre la innovación y el desarrollo empresarial que son valiosas, pero que también deben ser complementadas para pensar en grandes programas para la promoción de la innovación y el desarrollo tecnológico.
- Articulación de los ministerios de Ciencia, Tecnología e Innovación y Educación para definir el asunto pendiente de la formación del recurso humano para la investigación. Ambas instituciones tienen competencias y ejecutan programas para fortalecer las universidades. Las becas para la formación de recurso humano para la investigación, que dicho sea de paso es una de las políticas más constantes de los últimos treinta

años, deben ser potenciadas por estas dos instituciones. Pero especialmente debe resolverse cómo se va a sacar provecho de todo ese recurso humano formado, para el cual no se tiene ni una estrategia de seguimiento ni una oferta estratégica concreta.

- Conexión del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación con el Congreso de la República. La Misión de Sabios planteó esta idea desde una perspectiva más de asesoría para toma de decisiones legislativas con fundamento científico. Sin embargo, aquí se propone explorar el papel que este nuevo Ministerio tiene para hacer propuestas de leyes que hagan circular las sinergias del SNCTI¹⁴ y exploren nuevas fuentes de financiación para promover la innovación empresarial.

En el ámbito regional:

- Con sus ventajas y desventajas, el fondo de CTI del Sistema general de regalías apenas comienza y debe irse perfilando como un instrumento mixto de promoción a la CTI. Los gobiernos regionales han ido institucionalizando su ejecución y no se puede negar que el fondo ha empezado a crear conciencia sobre inversión en CTI. El Ministerio Ciencia, Tecnología e Innovación y el Departamento Nacional de Planeación deben continuar afinando el instrumento de financiación y dejando que las regiones cada día puedan suplir más sus necesidades de desarrollo basadas en conocimiento.
- Hay que resolver si definitivamente se le concede un papel más relevante a los Consejos Departamentales de CTI (Codecti), especialmente en dos sentidos: como analistas y diseñadores de política regional y como orientadores de la inversión en el marco de las Agendas departamentales de competitividad e innovación recién establecidas por el Plan nacional de desarrollo.

14 Agradezco a Kristian Ríos por hacerme caer en cuenta de esta posibilidad cuando discutimos las formas posibles y viables de movilizar recursos financieros para el SNCTI.

- Recomendación 5. Resolver de manera rápida la tensión de la financiación para la ciencia básica

Es cierto que las ciencias básicas tienen una dificultad enorme por explicar a la sociedad, y especialmente al mundo de los tomadores de decisiones en materia de política, su función y sus resultados de largo plazo. Sin embargo, el país no debe olvidar que durante cuarenta años orientó su política a consolidar una comunidad científica que a finales de los sesenta casi ni existía, y que para ello se endeudó con créditos internacionales (Nupia, 2014; Nupia y Barón, 2013). Cuando estos créditos finalizaron la ciencia básica se siguió financiando del escaso presupuesto de Colciencias y la nueva fuente de financiación, el Fondo de CTI del Sistema general de regalías, cambió abruptamente las reglas de juego y el despegue de comunidades científicas incipientes.

El modelo lineal en el que la ciencia básica es la única forma de hacer innovación está revaluado. Pero es cierto que sin este tipo de ciencia es más difícil pensar en transformaciones estructurales y que respondan a necesidades propias. El Fondo de CTI de Regalías es una opción interesante para fortalecer a las regiones y explorar investigaciones pertinentes, pero cuando se constituyó debió reservar un porcentaje para mantener ese impulso que el país había iniciado cuarenta años atrás para consolidar la investigación básica. Como no lo hizo, la consolidación de la comunidad investigadora sufrió una desaceleración importante y las universidades y centros de investigación tienen un problema para sostener un ritmo básico de investigación.

Se debe buscar un acuerdo para garantizar la financiación de la ciencia básica mediante la evaluación de pares y la transmisión de una cultura científica que cultive la excelencia pero que también se sienta identificada con una responsabilidad social implícita.

6.2 UNA MISIÓN DE LARGO PLAZO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UNA PAZ SOSTENIBLE CON BASE EN EL CONOCIMIENTO Y LA INNOVACIÓN

La firma del Acuerdo de paz entre el Gobierno de Colombia y la guerrilla de las Farc-EP en noviembre de 2016

fue uno de los momentos más relevantes en la historia reciente del país. A pesar de que la narrativa de la paz se logró posicionar inicialmente en las más altas instancias políticas y directivas del país, el tiempo que demorará su implementación depende de la capacidad que tengan nuestras instituciones para mantener la meta de la paz en el horizonte y sortear las dificultades típicas de una empresa de este nivel.

La integración del conocimiento científico y la innovación en el análisis y la resolución de los problemas planteados por el conflicto armado es una acción posible y novedosa para afrontar la construcción de una paz estable y duradera. Alcanzar la paz por medio de la CTI podría ser la tarea que nos ocupara como sociedad en los próximos veinte años al menos. Ello requeriría, por ejemplo, un trabajo sostenido y combinado entre investigación académica tradicional (la producción del conocimiento sobre la paz) y coproducción de conocimiento (producción conjunta de conocimiento entre académicos y habitantes de los territorios afectados por el conflicto).

La pregunta entonces es por dónde empezar. Un punto de entrada posible es el mismo texto del Acuerdo de paz firmado en noviembre de 2016. Una lectura en clave de CTI nos permite identificar al menos cinco bloques temáticos que demandan de una producción sostenida de conocimiento:

- *Innovación agropecuaria*. En el marco del mecanismo de *fast track* habilitado por el gobierno para sancionar las leyes marco para el proceso de paz con las Farc, se sancionó la ley 1876 de 2017 que formaliza el Sistema nacional de innovación agropecuaria (SNIA). Los sistemas sectoriales de innovación, como el agropecuario, no han sido articulados suficientemente con los sistemas nacionales de CTI y de competitividad liderados desde el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación y el Ministerio de Industria, Comercio y Turismo respectivamente. Sin embargo, el SNIA es clave porque articula entidades del orden nacional y territorial y crea el servicio público de extensión agropecuaria, el cual es fundamental para la transferencia de tecnología del sector agropecuario. Un asunto estrechamente relacio-

nado con el punto 1 del Acuerdo de paz: reforma rural integral.

- *Medio ambiente y ordenamiento del suelo.* El Acuerdo de paz demanda conocimientos para zonificación, restauración y protección de territorios afectados por la violencia o que tienen el potencial de generar conflicto. Asimismo, destaca el papel que deben jugar los institutos de investigación ambiental del país: Humboldt, Sinchi, Ideam, Invemar e IIAP.
- *Narcotráfico.* Mapeo de la cadena de valor del narcotráfico mediante el Observatorio de Drogas de Colombia, un centro de producción de conocimiento que hace parte del Ministerio de Justicia y del Derecho.
- *Investigación judicial.* El Acuerdo demanda la incorporación de metodologías para investigar y judicializar organizaciones criminales y proteger a defensores de derechos humanos. Según el texto del Acuerdo, esto implica, por ejemplo, el fortalecimiento de las metodologías de selección de casos de la Jurisdicción Especial para la Paz (JEP) y la generación de conocimiento sobre la relación entre comunidades indígenas y aplicación de los derechos humanos. Igualmente incluye el fortalecimiento de la investigación criminal en la Policía Nacional.
- *Investigación forense.* Este es quizás uno de los temas en donde mayores avances de producción de conocimiento se requiere. La unificación de bases de datos para investigar la desaparición forzada y crear hipótesis que planteen nuevos caminos de búsqueda, la necesidad de consolidar una masa crítica de peritos y expertos en necropsias y la definición de estándares biodemográficos para identificación de cadáveres no identificados, son apenas algunos de los asuntos a que se hace referencia en el Acuerdo.

Siguiendo la idea de establecer objetivos concretos que sirvan de marco a la innovación necesaria para resolver problemas complejos (misiones) (Mazzucato y Dibb, 2019), una misión de CTI para lograr una paz sostenible podría estar conformada por los siguientes componentes:

- *Un componente de articulación de empresas y paz.* Esto debería estimular la filosofía de responsabilidad social empresarial de las empresas y la identificación de innovaciones tecnológicas y de procesos que se deberían realizar para, por ejemplo, incorporar laboralmente a los desmovilizados y catalizar sus conocimientos hacia posibles innovaciones de producto.
- *Uno de fortalecimiento de la innovación agropecuaria* para el desarrollo productivo de zonas afectadas por el conflicto con base en tecnologías de información y comunicación y aplicación de biotecnología.
- *Uno de fortalecimiento de la investigación ambiental* para protección de reservas ambientales.
- *Uno de fortalecimiento de la investigación forense* con el fin de consolidar definitivamente su conocimiento acumulado en esta área y generar un programa de investigación y producción de conocimiento para facilitar la búsqueda de desaparecidos, la identificación de cadáveres y en general acciones que desde la ciencia forense permitan la reparación de las víctimas y su reconocimiento.
- *La reconversión del sector defensa como agente proactivo para la construcción de paz y la promoción de la innovación y desarrollo empresarial.* El sector defensa ha demostrado ser un motor de innovación en los países desarrollados, especialmente durante la guerra fría, cuando se dieron un conjunto de arreglos entre el gobierno, la academia y los investigadores de la industria (Mowery, 2012: 1703). Después de la firma del Acuerdo de paz con la guerrilla de las Farc-EP se discutió mucho la posibilidad de que el gasto en el sector defensa disminuyera y los fondos se pudieran destinar a programas educativos y de ciencia, entre otros.

Tres años después de la firma del Acuerdo de paz la realidad es diferente. Colombia es el país de América Latina con más alta inversión militar y las exportaciones de la industria militar por concepto de productos y servicios pasaron de \$8.481 millo-

nes de pesos en 2017 a \$68.343 millones en 2018 y a \$75.945 millones en 2019 (Indumil, 2020), lo cual quiere decir que en solo dos años las exportaciones de la industria militar crecieron casi nueve veces. Es posible que estas exportaciones estén basadas en los productos logrados por concepto de innovación y desarrollo¹⁵.

El análisis del efecto de *spill over* que genera el sector defensa es un asunto sobre el que se conoce poco y podría constituirse en un componente importante para contribuir en la transformación de la industria militar. Aunque los gastos en I+D de la industria

militar siempre han sido difíciles de articular en una estrategia de país, la Unión Europea ha logrado incluir en sus programas regionales de CTI (Horizonte 2020) al sector defensa y sus posibles aplicaciones comerciales. De esta forma también podría revertirse la tendencia de Colombia como exportador de armamento. Las empresas del sector militar deben ser revisadas como parte del SNCTI y llegar a algunos acuerdos para que su avance tecnológico se pueda orientar al sector comercial civil.

15 Entre los productos resultado de diseño, desarrollo e innovación se encuentran la escopeta Santander ER-12, la pistola Córdova Bicentenario y la subametralladora Cal 9 mm. Pero resulta también interesante apreciar que la industria avanzó en investigaciones para producir emulsiones bombeables para voladura a cielo abierto de agregados y minerales para la construcción, diseño, modelado y simulación para cohete de 70 mm, desarrollo de plataforma robótica para desminado, entre otros.

REFERENCIAS

- Albis, N. e I. Álvarez.** 2014. *Desempeño innovador de las subsidiarias de empresas multinacionales en la industria manufacturera en Colombia*. Instituto Complutense de Estudios Internacionales - ICEI.
- . 2017. *Estimating technological spillover effects in presence of knowledge heterogeneous foreign subsidiaries: Evidence from Colombia*. Instituto Complutense de Estudios Internacionales - ICEI.
- Albis, N., J. M. García, E. Sánchez y H. Bayona-Rodríguez.** 2017. *Evaluación de políticas públicas de apoyo a la innovación sobre productividad de las empresas manufactureras y de servicios en Colombia*. Corporación Andina de Fomento - CAF.
- Bayona-Velásquez, E. M., D. D. Erazo-Ortiz y E. F. Martínez-González.** 2018. "La innovación en la industria manufacturera de Colombia 2013-2014". *Dimensión Empresarial*. 17 (1).
- Bitrán, E., J. M. Benavente y C. Maggi.** 2011. *Bases para una estrategia de innovación y competitividad en Colombia. Documento basado en Informe final de la consultoría realizada por el Centro de Productividad Universidad Adolfo Ibáñez (Chile)*.
- Centeno, J. P.** 2019. "La «territorialización» de la ciencia: una reflexión crítica de los seis años de funcionamiento del Fondo de Ciencia, Tecnología e Innovación, del Sistema General de Regalías". En *Seguimiento y análisis de políticas públicas en Colombia 2018* (pp. 89-113). Universidad Externado de Colombia. Bogotá.
- Conpes.** 2016. *Conpes 3866. Política nacional de desarrollo productivo* (p. 124) Documento de Política Económica y Social. Departamento Nacional de Planeación.
- Cooke, P.** 2012. *Complex adaptive innovation systems*. Routledge.
- Dane.** 2018. *Boletín técnico. Encuesta de desarrollo e innovación tecnológica en los sectores servicios y comercio (EDITS) 2016-2017*. Dane. Bogotá.
- . 2019. *Boletín técnico. Encuesta de desarrollo e innovación tecnológica. Sector industria manufacturera. 2017-2018*. Dane. Bogotá.
- DNP.** 2019. *Plan nacional de desarrollo 2019-2022. Pacto por Colombia, pacto por la equidad*. DNP. Bogotá.
- Edquist, C.** 2004. "Systems of Innovation: Perspectives and Challenges". En J. Fagerberg, D. Mowery y R. Nelson (eds.). *The Oxford Handbook of Innovation* (p. 674). Oxford University Press.
- Global Innovation Index.** 2019. *Global innovation index 2019. Creating healthy lives—The future of medical innovation* (p. 451). Cornell University, INSEAD, World Intellectual Property Organization.
- Gómez Gaviria, D. y G. Angarita.** 2014. *Política industrial: una propuesta de política a la luz de la tensión entre fallas de mercado y fallas de gobierno*. Fedesarrollo. Bogotá.
- Indumil.** 2020. *Informe de gestión 2019*. Indumil.
- Malaver, F. y M. Vargas.** 2004. "El comportamiento innovador en la industria colombiana: una exploración de sus recientes cambios". *Cuadernos de Administración*. 17 (27), 33-61.
- Mazzucato, M.** 2019. *El Estado emprendedor. Mitos del sector público frente al privado* RBA.
- Mazzucato, M. y G. Dibb.** 2019. *Missions: A beginner's guide. Policy Brief Series. IIIPP PB 09*. Institut for Innovation and Public Purpose - UCL.

Misión de Sabios. 2020. *Colombia hacia una sociedad del conocimiento. Reflexiones y propuestas*. Vol. 1.

Mora, H., D. Lucio-Arias, N. Albis y N. F. Villarreal. 2016. "Caracterización de la dinámica innovadora y productiva de las pymes manufactureras colombianas: un análisis descriptivo". En *Análisis de indicadores de ciencia y tecnología*. Universidad del Rosario. Bogotá.

Mowery, D. C. 2012. "Defense-related R&D as a model for «Grand Challenges» technology policies". *Research Policy*. 41, 1703-1715.

Nelson, R. R. 2008. "What enables rapid economic progress: What are the needed institutions?". *Research Policy*. 37, 1-11.

Nupia, C. M. 2014. *La política científica y tecnológica en Colombia, 1968-1991. Transferencia y aprendizaje a partir de modelos internacionales*. Editorial Universidad de Antioquia. Medellín.

-----, 2015. "El Plan nacional de desarrollo 2014-2018 y la política de ciencia, tecnología e innovación: avances en la coordinación de la política y ausencia de grandes inversiones en infraestructura para la investigación". En C. Isaza (ed.). *Anuario 2015. Seguimiento y Análisis de políticas públicas en Colombia* (p. 199). Universidad Externado de Colombia. Bogotá.

Nupia, C. M. y V. Barón. 2013. "El BID y Colciencias. Continuidades de las operaciones crediticias para ciencia, tecnología e innovación". En M. Salazar (ed.). *Colciencias cuarenta años: entre la legitimidad, la normatividad y la práctica* (pp. 530-587). Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología - OCyT.

Ocampo, J. A. 2020. *Structural change and industrial policy*.

OCyT. 2018. *Indicadores de ciencia y tecnología, 2018. Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología (OCyT)*. Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología - OCyT.

OECD. 2014. *OECD Reviews of Innovation Policy: Colombia 2014*. /content/book/9789264204638-en

-----, 2015. *Frascati manual: Proposed standard practice for surveys on research and experimental development, 6th edition*. The Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD).

OECD, UN y UNIDO. 2019. *Production transformation policy review of Colombia. Unleashing productivity*. OECD.

Orozco, L. A., D. Chavarro y C. F. Ruiz. 2010. "Los departamentos de I+D y la innovación en la industria manufacturera de Colombia: análisis comparativo desde el comportamiento organizacional". *Revista Innovar*. 20 (37), 101-116.

Polo, J. L., J. L. Ramos, A. A. Arrieta y N. Ramírez. 2018. "Impacto de la innovación sobre la conducta exportadora en el sector de alimentos y bebidas de Colombia". *Revista de Análisis Económico*. 33 (1), 89-120.

Presidencia de la República. 2019. *Decreto número 1651. Organización y funcionamiento del Sistema Nacional de Competitividad e Innovación (SNCI)*.

Sánchez-Torres, H. y P. Pérez. 2013. "El trasegar de Colciencias en la promoción de la innovación". En M. Salazar (ed.). *Colciencias cuarenta años: entre la legitimidad, la normatividad y la práctica* (pp. 416-481). Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología - OCyT.

Scerri, M. y H. M. M. Lastres (eds.). 2013. *The role of the state. National systems of innovation BRICS*. Routledge.

Wilson, K. E. 2015. "Policy lessons from financing innovative firms". *OECD science, technology and industry policy papers*. 24. OECD.

Zerda, Á. 2003. "Ciencia y tecnología en el plan de desarrollo". *Cuadernos de Economía*. 22 (39), 216-227.

ACERCA DEL AUTOR

Carlos Mauricio Nupia. Director Administrativo Instituto Colombo-Alemán para la Paz (CAPAZ) y profesor de Política CTI en la Universidad Pontificia Bolivariana de Medellín.

PIE DE IMPRENTA

Friedrich-Ebert-Stiftung (FES)
Calle 71 n° 11-90 | Bogotá-Colombia

Responsable

Kristina Birke Daniels

Directora del Proyecto Regional de Tributación
y representante de la FES Colombia

María Fernanda Valdés
Coordinadora de proyectos
mvaldes@fescol.org.co

Bogotá, noviembre de 2020

SOBRE ESTE PROYECTO

Presente en el país desde 1979, la Friedrich-Ebert-Stiftung en Colombia (Fescol) busca promover el análisis y el debate sobre políticas públicas, apoyar procesos de aprendizaje e intercambio con experiencias internacionales y dar visibilidad y reconocimiento a los esfuerzos en la construcción de paz.

Como fundación socialdemócrata, nos guían los valores de la libertad, la justicia y la solidaridad. Mediante nuestras actividades temáticas, ofrecemos un espacio de re-

flexión y análisis de la realidad nacional, promoviendo el trabajo en equipo y las alianzas institucionales con universidades, centros de pensamiento, medios de comunicación, organizaciones sociales y políticos progresistas. En el marco de estos esfuerzos desarrollamos grupos de trabajo con expertos (académicos y técnicos) y políticos, así como foros, seminarios y debates. Además, publicamos policy papers, análisis temáticos y libros.

Para más información, consulte

<https://www.fes-colombia.org>

El uso comercial de los materiales editados y publicados por la Friedrich-Ebert-Stiftung (FES) está prohibido sin autorización previa escrita de la FES.

