

COLOMBIA HACIA UNA SOCIEDAD DEL CONOCIMIENTO

Reflexiones y propuestas

Volumen 1



El futuro
es de todos

Gobierno
de Colombia



MISIÓN DE
SABIOS

COLOMBIA - 2019

**COLOMBIA
HACIA UNA
SOCIEDAD DEL
CONOCIMIENTO**

Reflexiones y Propuestas
volumen I

© Vicepresidencia de la República de Colombia
© Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación

Primera edición, 2020

ISBN Impreso: 978-958-5135-12-3

ISBN digital: 978-958-5135-13-0

Colección:

Misión Internacional de Sabios 2019

Edición y corrección de estilo

Angélica M. Olaya M.

Diseño de la colección y cubierta

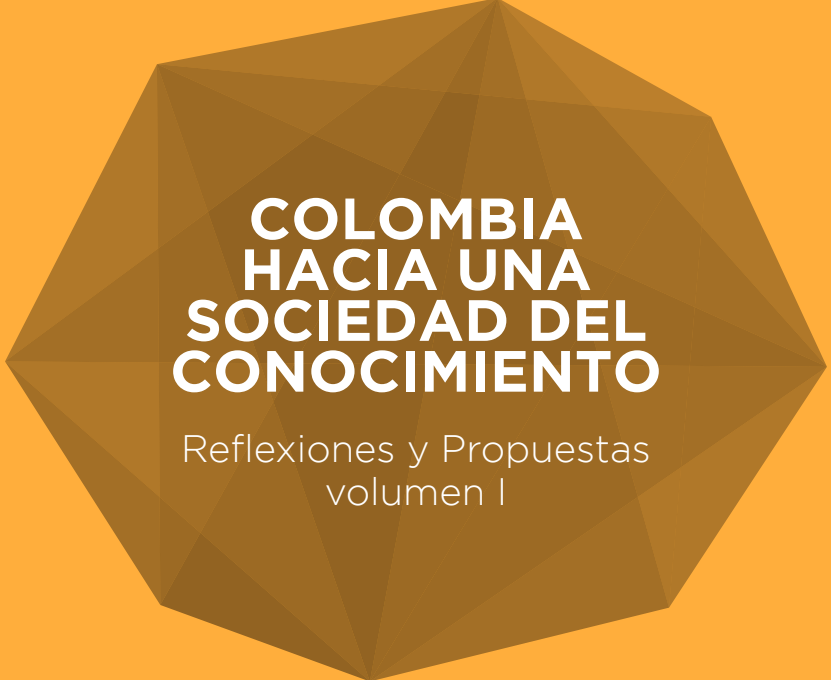
leonardofernandezsuarez.com

Diagramación

Leonardo Fernández Suárez

Bogotá, D. C., Colombia, 2020





**COLOMBIA
HACIA UNA
SOCIEDAD DEL
CONOCIMIENTO**

Reflexiones y Propuestas
volumen I

COMISIONADOS

Biología, Bioeconomía y Medio Ambiente

Silvia Restrepo, coordinadora
Cristian Samper
Federica di Palma (Reino Unido)
Elizabeth Hodson
Mabel Torres
Esteban Manrique Reol (España)
Michel Eddi (Francia)
Ludger Wessjohann (Alemania)
Germán Poveda Jaramillo

Ciencias Básicas y del Espacio

Moisés Wasserman Lerner, coordinador
Carmenza Duque Beltrán
Serge Haroche (Francia, premio Nobel)
Ana María Rey Ayala
Antonio Julio Copete Villa

Ciencias Sociales y Desarrollo Humano con Equidad

Clemente Forero Pineda, coordinador
Ana María Arjona
Sara Victoria Alvarado Salgado
William Maloney (Estados Unidos)
Stanislas Dehaene (Francia)
Johan Schot (Holanda)
Kyoong Sung Noh (Corea del Sur)

Ciencias de la Vida y la Salud

Juan Manuel Anaya, coordinador
Nubia Muñoz
Isabelle Magnin (Francia)
Rodolfo Llinás
Jorge Reynolds
Alejandro Jadad

Energía Sostenible

Juan Benavides Estévez-Bretón, coordinador
Angela Wilkinson (Reino Unido)
Eduardo Posada Flórez
José Fernando Isaza

Industrias Creativas y Culturales

Edgar Puentes, coordinador
Ramiro Osorio
Camila Loboguerrero
Lina Paola Rodríguez Fernández
Carlos Jacanamijoy
Alfredo Zolezzi (Chile)

Océanos y Recursos

Hidrobiológicos
Andrés Franco Herrera, coordinador
Weidler Antonio Guerra Curvelo
Jorge Reynolds Pombo
Juan Armando Sánchez
Sabrina Speich (Francia)

Tecnologías Convergentes Nano, Info y Cogno Industrias 4.0

María del Pilar Noriega E., coordinadora
Jean Paul Allain
Tim Andreas Osswald
Orlando Ayala

Coordinador de coordinadores

Clemente Forero Pineda

RELADORES, SECRETARÍAS TÉCNICAS Y EQUIPO DE APOYO

Biotecnología,
Bioeconomía y
Medio Ambiente
Secretaría Técnica –
Universidad de los
Andes, Vicerrectoría de
Investigación
Silvia Restrepo
María Fernanda Mideros
Claudia Carolina
Caballero Laguna
Guy Henry
Relator
Martín Ramírez

Ciencias Básicas
y del Espacio
Secretaría Técnica –
Universidad Nacional de
Colombia
Jairo Alexis Rodríguez López
Hernando Guillermo
Gaitán Duarte
Liliana Pulido Báez
Relator
Diego Alejandro
Torres Galindo

Ciencias Sociales y
Desarrollo Humano
con Equidad
Secretaría Técnica –
Universidad del Rosario,
Escuela de Ciencias
Humanas
Stéphanie Lavaux
Carlos Gustavo Patarroyo
María Martínez
Relatores
Juliana Valdés Pereira
Edgar Sánchez Cuevas
Paula Juliana
Guevara Posada

Ciencias de la
Vida y la Salud
Secretaría Técnica –
Universidad de Antioquia
Pablo Patiño
Relatores
Sara Valencia
Gabriela Puentes

Energía Sostenible
Secretaría Técnica –
Universidad Industrial
de Santander
Relator
Dionisio Laverde
Profesional de apoyo
Dooglas Ochoa

Industrias Creativas
y Culturales
Secretaría Técnica –
Pontificia Universidad
Javeriana, Vicerrectoría de
Investigación
Oscar Hernández Salgar
María Catalina Rodríguez
Luisa Fernanda Zorrilla
Relator
Eliécer Arenas Monsalve

Océanos y Recursos
Hidrobiológicos
Secretaría Técnica –
Universidad del Valle y
Universidad Jorge
Tadeo Lozano
Jaime Ricardo Cantera
Relatores
Francisco de
Paula Gutiérrez
Enrique Peña
Carlos Edwin Gómez
César Augusto Ruiz

Tecnologías
Convergentes
Nano, Info y Cogno
Industrias 4.0
Secretaría Técnica –
Universidad EAFIT y
Universidad del Norte
Mauricio Perfetti
Javier Páez Saavedra
Relatores
Mónica Lucía
Álvarez Lainez
Elías David Niño
Secretaría Técnica
de la Misión
Cristina Garmendia y
Science & Innovation Link
Office (SILO)

P15

uno

Proclama. Por una sociedad del conocimiento para la próxima generación

P25

dos

El horizonte de la Misión: acuerdo para una Colombia en la frontera del conocimiento

Colombia hoy: avances sobre bases vulnerables **p29**

Una teoría del cambio originado por la inversión en CTI **p30**

Propuestas transversales **p31**

Aumento y gestión de la financiación **p31**

Gobernanza eficaz del SNCTI y funciones del Ministerio CTI **p32**

Impulso a misiones y centros **p33**

Impulso a la educación **p34**

La necesidad de un acuerdo para desarrollar y aprovechar la CTI **p34**

P37

tres

Contexto y enfoque

El contexto de la Misión **p39**

El contexto nacional y el papel del conocimiento en el desarrollo del país **p41**

El estado actual de la cultura, la ciencia, la tecnología, la innovación y la educación en Colombia: estrategias modernas para mejorar su impacto **p49**

Revisión del papel y la interrelación de las universidades con los problemas del país **p49**

Integración de producción de nuevo conocimiento y producción de nuevas tecnologías **p50**

Hacia un nuevo enfoque en el análisis y la valoración del patrimonio natural y cultural **p53**

El papel del conocimiento en el futuro de Colombia **p54**

Justificación de la escogencia de los ocho focos. La relación entre los focos y las disciplinas y técnicas **p59**

El enfoque sistémico de las intervenciones propuestas **p62**

P67 *cuatro*

Reflexiones y propuestas generales

Ciencia, tecnología e innovación en la generación de conocimiento: el papel central e insustituible de la ciencia **p69**

La creación de centros o institutos que sirvan de interfase entre la ciencia y sociedad **p75**

Educación, desarrollo y transformación de la sociedad **p77**

Universalización de la educación con atención integral a la primera infancia **p82**

Universalización y diversificación de la educación secundaria y media **p83**

Las artes como instrumento de desarrollo personal y de fortalecimiento de la diversidad **p85**

El desarrollo de las habilidades socioemocionales como objetivo central del sistema educativo **p85**

Reestructuración del Sistema de Formación de Maestros: Instituto Superior de Investigación en Educación y Alta Formación de Maestros y Redes Subregionales de Centros de Innovación en Educación **p86**

Nuevos textos y contenidos educativos **p89**

Propuestas complementarias **p89**

La gobernanza de ciencia, tecnología e innovación **p95**

El Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SNCTI) **p95**

Estructura del Ministerio CTI **p97**

Misiones y centros para diseñar programas y enfocar el gasto **p98**

Sistemas de Innovación Regional (SIR) **p99**

Los actores: Estado, sector privado, tercer sector, instituciones educativas, comunidades **p100**

Propuestas **p106**

Las universidades en el Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación **p108**

Política general de datos abiertos **p113**

Institutos de investigación, centros de CTI autónomos y otras interfases **p116**

Política para centros e institutos de investigación **p116**

Antecedentes internacionales **p117**

Antecedentes nacionales **p126**

Desarrollos que se han dado en el país relacionados con una política para centros e institutos de investigación p134

Resumen de problemas detectados en las políticas para centros e institutos de ciencia, tecnología e innovación p141

Propuestas de política p143

Fortalecimiento del ecosistema científico mediante la integración de los institutos públicos de CTI p146

Iniciativa emblemática: Red Nacional de Viveros Creativos p152

Financiación p158

El financiamiento de la CTI en Colombia p158

Algunas experiencias internacionales de financiación de CTI p160

Reglas de financiación y programas CTI, riesgos de la inversión pública p161

Teoría del cambio y estructura gruesa de programas en CTI p163

Usos y fuentes de pago en CTI p165

La relación entre ciencia básica e innovación p165

¿Cuál es el papel de la financiación de la industria y qué se debe hacer con las regalías? p166

Orden de magnitud de las inversiones y asignaciones de usos y fuentes p167

Finanzas combinadas y otros instrumentos de financiación p170

El papel del conocimiento en el desarrollo de las regiones y la articulación de las iniciativas locales de conocimiento y desarrollo p174

La dimensión internacional del conocimiento: redes, diáspora, colaboraciones p180

La apropiación social del conocimiento p184

Propuestas comunicación - divulgación - cultura p184

Transferencia p189

Fallas y cambios necesarios en la formación y ejecución de políticas p191

Marco general de actuación para el desarrollo de la CTI p192

Reducción de barreras normativas para el desarrollo de la ciencia en Colombia p196

Reflexiones y propuestas de reformas de los focos de la Misión**Reflexiones y propuestas de reformas del Foco de Bioeconomía, Biotecnología y Medio Ambiente p215**

- Contexto p216
- Alcance p218
- Regionalización p219
- Internacionalización p219
- Propuestas y acciones p220

Reflexiones y propuestas de reformas del Foco de Ciencias Básicas y del Espacio p228

- Contexto y alcances p228
- Estado del campo de las ciencias básicas en Colombia p229
- Propuestas y convocatorias p230
- Relación con otros focos p235
- Proyecto específico de fortalecimiento de áreas en las que el país no tiene desarrollo p235

Reflexiones y propuestas de reformas del Foco de Ciencias Sociales y Desarrollo Humano con Equidad p237

- Contexto y enfoque p237
- Objetivo p237
- Propuestas y convocatorias p238
- Relaciones con las propuestas de otros focos p247

Reflexiones y propuestas de reformas del Foco de Ciencias de la Vida y de la Salud p249

- Contexto y alcance p249
- Estado del arte de la CTI en salud y bienestar en Colombia p250
- Propuesta p251
- Líneas programáticas p252

Reflexiones y propuestas de reformas del Foco de Energías Sostenibles p261

- Política pública en CTI para energía sostenible p261
- Las tendencias mundiales p263
- Colombia en energía p264
- Colombia en CTI para energía p266
- Recomendaciones p267

Reflexiones y propuestas de reformas del Foco de Industrias Creativas y Culturales **p270**

Contexto y alcance p270

Estado de las Industrias Creativas y Culturales (ICC) en Colombia p271

Propuestas p271

Reflexiones y propuestas de reformas del Foco de Océanos y Recursos Hidrobiológicos **p281**

Contexto y alcance p281

Estado del campo en Colombia p283

Propuestas y convocatorias p286

Relacionamiento con los otros focos p289

Reflexiones y propuestas de reformas del Foco de Tecnologías Convergentes e Industrias 4.0 **p292**

Contexto y alcance p292

Estado del campo en Colombia p294

Cobertura y acceso a internet en la educación básica en Colombia p294

Oferta de programas en educación superior, egresados y su nivel de formación p295

Grupos de investigación en las áreas NBIC e Industria 4.0: número, producción académica e impacto p296

Intensidad de conocimiento en temáticas del foco en el sector productivo p297

Condiciones para retener y atraer el talento humano –oportunidades de trabajo p298

Arquitectura Crítica para la Innovación y la Oportunidad Global p299

Propuestas p300

Retos de país apoyados en las temáticas del Foco p303

P305

seis

Misiones emblemáticas

La investigación orientada por misión (IOM). Política general **p307**

Origen y definición p307

Ejemplos de IOM a nivel internacional p311

Papel específico de las misiones en el contexto de Colombia p313

Propuestas para Colombia p313

Retos y misiones **p316**

Reto Colombia biodiversa: un modelo de economía sostenible basada en la diversidad natural y cultural **p319**

Misión emblemática Colombia diversa, bioeconomía y economía creativa: conocimiento, conservación, apropiación y uso sostenible del patrimonio cultural y natural para una economía sostenible **p320**

Misión emblemática Agua y cambio climático: conservación y uso sostenible del agua, minimización de los riesgos y maximización de la resiliencia de la biodiversidad, los ecosistemas y la sociedad frente al cambio climático **p342**

Retos Colombia productiva y sostenible **p365**

Misión emblemática Colombia hacia un nuevo modelo productivo, sostenible y competitivo **p365**

Retos Colombia equitativa **p381**

Misión emblemática: conocimiento e innovación para la equidad **p383**

Misión emblemática Educar con calidad para el crecimiento, la equidad y el desarrollo humano **p400**

P421 *siete* **Conclusiones**

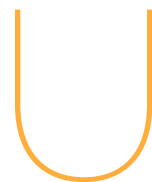
P429 *ocho* **Apéndice: Principales propuestas de la Misión Internacional de Sabios 2019**

P442 **Agradecimientos**

P446 **Listado de siglas**

WAL

**Proclama.
Por una
sociedad del
conocimiento
para la
próxima
generación**



Un país en donde todas las niñas y los niños puedan estudiar; en donde podamos tomar agua del río; en donde las personas sean alegres y vivan en paz; un país libre de violencia y en donde se pueda salir de la casa sin miedo; en donde haya convivencia entre las personas y se cuiden los animales, no haya hambre y recibamos bien a los inmigrantes; un país de todos los colores, en donde la tecnología se use para el bien, todas las basuras se reciclen o se conviertan en abonos, y la ciencia nos permita descubrir cosas fantásticas; en donde se respete a los indígenas y a los afrocolombianos, y haya oportunidades para los campesinos y las personas de bajos recursos; en donde todos tengan los mismos derechos, y los colegios no pongan problema para recibir a niños discapacitados; en donde la educación no se sienta como obligación y todos puedan aprender muchas cosas para lograr lo que quieren hacer en su vida; en donde los pobres y los inmigrantes tengan donde dormir; en donde se logren hallazgos científicos que le sirvan a todo el mundo; en donde todos nos respetemos y se crea en las ideas de los niños y de los adultos.

Lo anterior es el sueño combinado de muchos niños y adolescentes sobre lo que esperan que sea nuestro país dentro de veinte años. Es el sueño de Isabela, Carlos y Andrés de Mocoa, en el Putumayo; el de Angie de Pereira y Valeria de Puerto Concordia, en el Meta; el de Tomás en Rionegro y Valentina en Manizales; el de Samantha, Samuel, Santiago y Diego de Buinaima, en Bogotá, y el de varios centenares de niños y

jóvenes que viven en las ciudades y campos de nuestro territorio, quienes nos contaron sus sueños de país y lo que esperan de la ciencia en textos y poemas, o dibujados sobre banderas, árboles, montañas verdes, metros amarillos y ríos azules.

Pero este también es el sueño compartido de los investigadores y científicos colombianos, y de otros países que conformamos la Misión Internacional de Sabios 2019 por la Ciencia, la Tecnología, la Innovación y la Educación. Los niños de las grandes ciudades y de las pequeñas poblaciones de nuestro país y los científicos soñamos cosas parecidas. Los niños y los adolescentes tienen la capacidad de imaginar un futuro para Colombia; los investigadores, que trabajamos en los laboratorios o que nos desplazamos por el país, tratando de entender a las personas, las comunidades, las riquezas naturales o los mares nacionales, luchamos para conservar la curiosidad y la capacidad de soñar el futuro que tuvimos en nuestra infancia.

Pensar, diseñar y construir ese país posible es una tarea a la que todos los colombianos estamos convocados. Lo que ha hecho este grupo de investigadores, desde el científico que recorrió durante un mes las costas de nuestro país para pensar la Misión, hasta el premio Nobel que nos acompañó en nuestro ejercicio propositivo, fue señalar una ruta para llegar a ese país de los sueños compartidos. Conscientes de los planes que desarrollan los gobiernos para sus períodos de cuatro años, tratamos de partir de una visión de lo que puede ser la Colombia de la próxima generación, la que vivirán estos niños dentro de veinte o treinta años. Quisimos anticipar los logros y los problemas que vivirán, y pensar en lo que se debe hacer para prepararnos y para que las nuevas generaciones cosechen los frutos de esta reflexión.

En la búsqueda de esos caminos, encontramos que el conocimiento científico, la investigación guiada por la curiosidad, los desarrollos tecnológicos, la innovación y la creación, sostenidos por una educación a la que todos puedan acceder, de calidad, y que forme no solamente las mentes sino el carácter de las personas, abre las puertas de ese país que esperan vivir los niños y los jóvenes de Colombia; un país en donde los niños puedan no solamente soñar sino imaginar, crear, experimentar y

descubrir; un país en donde también los adultos y los adultos mayores tengan amplias oportunidades de aprender a lo largo de sus vidas.

Por ello, la Misión propone, como primera gran tarea de nuestra sociedad, que el Estado, las familias, las empresas grandes y pequeñas, nuestros maestros y, nosotros, los investigadores entre ellos, permanezcamos vigilantes para que todas las niñas y niños, desde el momento de su concepción hasta los 5 años, accedan a una educación diseñada para ellos, con nutrición adecuada, acceso a la salud, afecto, respeto y atención. Esta sería la manera de romper las brechas, para que todos puedan aspirar a llegar a las escuelas, los colegios y las universidades e institutos con que sueñan; y luego a los laboratorios de investigación, a los talleres, estudios y empresas, con igualdad efectiva de oportunidades y con las capacidades necesarias para aprovecharlas.

Cuando se piensa en el país de esa nueva generación, la educación integral de cero a cinco años se convierte en la más alta prioridad. Allí empieza todo. En ese corto espacio de tiempo se establecen más del 90 % de las conexiones neuronales del cerebro humano, se aprenden la empatía y la convivencia, la ética, la aceptación de la diversidad, la creatividad y se desarrolla la capacidad de ser felices. El Estado y la sociedad han dado pasos para avanzar en este sentido y han logrado avances durante décadas, pero es indispensable llegar más allá y más pronto.

También estamos pensando en nuestros adolescentes. Queremos verlos estudiando, desarrollándose, abriendo opciones de vida, construyendo su libertad a partir de una educación media diversa, que aproveche los potenciales de la economía local y de la cultura y las tradiciones de la comunidad. Queremos que continúen soñando con la libertad de escoger sus destinos que les ofrece una educación de calidad. Esperamos que todos tengan las bases científicas y culturales necesarias, la comprensión de sus contextos local y global, para enfrentar los cambios de actividad que les esperan en sus vidas por cuenta de los avances de la ciencia y de la tecnología, cualquiera que sea el camino que hayan escogido. Abrirles este abanico de opciones y darles la posibilidad de elegir quiénes serán, no solo es un sueño compartido sino una tarea urgente en un país que aspira a derrotar la violencia, la inseguridad y la frustración.

Nuestros jóvenes están demandando que las universidades, los centros de investigación, los empresarios, los trabajadores, los maestros, los investigadores, las instituciones del Estado y los innovadores sociales asuman nuevos roles. Una concertación de todos ellos es necesaria para avanzar, porque para ello se requieren recursos; empezando por los del Estado, que se ha comprometido en este Gobierno a hacerlo y que tiene que ganarse la confianza del sector privado en esta apuesta por el futuro.

La Misión de Sabios, que convocó en febrero de 2019 el señor Presidente de la República y cuya orientación le encargó a la señora Vicepresidenta, hace un llamado al Gobierno nacional, a las regiones y a la sociedad colombiana a hacer esfuerzos, que van más allá de lo planeado hasta ahora, para fortalecer las ciencias básicas naturales, sociales y humanas, y la creación artística. Sin el concurso de las ciencias y las artes, ningún país ha logrado desarrollar tecnología ni procesos continuados de innovación y de diseño, y por ende de fortalecimiento sostenido de su productividad y su competitividad. Cuando Colombia haya desarrollado suficientemente estas ciencias, será más fácil estimular la demanda de las empresas por el conocimiento que les asegurará su supervivencia.

Los esfuerzos que se requieren implicarán contratación de créditos, reorientación de presupuestos y propuestas de actos legislativos reformativos de la Constitución, para que las regiones destinen el 25 % de las regalías a la educación de la primera infancia, la creación de centros regionales de innovación, y el impulso a la investigación y a las redes de centros comunitarios de innovación.

Para aprovechar esos recursos de la mejor manera posible, la Misión de Sabios se desdobra a partir de hoy en cinco misiones, que tienen la virtud de combinar la investigación básica y la creación con los procesos innovadores y las acciones para transformar los procesos productivos y la vida de las ciudades y de las comunidades.

1. Colombia tiene hoy la oportunidad de desarrollar el conocimiento necesario para aprovechar el valor del agua y para prepararse para el cambio climático global. Las metas de esa búsqueda de conocimiento apuntan a que en 2030 todos los colombianos tengan

acceso al agua potable, mantengan la calidad de sus cuerpos de agua y se proteja a la sociedad frente a eventos extremos.


2. Nuestro país necesita conocer, potenciar y aprovechar los recursos de su diversidad biológica y cultural para construir una bioeconomía y una economía creativa que liderarán la transición a un nuevo modelo productivo. Con este conocimiento se podrán transformar los sectores que producen alimentos, productos farmacéuticos, textiles, cosméticos, energía, contenidos para las industrias creativas, etc. Pero especialmente se preservará la diversidad, se fortalecerán las identidades culturales y se generará un sentido de pertenencia muy necesario para el país.
3. Colombia puede adoptar un nuevo modelo productivo, sostenible y competitivo como el que le ofrecen la revolución industrial en ciernes, la producción integrada, la convergencia de tecnologías y disciplinas, y la transición hacia una energía más amigable con el medio ambiente. Si ello ocurre, podremos tener industrias verdes, usar materiales inteligentes y sostenibles, aprovechar inmensas posibilidades de energías renovables, recoger los frutos de estar todos conectados y disminuir las brechas entre la vida rural y la de las ciudades.
4. Estos caminos deben converger hacia una Colombia más equitativa. Muchos países del mundo enfrentan hoy riesgos de fragmentación social por la exclusión histórica de grandes capas de su población. Por ello pensamos que el crecimiento económico solo es sostenible si se acompaña de equidad e inclusión, con políticas sociales que incorporen conocimiento interdisciplinar para trascender una mirada asistencialista. El papel de la ciencia y la innovación social en el diseño de soluciones para cada contexto es esencial para alcanzar los objetivos de una Colombia con oportunidades para todos.
5. Colombia requiere crecer y ser más equitativa. Estos no son objetivos incompatibles, como lo muestran variadas historias de países que han logrado avanzar simultáneamente en el logro de esos propósitos cuando han optado por ofrecer acceso a la educación

a amplias capas de su población. Conscientes de ello, todos los miembros de la Misión hicimos reflexiones y propuestas sobre las tareas en las que debemos avanzar para que muchos más puedan acceder a una educación de calidad, que contribuya a cerrar las brechas y que abra el camino hacia una Colombia que progresa por el conocimiento y el trabajo de su gente.

Cuando las naciones se proponen objetivos grandes, transformaciones significativas, metas ambiciosas pero posibles, definen misiones. En las misiones convergen las decisiones y los esfuerzos de ministerios, entidades, organizaciones y empresas con los aportes y anhelos de los ciudadanos. Hoy, los miembros de la Misión de Sabios estamos proponiéndole al Gobierno nacional que, en representación de la Nación entera, dé los pasos definitivos hacia la ruta que nos llevará a la Colombia del conocimiento, para que este sea el legado que le dejemos a la próxima generación.



**El horizonte
de la Misión:
acuerdo
para una
Colombia en
la frontera del
conocimiento**



La Misión Internacional de Sabios 2019 integra los aportes de 46 investigadores colombianos y extranjeros, agrupados en ocho focos temáticos. La Misión advierte sobre la urgencia de emprender acciones e iniciativas que atiendan un entorno económico global complejo y asuman los retos de diversificar y modernizar la economía en consonancia con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

El mundo avanza en medio de una convergencia tecnológica a gran escala, de alta velocidad, intensidad y capacidad de transformación social, cultural y económica. El fenómeno conocido como la cuarta revolución industrial reconfigurará las cadenas productivas, y proveerá nuevos modelos de servicios y negocio que pueden mejorar la productividad y el bienestar, pero que también deben tener en cuenta las crecientes demandas de energía, protección de los recursos naturales y mayores niveles de educación.

La convergencia de ciencias y tecnologías en dominios antes separados —por ejemplo, la nanotecnología, la biología y las disciplinas cognitivas— tendrá impactos que abarcan desde la mejora de la salud, con ayuda de herramientas superiores de diagnóstico médico y tratamiento de enfermedades, hasta el cambio en los oficios —los del 2020 no serán los mismos para 2050— y la modificación de las organizaciones y las relaciones sociales.

Para aprovechar los avances y gestionar la inevitable incertidumbre que genera dicha convergencia, es preciso desarrollar capacidades nacionales. En primer término, los colombianos deben recibir una formación

fundamental y versátil para el cambio. En segundo término, hay que diseñar estrategias coordinadas en varios frentes, que incluyan la gobernanza del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación y estructuras de gestión eficaces y flexibles, propuestas en este documento.

Colombia tiene la oportunidad de convertirse en líder tecnológico internacional en ciertas áreas de biotecnología, industrias creativas e industria 4.0, al aprovechar sus dotaciones de suelo, agua y recursos hidrobiológicos, biodiversidad, radiación solar y localización; su diversidad cultural; las capacidades de sus principales universidades y egresados; los conocimientos ancestrales y los vínculos con la diáspora de talentos vinculados a entidades investigativas de primer nivel.

Un país no puede depender de otros países en conocimiento básico para tener un desarrollo económico acelerado o para disputar posiciones relevantes en la economía global. La generación de riqueza está crecientemente asociada a la productividad científica y requiere crear nuevas industrias y desarrollar tecnologías propias basadas en las capacidades de nuestra población y de nuestros recursos naturales, a la vez que las conservamos para el bienestar de largo plazo de nuestra nación. La generación de conocimiento y el crecimiento económico se dinamizarán si se llega a un acuerdo explícito entre el Estado, el sector privado, la sociedad y la academia para remar en una sola dirección.

Colombia hoy: avances sobre bases vulnerables

Colombia ha progresado en diversos frentes en las dos últimas décadas. Por ejemplo, el producto interno bruto (PIB) per cápita se duplicó entre 2000 y 2017 (USD 6,651 en 2017) y la clase media es ahora más numerosa que los pobres. Sin embargo, persisten grandes debilidades estructurales en un contexto internacional de cambio tecnológico acelerado y mucha incertidumbre. La economía es poco diversificada y es de baja complejidad. Aunque el coeficiente de Gini mejoró al pasar de 0.56 en 2010 a 0.51 en 2018, es uno de los más altos de América Latina. El 80 % de las exportaciones proviene de la minería. La manufactura se redujo a la mitad del porcentaje del PIB que tenía en los años ochenta. La deficiencia más preocupante de la economía colombiana es que la productividad total de los factores (PTF) hizo un aporte nulo al crecimiento económico entre 2000 y 2016, fenómeno directamente asociado a la baja inversión en investigación y desarrollo (I+D).

Una teoría del cambio originado por la inversión en CTI

La meta de la inversión en ciencia, tecnología e innovación (CTI) es aumentar la productividad de la economía a través de mejores productos y servicios, que tienen su origen en una mezcla de inversiones públicas y privadas en cuatro tipos de programas: investigación de excelencia; colaboración entre industria e investigadores y transferencia de tecnología (misiones + centros); innovación por I+D empresarial; y adopción y emprendimientos innovadores '*startups*' no basados en I+D. Las metas de productividad deben enfrentar los grandes retos sociales y ambientales de Colombia con políticas públicas y regulaciones que estimulen contribuciones locales a la solución de problemas más globales.

La relación entre I+D y crecimiento económico es de largo plazo y exige paciencia para consolidarse. Bajo ciertos supuestos plausibles, un incremento del 20 % de la inversión en I+D aumentaría el PIB en 1.12 %, resultado que se observaría con un rezago de 5 años.

Propuestas transversales

Por las consideraciones anteriores, la Misión considera indispensable, para el futuro de la CTI y el progreso del país, que se implanten cuatro propuestas transversales:

Aumento y gestión de la financiación

El financiamiento de la CTI en Colombia ha sido crónicamente bajo y es el principal cuello de botella para su desarrollo. El sector público debe financiar/cofinanciar la CTI que no tiene rentabilidad privada alta, pero que tiene beneficios sociales esperados altos, especialmente la CTI de alto riesgo con una orientación pública emprendedora. El sector público no debe financiar la CTI de baja rentabilidad privada y cuya rentabilidad social, incluyendo todas sus externalidades, sea inferior al costo de los fondos públicos. Por último, el sector privado debe financiar la CTI de rentabilidad privada alta.

Para pasar del 0.25 al 1.50 % del PIB en CTI (\$16 billones anuales, equivalentes a construir un metro de Bogotá cada año) se requieren (i) aumentos sustanciales de la financiación pública y (ii) capacidad en ingeniería financiera en diseño de instrumentos de *finanzas combinadas*, que incluye incentivos de cofinanciación, estímulos para la I+D privada, impulso a los ecosistemas de financiación temprana, mecanismos de mejora crediticia y emisión de instrumentos de deuda, entre otros. Estas dos tareas son de gran envergadura y complejidad. Exigen un equipo fuerte y sofisticado que entienda las restricciones de las fuentes y las características de los usos, que no se puede conformar con una política fiscal de costo cero.

Con ayuda de un modelo sencillo de la evolución del esfuerzo público y privado de financiación, la senda de inversiones en I+D seguiría dos fases: la Fase 1 ('capital público paciente') se caracteriza por un esfuerzo alto del sector público y la Fase 2 ('despegue de I+D privado') por un repunte

de la inversión privada. Al final de la Fase 1 en 2023 se podría llegar a un 0.8 % de inversión total en I+D como porcentaje del PIB, y al final de la Fase 2 se podría llegar a un 1.2 % de inversión total en I+D como porcentaje del PIB.

Gobernanza eficaz del SNCTI y funciones del Ministerio CTI

El Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SNCTI) debe ser diferente del Sistema Nacional de Competitividad y no debe estar incluido o depender de él. El SNCTI debe ser de participación abierta. Los elementos imprescindibles de la gobernanza del SNCTI son: (i) el Ministerio de CTI; (ii) un Consejo Nacional de Política de CTI, compuesto por expertos que recomiendan al Presidente sobre los desarrollos de CTI en el país; (iii) un Consejo Científico Nacional (instancia consultiva sobre asuntos científicos y éticos de la investigación); (iv) una agencia ejecutora de los programas en CTI, con altas capacidades de ingeniería financiera y (v) mecanismos de relacionamiento y coordinación del Ministerio de CTI con el resto de las autoridades nacionales y regionales, la industria y la sociedad civil, dentro de los cuales se resaltan los Sistemas de Innovación Regional.

El nuevo Ministerio, como un director de orquesta, liderará la estructuración de proyectos con iniciativas atractivas a nivel internacional mediante un sistema eficiente y ágil de cooperación y gestión del conocimiento, que potencie los vínculos entre universidad-empresa-Estado-sociedad civil y medio ambiente, que integre las posibilidades de cada territorio y a través de redes de cooperación de carácter interdisciplinar e intersectorial.

Como cabeza del SNCTI, el Ministerio de CTI debe organizarse con base en tres principios: (i) separación entre formulación de políticas y ejecución; (ii) estructura funcional; y (iii) desarrollo de factores habilitantes. El primer principio exige crear una agencia ejecutora con amplias capacidades de estructuración financiera, el Fondo Francisco José de Caldas no posee tales competencias. El segundo principio implica reconocer las funciones diferenciadas de creación de conocimiento básico, desarrollo y transferencia de tecnología, impulso a la I+D privada y adopción de

tecnologías de frontera, para ordenar los programas, estímulos y modelos de financiación. El tercer principio requiere dar cabida a actividades que son complementos necesarios para que la ciudadanía saque provecho de la CTI, como la formación de talento, la organización de redes y la apropiación del conocimiento.

Estos principios son suficientemente flexibles para acomodar prioridades específicas de las regiones o los sectores, y las iniciáticas de investigación + creación. De acuerdo con ello, el Ministerio debe disponer de (i) un Viceministerio de creación de conocimiento y desarrollo de tecnología, y (ii) un Viceministerio de talento y apropiación social del conocimiento. Adicionalmente, el Ministerio simplificará los procesos administrativos y la regulación de la actividad científica y tecnológica, que son un serio impedimento para su progreso.

Impulso a misiones y centros

Dos instrumentos poderosos para evitar la actual atomización y uso disperso de los fondos son las misiones y los centros. Las misiones orientan la investigación en torno a la solución de retos transversales específicos o al desarrollo de iniciativas creativas, que sean atractivos internacionalmente. Los centros generan economías de escala, alcance y aglomeración para la transferencia tecnológica, con ventajas sobre las iniciativas bilaterales entre investigadores e industrias particulares.

Deben ser un vehículo neutral (independientes de las universidades y de los industriales), regidos por derecho privado, con altas habilidades de facilitación de acuerdos entre las partes y capacidad de comercialización. Son ideales para la gestión de la innovación acumulativa.

Además de mejorar la eficacia de la asignación de fondos, las misiones y los centros pueden (i) resolver la falsa dicotomía entre producción de conocimiento básico y aplicado, (ii) facilitar la relación entre industria y academia, y (iii) ayudar a implementar una política simultánea de adopción y transferencia para acercarse más rápidamente a la frontera tecnológica.

Impulso a la educación

La educación siempre ha sido un factor crítico para el desarrollo humano y la transformación efectiva de las sociedades, y lo será aún más en el contexto del cambio tecnológico acelerado y la transformación del medio ambiente. Hay que entender e identificar las características para una educación transformadora, que demanda pedagogías nuevas. Se requiere (i) avanzar rápidamente en la universalización del acceso y la calidad de la educación, el desarrollo de la curiosidad, la creatividad, la sensibilidad y el pensamiento estético, la nutrición, la salud, el afecto y demás componentes de atención integral a todas las niñas y niños en el rango de edades de 0 a 5 años, y (ii) en la diversificación y universalización de la educación secundaria.

Estas dos transformaciones requieren capacitar muchos más maestros y trabajar en la creación de programas de educación continuada y de compartir aprendizajes a formadores que actualmente están en el Sistema Educativo. Para ello, se propone crear el Instituto Superior de Investigación en Educación y Alta Formación de Maestros. De igual manera, se plantea un plan agresivo de becas y estímulos para el estudio de las ciencias básicas con el fin de acercar la investigación y la docencia.

Así mismo, la Misión hace una serie de sugerencias de cambios estructurales y pedagógicos al sistema educativo, para soportar el aprendizaje y actualización permanentes y a lo largo de la vida a partir de la generación de un gran ecosistema de aprendizaje. Adicionalmente, se propone transformar la educación media del país e innovar métodos, herramientas y gestión educativa a partir de las grandes posibilidades que ofrece el desarrollo de las tecnologías convergentes e industria 4.0.

La necesidad de un acuerdo para desarrollar y aprovechar la CTI

Para que Colombia se consolide como referente en CTI en biodiversidad (y las actividades basadas en ella, tales como biotecnología, agricultura o turismo), industrias creativas, tecnologías convergentes e industria 4.0,

es indispensable llegar a un acuerdo en el que: (i) las grandes empresas anticipen que el cambio tecnológico es inevitable y que llegará no como artefacto, sino como competidor, a menos que inviertan en I+D; (ii) las universidades se ganen la confianza de empresas y gobiernos regionales con solución a sus problemas: sobre resultados visibles se pueden investigar problemas cada vez más sofisticados. Los premios a los investigadores deben reflejar su aporte al diseño de soluciones; y (iii) el Gobierno tiene la oportunidad de liderar la agenda de CTI aumentando la financiación pública en ciencia básica y en cofinanciación de investigación y desarrollo precompetitivo, por el hecho de que no hay alternativa para crecer y que el Estado debe asumir una actitud emprendedora.

La relación entre ciencia básica y sus aplicaciones es de mutuo refuerzo. La investigación combinará la curiosidad con la orientación por misiones. En el estado de la economía y de la ciencia en Colombia se deberá emprender un camino paralelo de desarrollo de capacidades domésticas en ciencias básicas y tecnología, y de adopción acelerada de tecnologías de frontera.

Con los esfuerzos alineados de todos los actores y la implementación de las propuestas enunciadas, Colombia tendrá en una década una investigación básica más consolidada y vigorosa, asociada a una dinámica empresarial innovadora y al aumento del bienestar de su población. Así, Colombia se consolidará como un país referente en CTI en biodiversidad, economía creativa, ciertas áreas de las tecnologías convergentes e industria 4.0. En particular, a Colombia le llegó la hora de convertirse en una potencia científica que usa y conserva su biodiversidad y su diversidad cultural. No hay otro país con las ventajas comparativas y el talento para asumir ese liderazgo.



The background is a solid orange color. Overlaid on this are two large, white, stylized letters: a lowercase 'a' on the left and a lowercase 's' on the right. The 'a' has a vertical oval-shaped cutout in its upper part. The 's' is a simple, rounded shape. The text 'Contexto y enfoque' is centered over the space between these two letters.

Contexto y enfoque

El contexto de la Misión

La Misión Internacional de Sabios convocada por el Presidente de Colombia en 2019 es la tercera de las misiones de ciencia, tecnología, innovación, educación y desarrollo que se han llevado a cabo y que suman tres décadas. En 1987, con ocasión del *Foro de ciencia y tecnología* que congregó a representantes del Gobierno, empresarios e investigadores, se planteó la necesidad de una reflexión nacional acerca del papel que la ciencia y la tecnología habían desempeñado hasta el momento y el que deberían desempeñar hacia el futuro. Al año siguiente se convocó la *Misión de Ciencia y Tecnología*, que entregó su informe en enero de 1991, se decretó el Año de la Ciencia y la Tecnología y se inició el proceso de formulación de la que después sería la ley 29 de enero de 1990. Parte de las recomendaciones de la Misión se plasmaron en un conjunto de decretos derivados de esa ley. Entre las recomendaciones que fueron implementadas se destaca la propuesta de integrar un Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología, y la convocatoria a conformar redes de distintos tipos alrededor de la creación y transferencia del conocimiento. Por el contrario, entre las recomendaciones que no fueron incorporadas se encuentra la de articular el manejo presupuestal de todos los Ministerios mediante un proceso formal de armonización y la de iniciar la formación para la ciencia desde el preescolar.

En 1993, el Gobierno Nacional convocó la *Misión de Ciencia, Educación y Desarrollo*. El informe de esta Misión, titulado *Colombia al Filo de la Oportunidad* (1994), hizo recomendaciones sobre los tres objetos de su encargo, además de proponer políticas de tecnología y un modelo de organizaciones privadas y públicas centrado en el aprendizaje. Reiteró la

importancia de dedicar un 2 % del valor del PIB a la investigación y el desarrollo; propuso la formación de 30.000 doctores en 10 años, como una manera de recuperar el retraso en la formación de recursos humanos para la investigación; sugirió mecanismos para integrar la ciencia y la tecnología; planteó la creación de institutos de educación media y técnica vinculados estrechamente a las posibilidades de producción locales; propuso cambiar los modelos educativos en todos los niveles, así como la relación entre la población colombiana y el conocimiento; recomendó la formación de jóvenes investigadores desde los primeros años de universidad, entre muchas otras. Algunas de estas recomendaciones fueron acogidas, pero otras nunca fueron implementadas.

La Misión Internacional de Sabios 2019 convocada por el Presidente de la República ha reunido a 46 investigadores colombianos y extranjeros, agrupados en ocho focos temáticos. El Gobierno nacional le encomendó a la Misión trazar “una hoja de ruta que permita la formulación, coordinación y ejecución de una política de Estado para el desarrollo de la CTI que, a partir del conocimiento, promuevan la productividad y competitividad del aparato productivo colombiano y el desarrollo de nuestra sociedad”.

La convocatoria se hizo al comienzo del período presidencial, junto con la creación del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación y simultáneamente a la discusión y aprobación del Plan Nacional de Desarrollo. Para atender a este llamado, la Misión ha venido reflexionando y haciendo propuestas sobre educación, salud, bioeconomía, energía, océanos, industrias culturales y creativas, ciencia, tecnologías convergentes, innovación y, en general, sobre el papel del conocimiento en la economía, la sociedad y la cultura colombianas.

En el documento central que a continuación se presenta, la Misión hace una síntesis de sus reflexiones y de las propuestas y llamados que le hace al Gobierno y a la sociedad.

El contexto nacional y el papel del conocimiento en el desarrollo del país

Es urgente reflexionar sobre el papel que el conocimiento debe desempeñar en el desarrollo de nuestra sociedad. No se trata solamente de la necesidad de crear condiciones institucionales y políticas para garantizar un desarrollo sostenible en el país en el corto, mediano y largo plazo. En la actualidad, como diversos analistas vienen advirtiendo, los problemas más inquietantes que amenazan la humanidad, así como las más esperanzadoras promesas, dejaron de estar circunscritos a territorios nacionales y tienen una escala global.

La incesante transformación tecnológica, la multiplicación de variables que hacen virtualmente imposibles predicciones fiables del futuro en el planeta tanto en el plano social y político como en lo relacionado con el medio ambiente, ha creado un escenario de incertidumbre y una sensación de crisis. Los interrogantes son variados: por una parte, los impactos de la tecnología (negativos y positivos) en lo local y en lo global, la transformación de las formas de trabajo y las prácticas de explotación de recursos (que han conducido a un deterioro del medio ambiente). Por otra parte, están los desafíos éticos derivados del desarrollo de la robótica, la genética y la inteligencia artificial, las consecuencias de la revolución digital, la crisis humanitaria resultante de las nuevas necesidades de circulación humana por todo el planeta y una formación que no tiene la integralidad humanística y científica a la que debíamos aspirar. Estas y otras preguntas requieren que cada país, en un examen concienzudo y responsable, establezca una agenda que permita aliviar tales problemáticas y, desde una nueva visión del presente y el futuro, proyecte un escenario viable de progreso y bienestar.

En el escenario planteado, resulta evidente que el conocimiento —y en particular, el conocimiento científico— puede ayudarnos a tomar distancia

de tendencias negativas de la sociedad y la economía que aumentan la inequidad social, y servir de soporte a una política de cuidado de la dignidad humana y la lucha por la sostenibilidad ecológica. El conocimiento y la educación son pilares que soporta la democracia. Hoy, desde muchas disciplinas y desde el trabajo de movimientos sociales, se intenta dar respuesta al mayor desafío: potenciar al máximo la preservación del tejido de la vida.

Colombia no es ajena a estas preocupaciones. Al ser uno de los países del mundo que se destaca por una amplia diversidad biológica y cultural, con dos océanos que representan un 44 % de su territorio, con costas de más de 3500 km y en cuyo territorio se comparte la región amazónica, uno de los sistemas naturales fundamentales para la preservación y sostenimiento del planeta, Colombia está en la obligación de dar respuesta a ese desafío con creatividad y con conciencia de su responsabilidad hacia las generaciones futuras y la humanidad.

La clave para la construcción de otro futuro posible es, a juicio de esta Misión, el fomento del conocimiento y la educación. En efecto, el conocimiento, que incluye la ciencia, las humanidades, las artes y los saberes ancestrales, es fundamental para el desarrollo de nuevas y creativas alternativas a esta crisis. La educación, por su parte, será el medio que permitirá crear, compartir y divulgar ese conocimiento con base en principios humanísticos y democráticos.

Basta dar una mirada a la historia de la actividad científica en nuestro medio para darnos cuenta de cuán estrechamente la ciencia ha estado comprometida con la solución de los problemas del país y cómo está implicada con los procesos de desarrollo general, tanto desde el punto de vista social y económico como desde el punto de vista de las transformaciones en las mentalidades de sus pobladores (Melo, 1987).

En efecto, durante la historia de la nación han sido grandes los esfuerzos por crear las condiciones para el afincamiento de instituciones científicas, la conformación de grupos de trabajo, la consolidación de laboratorios, la circulación del conocimiento, la construcción de escenarios de debate y crítica, y para hacer parte de plataformas que permitan el contacto en doble vía con el saber internacional.

El estudio pionero sobre astronomía y cronología realizado en el siglo XVII por el sacerdote Antonio Sánchez Cozar (Portilla y Moreno, 2019), y más tarde los trabajos de José Celestino Mutis y sus colaboradores al frente de la Expedición Botánica, son quizás los primeros hitos en la historia de la ciencia en Colombia. En la época de la Independencia, el asentamiento de una racionalidad científica tuvo un alto costo, ya que cobró la vida de científicos y admiradores de la ciencia como el astrónomo Francisco José de Caldas, los botánicos Miguel Pombo y José Joaquín Camacho, el zoólogo Jorge Tadeo Lozano, el minerólogo Enrique Umaña, entre otros (Wasserman, 2018). En los primeros años de la República, se iniciaron los esfuerzos por promover la ciencia e institucionalizarla y ampliar la oferta educativa. Con proyectos como el Museo de Ciencias Naturales, la Escuela de Minas y el Museo de Historia Natural se dio visibilidad a disciplinas incipientes o desconocidas hasta entonces, como la química, la mineralogía, la fisiología, la anatomía comparada, la ictiología, la entomología, entre otras.

De acuerdo con Wasserman (2018), a mediados del siglo XIX, luego de décadas de frustración, surge con nuevo brío un impulso a la ciencia y al conocimiento. En el gobierno de José Hilario López se pone en marcha la Comisión Corográfica, que funcionó entre 1850 y 1859, con el propósito de reconocer el país y hacer “una descripción e inventario de sus riquezas físicas y humanas y una cartografía que facilitara su desarrollo”. Aunque Agustín Codazzi y Manuel Ancizar, líderes del proceso, pronto se dieron cuenta —y se quejaron— de la indiferencia e incomprensión que había en el medio por los asuntos científicos, los resultados de la Comisión la convirtieron en un punto de referencia en la historia de la ciencia en el país. En 1856 se funda el Liceo Granadino, que ofrecía formación en ciencias humanas, sociales y naturales; en 1857 la Academia Nacional, cuyo foco era el estudio de la historia y la lengua, y algunas disciplinas científicas y técnicas; en 1859 se crea la Sociedad de Naturalistas, de muy corta vida, y en 1867, la institución que será hasta hoy un actor clave en la consolidación de la producción de conocimiento en el país: la Universidad Nacional de Colombia.

Desde principios del siglo XX hasta la década del sesenta se abren institutos de investigación y consolidan las comunidades científicas con la creación de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales –vigente hasta hoy y ejemplo de institucionalización estable de la ciencia en el país–, y el Instituto de Investigaciones Geológico Mineras (Ingeominas) –que nace de la fusión del Servicio Geológico Nacional y el Laboratorio Químico Nacional–.

En relación con la investigación en ciencias agropecuarias, han sido fundamentales la creación del Instituto de Agricultura y Veterinaria, luego llamado Instituto Nacional de Agricultura; el Consejo Nacional de Agricultura y la Oficina de Investigaciones Especiales, que dieron origen al Instituto Colombiano Agropecuario (ICA); del Centro Interamericano de Agricultura Tropical (CIAT) y del Instituto Zooprofiláctico –encargado de producir vacunas y biológicos de uso veterinario–.

Con respecto a las ciencias de la salud, el hito más importante es el trabajo del Instituto Nacional de Salud (INS). Iniciativas independientes como el Parque de Vacunación, el Instituto de Estudios Especiales Carlos Finlay, el laboratorio BCG, el Laboratorio de Higiene Industrial y el Laboratorio de Control de Productos Farmacéuticos han sido claves en la investigación de vacunas. En ciencias sociales, fue muy importante la fundación del Instituto Etnológico Nacional con Paul Rivet y la creación del ICANH a partir de la fusión del Instituto Colombiano de Antropología y el Instituto de Cultura Hispánica en 1999, del Instituto Caro y Cuervo en 1942, y del Instituto Geográfico Agustín Codazzi en 1935.

Por su parte, la asociación de la ciencia con los productores ha sido fructífera. Ejemplo de ello han sido Cenicafé, para la investigación sobre el Café; Cenicaña, para la investigación sobre caña africana; y Cenipalma, entre otros.

La creación de Colciencias en 1968, como organismo para el fomento y la financiación de la ciencia, con un presupuesto específico y una visión prospectiva, contribuye a generar las condiciones para que en la década de los noventa se establezca el Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SNCTI).

El informe sobre el “Estado de la Ciencia en Colombia (2018)” mostró el importante aumento en la constitución de grupos de investigación en el país, el crecimiento en el número de becas para doctorados y maestrías, y el aumento de centros de investigación. En la convocatoria de 2014 (figura 1) se habían conformado 3840 grupos de investigación en todas las áreas; en 2017 se contabilizaban 5207 grupos.

Aunque la generación de una red articulada de instituciones, políticas y mecanismos de fomento para la ciencia es bastante reciente y el financiamiento de la ciencia, la tecnología y la innovación siguen siendo bajos en proporción a las necesidades, la comunidad científica ha trabajado por establecerse y dejar una impronta en el desarrollo del país.

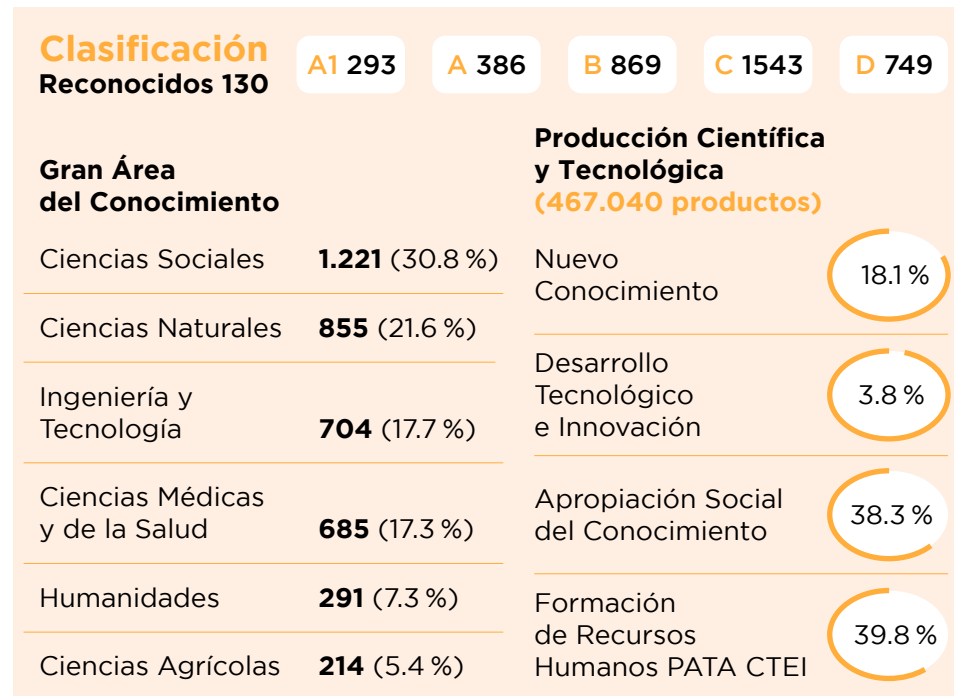


Figura 1. Grupos de investigación (Convocatoria 693/2014)
Fuente: Colciencias (2018).

La segunda década del siglo XXI nos encuentra aún en la búsqueda de una política integral, con la necesidad de un esquema de financiamiento consistente y de largo plazo, y con la urgencia de vincularla de manera orgánica con el sistema productivo nacional. Es preciso crear condiciones adecuadas para cualificar la práctica científica en el país —en los distintos campos en que se divide, incluyendo las ciencias sociales y las humanidades—, ya que el desarrollo de economías alternativas, la protección de los océanos y de los diversos ecosistemas, la creación de nuevas tecnologías que impulsen el desarrollo y el pensamiento humano a partir de modelos equilibrados de coexistencia, entre muchos otros campos de intervención, requieren de una sólida plataforma institucional y financiera. Gracias al conocimiento científico, a sus avances y desarrollos a lo largo de la historia, la mayoría de los indicadores de bienestar humano en el mundo entero muestran crecientes resultados favorables —y en algunos casos incluso espectaculares— (Pinker, 2018).

Aunque la proyección de inversión expresada en el Plan de Desarrollo 2018-2022 busca llevar la inversión en 2022 hasta el 1,4 % del PIB en actividades de ciencia, tecnología e innovación (ACTI), 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; además, es indispensable asentar esta prioridad no solo en los creadores de la política pública, sino en el corazón de la ciudadanía. Un fuerte apoyo social es fundamental para consolidar el conocimiento como un factor primordial del desarrollo. Si queremos lograr hacia el 2030 un desarrollo sostenible y con equidad, en conformidad con los objetivos de desarrollo sostenible planteados junto con más de 130 naciones (ODS), será necesaria una clara decisión política, altas inversiones por parte de los gobiernos, y la construcción de políticas nacionales e internacionales muy bien sustentadas en evidencias (es decir, soportadas en ciencia).

La ciencia tendrá un papel fundamental en el logro de todos estos objetivos. Las ciencias básicas ayudarán a fortalecer la base científica para el manejo sostenible, aumentar la comprensión de los asuntos científicos, y construir una buena capacidad y potencial de respuesta a los problemas, algunos imprevisibles. Por su parte, las ciencias sociales serán centrales en

estos objetivos, basta señalar algunos como: igualdad de género, reducción de desigualdades, ciudades y comunidades sostenibles, paz, justicia e instituciones sólidas. Las ciencias de la salud apoyarán el objetivo de salud y bienestar. Otras ciencias disciplinarias, más dirigidas a la producción, tendrán un papel central en: el fin de la pobreza, hambre cero, energía asequible y no contaminante, industria e innovación de infraestructura. Las ciencias relacionadas con el ambiente, el mar y la bioeconomía serán decisivas en el cumplimiento de objetivos como: acción por el clima, vida submarina, vida de ecosistemas terrestres y, también, hambre cero.

Las artes y las humanidades serán otros campos de conocimiento fundamentales para el desarrollo de una sociedad sana y una convivencia armónica con los seres vivos, humanos y no humanos. Paralelo a la elaboración de este documento, los investigadores antropólogos Martín von Hildebrand y Wade Davis junto con algunos líderes indígenas Macuna, en la película colombiana dirigida por Alessandro Angulo titulada *El sendero de la anaconda*, han resaltado las propuestas para preservar un solo corredor biológico desde los Andes hasta el Atlántico, basado en el conocimiento de los pueblos indígenas de la región. Este recurso pone en evidencia el poderoso alcance de los contenidos culturales para movilizar ideas de cambio en el curso de la convivencia y muestra que una de las fortalezas que puede convertir a Colombia en un interlocutor de peso en el contexto global del conocimiento es la experiencia milenaria de sus pueblos originarios en relación con los mundos naturales, que ha demostrado ser eficiente en la conservación del medio ambiente y, por ello, capaz de aportar enfoques novedosos y relevantes para su sostenibilidad.

En consecuencia, el país debe plantearse seriamente la necesidad de impulsar las diferentes formas de conocimiento que coexisten, propiciando el diálogo constante, fluido y horizontal entre estos distintos saberes, desde el científico hasta el ancestral, pasando por el arte y otras formas de experiencia sensible. La necesidad de este tipo de articulaciones es sentida en diversos escenarios y en los últimos años se está proponiendo en algunos pasar del énfasis en áreas STEM al de áreas STEAMD (sumando arte y diseño).

Referencias

- Melo, J. (1987). Historia de la ciencia en Colombia. En conferencia llevada a cabo en Santa Marta. Recuperado de <http://www.jorgeorlandomelo.com/hisciencia.htm>
- Pinker, S. (2018). *En defensa de la Ilustración. Por la razón, la ciencia, el humanismo y el progreso*. Bogotá: Paidós.
- Portilla, G. y Moreno, F. (2019). Un manuscrito de finales del siglo XVII: primera manifestación de un estudio astronómico y cronológico autóctono en territorio neogranadino. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas Y Naturales*, 43(167), p. 255-272. Doi: <https://doi.org/10.18257/raccefyn.884>
- Wasserman, M. (2018). La ciencia en Colombia en 200 años de vida republicana. *Revista Semana*. Bogotá. Recuperado de <http://semanahistoria.com/la-ciencia-en-colombia-en-200-edades-de-vida-republicana/http://semanahistoria.com/la-ciencia-en-colombia-en-200-edades-de-vida-republicana/>

El estado actual de la cultura, la ciencia, la tecnología, la innovación y la educación en Colombia: estrategias modernas para mejorar su impacto

Revisión del papel y la interrelación de las universidades con los problemas del país

Para avanzar en el desarrollo de la CTI y lograr su contribución al aumento de la productividad y crecimiento del país, y en consecuencia al bienestar de su gente, se requiere el concurso de muchos actores que se encaminen en la misma dirección, y que adopten compromisos creíbles y en firme como señal al resto de actores.

En particular, las universidades de Colombia pueden contribuir al cambio institucional y al crecimiento económico con un enfoque que integre la solución de problemas críticos del país con la generación de conocimiento. Para ello, deben propender por un cambio en sus relaciones con la sociedad, el Estado y la industria. Se necesita que la investigación y las actividades económicas y sociales sean complementos estratégicos.

Las universidades emprendedoras, las empresas y el Gobierno se basan en un buen capital intelectual tanto del país como del exterior. Se apoyan en una cultura que permite asumir riesgos, en la búsqueda de patentes en sectores de punta y en la construcción de una institucionalidad que defiende los derechos de propiedad intelectual. Todo eso se suma a la inversión de abundantes recursos para investigación y desarrollo (I+D). Por ejemplo, Stanford se nutrió por décadas de numerosos fondos del Departamento de Defensa y fomentó desde el inicio que estudiantes y profesores fundaran empresas tecnológicas; Massachusetts Institute of Technology (MIT) surgió del apoyo explícito y continuado del Estado de Massachusetts, con

un enfoque pragmático de relaciones con la industria y un reclutamiento inicial selectivo, en el que tener un doctorado o ser inteligente no eran suficientes. Por ejemplo, los físicos debían tener orientación a la aplicación.

Una experiencia menos citada, pero de relevancia para Colombia, es la de las universidades de tipo *land-grant* de Estados Unidos. Estas universidades se crearon en la segunda mitad del siglo XIX con una dotación de tierras públicas a cambio de resolver problemas prácticos de la agricultura, la mecánica y la minería de los habitantes de los estados, así como educar a los hijos de los campesinos. Estas universidades han evolucionado ancladas en sus sociedades y sus necesidades, con el denso tejido social de sus exalumnos y de la industria regional; muchas de ellas conforman ahora un grupo de universidades de investigación de talla mundial.

No obstante, no se pueden trasplantar fácilmente soluciones fruto de otras trayectorias económicas, políticas y culturales. La investigación debe reconocer el contexto de partida y es que pocas empresas demandan innovación en Colombia. El país enfrenta un proceso de desindustrialización causado por la enfermedad holandesa. Así, la versión colombiana de universidad de investigación debe ganarse la confianza de la sociedad con solución a problemas críticos, por sencillos que parezcan. En la medida en que los resultados sean visibles, se fortalecerá la investigación en general y se podrá llegar a investigar problemas cada vez más sofisticados.

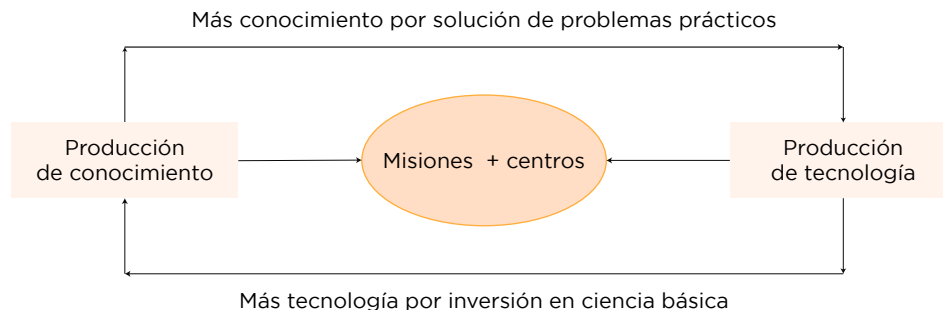
Integración de producción de nuevo conocimiento y producción de nuevas tecnologías

El modo 1 de producción científica tiene como exponente a Vannevar Bush, quien propuso una relación de goteo de la investigación disciplinaria básica a las aplicaciones, jerárquica y lineal (en el sentido de ausencia de retroalimentación de las aplicaciones a la teoría), y en el que la investigación y la innovación se ejecutan por personas distintas. En el modo 2 el conocimiento y la tecnología se desarrollan en un contexto de aplicación, es transdisciplinario y se produce en redes de actores heterogéneos.

Brian Arthur (2009) argumenta que, en realidad, la tecnología normalmente surge de las pericias (*deep craft*), pero las pericias no triviales

Figura 2. Plataforma para integrar creación de conocimiento y desarrollo de tecnología

Fuente: elaboración propia.



requieren la orientación de las ciencias básicas, y los protocolos de desarrollo de la tecnología avanzada y de la ciencia son los mismos. Es decir, los dos modos no pueden existir en aislamiento y se retroalimentan.

La elección entre crear nuevo conocimiento y desarrollar nueva tecnología es un falso dilema. El modo 1 surgió para justificar la autonomía de la actividad científica cuando su valor social y político no era reconocido. El modo 2 surgió de la urgencia de resolver problemas prácticos, emergentes y de enfrentar objetivos de gran envergadura (Gibbons *et al.*, 1994); orígenes que pueden generar malentendidos.

En Colombia la interacción entre creación de nuevo conocimiento y desarrollo de nueva tecnología se podrá organizar a través de misiones y centros que servirán de plataforma de interacción directa, como ilustra la Figura 2 (líneas en verde); en esta estructura aparecen refuerzos positivos entre las dos caras de la plataforma (líneas en azul). Los centros y las misiones logran economías de escala y alcance, fomentan el diálogo y la confianza entre conocimiento y tecnología, ahorran recursos escasos y legitiman la ciencia ante la sociedad por la visibilidad de sus resultados.

En toda génesis de una plataforma de este tipo hay que definir el estímulo inicial para generar una dinámica sostenida. Cuando el punto de partida son los recursos públicos escasos y la ciencia no tiene un espacio ganado en la política pública, la opción que permitirá la transformación deseada debe:

- Partir de la solución de problemas críticos del país.
- Enfocarse en sectores económicos en ascenso y sometidos a presiones competitivas.
- Trabajar en redes, promoviendo la producción de conocimiento abierto.

La dinámica de interacción social y económica de las dos caras de las plataformas con los actores se presenta en la Figura 3.

Las anteriores consideraciones tienen interpretaciones y dinámicas equivalentes en el contexto de la investigación + creación (I+C). El arte que no considera las demandas de un público equivale al modo 1 de producción de conocimiento. Por otro lado, el que responde más a esas demandas requiere el mismo tipo de retroalimentación que la producción de conocimiento y de tecnología que se muestran en la Figura 2'.

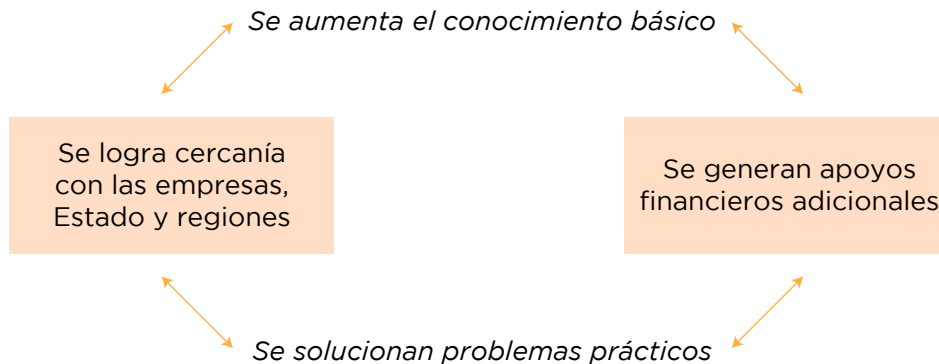


Figura 3. Dinámica de solución de problemas y creación de conocimiento
Fuente: elaboración propia.

1 En el foco de Industrias Creativas y Culturales se ha discutido el paralelo que existe entre la investigación básica y la creación experimental, que no está orientada a públicos. La producción de conocimiento para estas industrias requiere de la construcción de vasos comunicantes y retroalimentación entre este tipo de creación y la generación de contenidos orientados a públicos y usuarios.

Hacia un nuevo enfoque en el análisis y la valoración del patrimonio natural y cultural

La mejora de la productividad y la calidad de vida en Colombia exigen estar acompañadas de una profunda transformación cultural y educativa. Se debe partir del reconocimiento de la diversidad cultural y biológica como el patrimonio fundamental sobre el que se cimienta la riqueza del país. Aunque Colombia es un país pionero en el reconocimiento de los derechos a la cultura y en la definición de marcos normativos para su ejercicio, hay una escasa apropiación de las posibilidades que dichos marcos ofrecen para las culturas locales.

Esto se agrava por la inequidad en la oferta educativa para la investigación científica, las artes, la gestión cultural y la gestión del conocimiento en general. Existe una deuda histórica del Estado en el logro de garantías para el conocimiento, conservación y desarrollo de su patrimonio natural y cultural, y para la promoción de las comunidades y sectores dueños de esos legados, en especial las comunidades indígenas y afrocolombianas.

Existen deficiencias en la formación de maestros en ciencias, artes, cultura y creatividad en la educación básica y media. Falta un periodismo cultural y científico mejor formado. Hay una carencia de mecanismos para la apropiación de la ciencia y la divulgación y la circulación de la oferta cultural y artística entre las diferentes regiones.

Estos factores inciden en la valoración del conocimiento por parte de la población y dificultan comprender el alcance del papel de las ciencias, las artes y la cultura como motor del desarrollo humano, social y económico.

El papel del conocimiento en el futuro de Colombia

Como se explica en las secciones anteriores, la economía colombiana debe sustentarse en el conocimiento. El desarrollo sostenible se basa en el conocimiento, conservación y uso de los recursos culturales y naturales de una nación. Para lograr esto, la investigación desempeña un papel fundamental. La investigación productiva debe reconocer dos orientaciones que se complementan: la investigación orientada por curiosidad y la investigación orientada por misiones, como se describió sobre el modo 2 de producir conocimiento. El SNCTI debe apoyarse en las universidades con vocación de investigación, en los centros autónomos sólidamente financiados por el Estado y en el sector de las empresas productivas, la academia, el Estado, institutos, comunidades y demás organizaciones que contribuyan a la generación de conocimiento.

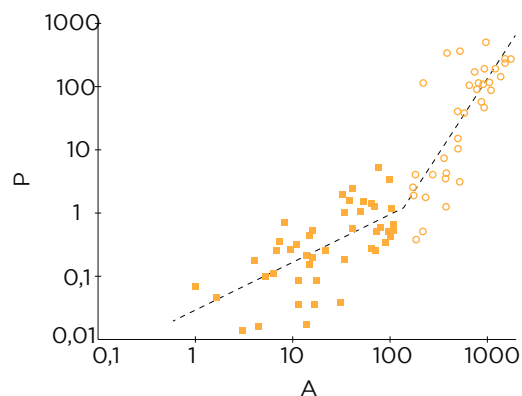
Colombia requiere alcanzar logros de desarrollo sostenible en muchas dimensiones, creciendo y siendo más equitativa, los cuales no son objetivos contradictorios en los casos de Estados Unidos, Corea y Finlandia, por ejemplo, que muestran una estrecha relación entre el acceso amplio a la educación y períodos prolongados de altas tasas de crecimiento económico. Para esto es indispensable pasar de un modelo de crecimiento económico, basado predominantemente en las rentas provenientes de la explotación de los recursos naturales, de la propiedad de la tierra y de los monopolios, a otro basado en el capital humano y el conocimiento.

El conocimiento se sustenta en un recurso inagotable, que es la creatividad humana. Genera ingresos y una parte de ellos deberá reinvertirse en más conocimiento, en acrecentar el capital humano y en cualificar el trabajo. Si la industria, la agricultura y las actividades extractivas (no depredadoras) se desarrollan agregando valor basado en el conocimiento, se podrá lograr que el crecimiento económico y la equidad vayan en la misma dirección y se potencien mutuamente.

Un país que depende de otros en el conocimiento básico no podrá tener un desarrollo acelerado y no accederá a posiciones relevantes en la competencia global. Un estudio de Jaffe *et al.*, (2013) muestra que hay una fuerte correlación entre la productividad científica y la riqueza presente y futura de países de ingresos medios como Colombia. El estudio señala que los países que alcanzan una mayor productividad en ciencias básicas como física y química (medida en publicaciones), tienen un mayor crecimiento económico en los siguientes cinco años, comparados con países cuya productividad es más alta precisamente en ciencias aplicadas.

Para generar riqueza y bienestar, un país debe ser capaz de desarrollar tecnología y no solo comprarla en el exterior, también crear nuevas industrias. Es por eso el país debe tener inventores, que exploten los descubrimientos de la ciencia básica. En la Figura 4 se muestra el resultado de una investigación de Bernardes y Albuquerque (2003) que concuerda con lo anterior. La parte más plana de la curva indica que los países que no llegan a una masa crítica en el desarrollo de la ciencia, (medida en publicaciones científicas) tienen una baja probabilidad de convertirse en innovadores. Solo cuando alcanzan una masa crítica de desarrollo científico, la proporción entre patentes y publicaciones científicas aumenta sustancialmente. Colombia se encuentra aún lejos de alcanzar esa masa crítica. Los cálculos hechos para Colombia predicen que la masa crítica

Figura 4. La relación entre la generación de conocimiento en forma de artículos de investigación y la innovación medida por la generación de patentes



Log-log plot of articles per million of inhabitants versus patents per million inhabitants for the year 1998. Bernardes & Albuquerque 2003.

de publicación científica debería estar por encima de las 32.000 publicaciones, y en la actualidad es menos de la mitad (15.400 en 2017, según el Observatorio de CyT). Esto indica que los esfuerzos del Estado por apoyar la ciencia deben aumentar de manera considerable si el objetivo es aumentar el patentamiento y que la innovación se convierta en una fuente de riqueza para el país.

Por otra parte, Hidalgo y sus colaboradores (Hidalgo *et al.*, 2007; Hidalgo y Hausmann, 2009; Hausmann *et al.*, 2011) propusieron un índice de complejidad económica (Economic Complexity Index, ECI) para comprender la relación entre conocimiento y riqueza. Según ellos, las sociedades modernas son más sabias porque tienen una gran diversidad en su acervo de conocimiento y porque combinan estos conocimientos para obtener mejores productos, productos que redundan en bienestar y equidad; como ejemplo señalan que la inversión federal en investigación genómica, entre 1988 y 2010, generó un impacto económico positivo de 7960 millones de dólares, mientras que la inversión del Gobierno estadounidense entre 1990 y 2003 en el proyecto genoma humano fue tan solo de 3800 millones de dólares².

Los réditos además irán aumentando sustancialmente durante los próximos decenios considerando los desarrollos previstos en tecnología y en proyectos como el Earth Biogenome Project, en el cual se busca secuenciar la diversidad eucariótica (plantas, animales y organismos unicelulares) en diez años.

La historia reciente muestra que los países que han sido exitosos en superar el subdesarrollo son aquellos que han hecho una gran inversión en investigación científica. China, Corea del Sur y otros países del sureste asiático eran tan pobres como Colombia hace medio siglo. Ellos invirtieron masivamente en investigación y desarrollo, al comienzo especialmente en ciencias básicas, y el esfuerzo en pocos años las llevó a multiplicar varias veces el ingreso per cápita de sus ciudadanos. Esos países entendieron la estrecha relación que hay entre hacer, inventar y descubrir. Corea dedica

2 Consultar en <https://www.genome.gov/27544383/calculating-the-economic-impact-of-the-human-genome-project>).

más del 4 % de su PIB a investigación científica (I+D), mientras que Colombia un poco menos de 0.3 % (menos que Brasil, Argentina y México).

Por otro lado, la búsqueda de soluciones a los problemas más urgentes del país necesita verse beneficiada del diálogo entre el conocimiento científico y otros tipos de conocimientos y saberes. Al igual que la ciencia, las prácticas culturales y artísticas producen conocimiento que se plasma en obras susceptibles de ser protegidas por mecanismos de propiedad intelectual. Este tipo de activos intangibles son la piedra angular de la generación de valor agregado a través de la innovación, por ello se debe fomentar y consolidar una cultura que valore y facilite la explotación, tanto de la propiedad industrial como la de los derechos de autor, asegurando un balance entre los incentivos a la invención y los beneficios sociales del uso de los nuevos productos y procesos.

Pero más allá de la propiedad intelectual, las artes y la cultura generan identidades y visiones compartidas sobre mundos futuros, sin las cuales es imposible orientar la innovación y el crecimiento de manera sostenible y equitativa. Por ello, hay que enfatizar en que es necesario impulsar una transformación hacia procesos de innovación que articulen diferentes formas de conocimiento, especialmente las ciencias, las artes y los saberes tradicionales. La gran transformación cultural que el país reclama debe centrarse en el conocimiento y en la educación. Un sistema de Ciencia, Tecnología e Innovación y una política para el fomento del conocimiento debe anclarse en la capacidad para relacionar diferentes formas de conocimiento. El conocimiento científico producido a instancias de las universidades y centros de investigación, los grupos de trabajo y las empresas, por una parte, y los saberes construidos por colectivos sociales, artistas, comunidades indígenas y afrodescendientes, por otra.

Se trata de ponerlos todos al servicio de la solución de los grandes problemas sociales con la creación de un ecosistema relacional más sano y promisorio. A través de la educación y de la apropiación de la ciencia, la cultura y el arte se podrán formar ciudadanos más conscientes, críticos, autónomos y sensibles. La transmisión de una auténtica pasión por la ciencia, la curiosidad, el descubrimiento, la experimentación, el aprendizaje y la investigación deberán ser el compromiso de una nación que sueña

con un mejor país, en un territorio de tolerancia, esperanza, construcción y oportunidad.

Es importante entonces fomentar los procesos de apropiación del conocimiento y aprendizaje social para alcanzar logros relacionados con el crecimiento económico y equitativo del país en el mediano plazo. También, es necesario identificar factores críticos para la toma de decisiones del Gobierno y la sociedad. Finalmente, es indispensable desarrollar investigaciones que basadas en misiones se enfoquen en conservar nuestro capital cultural y natural. Por ejemplo, sería estratégico, crear un museo de historia cultural y natural que no solo conserve nuestra herencia a futuro, sino que avive las vocaciones científicas y el emprendimiento, impulse la investigación científica, catalice una economía creativa, innovadora y sostenible, y contribuya a educar e inspirar a las generaciones futuras.

Referencias

- Bernardes, A. T. y Albuquerque, E. (2003). Cross-over, thresholds, and interactions between science and technology: lessons for less-developed countries. *Research Policy*, 32, 865-885.
- Hidalgo, C. A., Klinger, B., Barabási, A., Hausmann, R. (2007). *Science*, 317, 482-487.
- Hidalgo, C. A. y Hausmann, R. (2009). *PNAS*, 106, 1057-1075.
- Jaffe, K., Caicedo, M., Manzanares, M., Gil, M., Ríos, A., Flórez, A., Montorreano, C., Davila, V. (2013). *PLoS ONE* 8(6): e66239. doi:10.1371/journal.pone.0066239.

Justificación de la escogencia de los ocho focos. La relación entre los focos y las disciplinas y técnicas

La escogencia de los ocho focos de la Misión de Sabios 2019 fue cuidadosamente estudiada teniendo en cuenta el potencial que estas áreas le ofrecen a un país de desarrollo medio como Colombia, para mejorar sus condiciones y su posicionamiento y relacionamiento internacional. 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. La escogencia se hizo con base en estudios internacionales sobre esta materia, teniendo en cuenta las áreas que ha definido la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), que contemplan disciplinas y subdisciplinas en las que se han medido las capacidades nacionales de ciencia, tecnología e innovación (CTI).

Colciencias remitió a la Vicepresidencia de la República información relevante sobre los Grupos de Investigación y sobre los investigadores con alta producción en CTI. Esta información es resumida en la tabla que aparece a continuación y que ilustra la relación entre las capacidades nacionales CTI y las temáticas de los ocho focos de la Misión de sabios 2019, así como las áreas temáticas OCDE.

Tabla 1.

Programa Nacional CTI Primario	Porcentaje de los Grupos de Investigación en el Programa	Focos de la Misión de Sabios 2019	Áreas OCDE
Ciencias Humanas, Sociales y Educación	37 %	Ciencias Sociales y Desarrollo Humano con Equidad Industrias Creativas y Culturales	Ciencias Sociales
Salud	17 %	Ciencias de la Vida y de la Salud	Ciencias Médicas y de la Salud
Ciencias Básicas	12 %	Ciencias Básicas y del Espacio	Ciencias Naturales
Ingeniería	8 %	Tecnologías Convergentes e Industria 4.0 Industrias Creativas y Culturales	Ingeniería y Tecnología
Ambiente, Biodiversidad y Hábitat	6 %	Biotechnología, Bioeconomía y Medio Ambiente	Ciencias Naturales Ciencias Agrícolas Ingeniería y Tecnología
Tecnologías de la Información y Comunicación	6 %	Tecnologías Convergentes e Industria 4.0, Industrias Creativas y Culturales	Ciencias Naturales Ingeniería y Tecnología
Ciencias Agropecuarias	6 %	Océanos y Recursos Hidrobiológicos	Ciencias Naturales Ciencias Agrícolas
Biotechnología	3 %	Biotechnología, Bioeconomía y Medio Ambiente Tecnologías Convergentes e Industria 4.0	Ciencias Naturales Ciencias Agrícolas Ingeniería y Tecnología
Energía y Minería	2 %	Energía Sostenible	Ciencias Naturales Ingeniería y Tecnología
Ciencias del mar y recursos hidrobiológicos	1 %	Océanos y Recursos Hidrobiológicos	Ciencias Naturales Ciencias Agrícolas
Geociencias	1 %	Ciencias Básicas y del Espacio	Ciencias Naturales
Seguridad y Defensa	1 %		
		Industrias Creativas y Culturales	Humanidades

Fuente: Colciencias, 2019.

Es de resaltar la importancia y la transversalidad de las Ciencias Básicas (denominadas Ciencias Naturales en OCDE) en todos los focos de la Misión, ya que estas comprenden: matemáticas, computación y ciencias de la información, ciencias físicas, ciencias químicas, ciencias de la tierra y medioambientales, ciencias biológicas y otras más.

Otra de las grandes áreas OCDE es la Ingeniería y Tecnología, que también se destaca por su relevancia y transversalidad a todos los focos, en ella se encuentran subdisciplinas como: ingeniería civil, ingeniería eléctrica, electrónica e informática, ingeniería mecánica, ingeniería química, ingeniería de los materiales, ingeniería médica, ingeniería ambiental, biotecnología ambiental, biotecnología industrial, nanotecnología y otras ingenierías y tecnologías.

La creación del foco de Industrias Creativas y Culturales dentro de la Misión constituye un llamado a articular el SNCITI con el sector cultural, entendiendo que en el paso a una sociedad basada en el conocimiento el arte y la creatividad deben tener un papel esencial, especialmente en un momento en que estas industrias se perfilan como un escenario en que el país puede ser competitivo en el ámbito global y en el corto plazo. Similares consideraciones se tienen con las Humanidades, que como área OCDE comprenden también: arte, historia del arte, arquitectura, música, cine, radio y televisión.

El enfoque sistémico de las intervenciones propuestas

Ciencia, tecnología, innovación y educación son ámbitos que se entrelazan de manera compleja en una sociedad moderna y por ello pueden ser considerados como aspectos de un sistema complejo. Este sistema tiene vínculos fuertes e influencias mutuas con la producción, la economía en general, el desarrollo humano y la sociedad. La ciencia, por ejemplo, tiene el potencial de generar innovación y de incidir sobre la educación de los jóvenes, pero también una educación científica tiene el potencial de promover decisiones mejor sustentadas y contribuir a que los ciudadanos desarrollen la capacidad de sopesar argumentos, desechar prejuicios y, por ende, promover el respeto por la diversidad y el rechazo a las exclusiones generadas por las diferencias naturales entre los seres humanos.

De igual manera, la investigación científica genera aplicaciones tecnológicas e innovaciones en todos los campos, pero estas a su vez inducen nuevas investigaciones y producen por ellas mismas (tecnologías e innovaciones) nuevos conocimientos útiles y nuevas preguntas teóricas. Un aumento en el conocimiento de la diversidad biológica, de la estructura geológica del territorio o de parámetros atmosféricos no necesariamente deriva en una innovación, pero sí en planes de conservación, en mejores diseños de carreteras y en mecanismos de prevención de catástrofes naturales, así como un conocimiento de prácticas sociales de comunidades específicas, de idiomas locales y de expresiones culturales que pueden ser la base de un nuevo conocimiento científico e incluso generar un mayor reconocimiento del otro y tener importantes efectos en el bienestar humano.

En un sistema como este, las relaciones suelen ser no lineales y cambiar con el tiempo, la relación por ejemplo entre educación y menor desempleo varía con el tiempo. Las interacciones y las retroalimentaciones entre ciencia e industria son múltiples. Las causalidades son difíciles de establecer. Los resultados de la aplicación de una política educativa o de innovación son sensibles a las condiciones iniciales y están sujetas al

punto de partida. Las relaciones entre ciencia e innovación dependen de que se haya alcanzado o no una cierta masa crítica. Surgen fenómenos de emergencia de nuevas fuerzas, realidades y condiciones, como cuando aparece un nuevo sector de producción basado en un descubrimiento científico, una nueva vacuna que hace obsoletos ciertos tratamientos de la enfermedad o una nueva forma de innovar. Los fenómenos de autoorganización y de emergencia pueden potenciar o moderar los efectos de las intervenciones (Holand, 1992; Kitson *et al.*, 2018), como cuando aparece una nueva comunidad de empresarios innovadores y ya no son necesarios ciertos incentivos generales que se ofrecían anteriormente. Intervenir un sistema de estas características implica mucho más que actuar sobre una variable para producir un resultado en un cierto objetivo. Cuando actuamos a través de políticas y de cambios en el comportamiento de los actores, en realidad estamos cambiando todo el sistema y lo que buscamos es que los movimientos provocados vayan en la dirección deseada.

Los actores del sistema colombiano de conocimiento son múltiples. Unos son individuos y otros organizaciones: investigadores y grupos de investigación, universidades, centros e institutos que los integran; empresas, inventores, emprendedores y financiadores; tanques de pensamiento y oficinas de consultoría; funcionarios y entidades estatales de distintos niveles regionales, promotores, financiadores y reguladores; organizaciones sociales y comunidades formal o informalmente organizadas, de distintos niveles y tamaños; maestros, administradores escolares, escuelas y colegios donde se forma la niñez y la juventud; y organizaciones que actúan como interfases —por ejemplo los centros de investigación no disciplinares o de grupos industriales y los centros gremiales— en las que concurren actores de distintas naturalezas, que en la actualidad son escasas pero indispensables para el funcionamiento y el desarrollo del sistema.

La Misión propone intervenciones, en su mayoría guiadas por el Estado, 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.

Las intervenciones (leyes y otros instrumentos legales, cambios institucionales, medidas de política pública o proyectos) que se hagan en

cualquiera de los campos que son objeto de la Misión, son de alcance limitado frente a la magnitud de este complejo sistema. No obstante, estas propuestas tienen el potencial de generar cambios en el rol que desempeña el conocimiento en la industria, la agricultura, la salud, las actividades económicas en general y el medio ambiente; en la distribución de la riqueza y el ingreso; en las relaciones que se dan entre los ciudadanos y entre las comunidades; y en la cultura y los comportamientos de la población.

Los efectos del conjunto de intervenciones propuestas por la Misión son difíciles de prever en magnitud y tiempo. Pueden formarse círculos virtuosos y dinámicas conducentes a escenarios deseados en los que el conocimiento adquiere un rol preponderante en el desenvolvimiento de todas las actividades, y actores de distintas categorías se involucren activamente en la generación y en la transferencia de conocimiento. Otras intervenciones demandarán flujos continuos y permanentes de esfuerzos e inversiones del Estado para mantener esos efectos. Otras más demandarán cuantiosas inversiones y supervisión continua del Estado en una primera fase, hasta que se logren masas críticas a partir de las cuales otros actores asuman una parte importante de los esfuerzos. En algunos casos, las intervenciones propuestas también podrán enfrentarse a dificultades en su implementación, por insuficiencia de recursos o por oposición de algunos actores al cambio, a pesar de la importancia que estas puedan tener para el futuro del país.

Algunas propuestas de esta Misión retoman las que se hicieron en la *Misión de Ciencia Educación y Desarrollo* en 1994; otras son similares a puntos contenidos en el Plan de desarrollo 2018-2022 o a programas específicos de algunos ministerios, que quizá comparten espacio con muchas otras o no están desarrollándose en la escala que proponemos y pierden visibilidad. Sin embargo, en el nuevo contexto que visualiza la Misión, esas propuestas se reelaboran, se articulan e interactúan con otras que son fundamentales para que todas puedan tener éxito; las retomamos, las insertamos en un conjunto coherente y llamamos la atención sobre su contribución al propósito de convertir el conocimiento en la base del crecimiento económico y del bienestar de la sociedad colombiana y sus diversas comunidades.

студ

**Reflexiones
y propuestas
generales**

litro

Ciencia, tecnología e innovación en la generación de conocimiento: el papel central e insustituible de la ciencia

Los términos ciencia, tecnología e innovación frecuentemente van asociados, como si representaran una actividad única, relacionada con la adquisición de conocimiento y su uso para promover desarrollo económico y social. A pesar de esa asociación, establecida por el uso, a cada uno de los términos hasta ahora se le ha venido dando un significado preciso que muestra sus características específicas y la forma como se puede relacionar con los otros dos.

La Unesco (1984) definió a la investigación científica como un conjunto de actividades sistemáticas y creativas dirigidas a aumentar y aplicar el caudal de conocimientos científicos. No es una definición limitada a las ciencias naturales, aplica también a ingenierías y a ciencias sociales y humanas. La OCDE por su naturaleza de organización que promueve las buenas prácticas, empezó a reglamentar desde 1963 la forma como se mide el esfuerzo en investigación y desarrollo experimental e introdujo con su manual de Frascati el indicador de investigación (I+D), que desde entonces se ha usado para comparar la inversión de las naciones en ciencia (OCDE, 2002).

El indicador I+D mide no solo el esfuerzo en la generación de conocimiento científico puro, sino también su aplicación en el desarrollo de tecnologías derivadas. Más tarde, en 1992, la OCDE produjo el Manual de Oslo (2016),

que definió la innovación desde una perspectiva tecnológica y de desarrollo de nuevos productos, pero en sus posteriores ediciones amplió el concepto mucho más para cubrir innovaciones sociales, innovaciones organizativas en mercadotecnia y en servicios, e innovaciones de baja intensidad en I+D. En Colombia hemos adoptado esas definiciones internacionales.

Así, por ejemplo, Colciencias en el 2015 expidió una guía de programas de ciencia, tecnología e innovación³ que las recoge. Adicionalmente, esta misma entidad incluyó desde 2015 la Investigación + Creación (I+C) como una nueva actividad de generación de conocimiento. Si bien la I+C no ha sido conceptualizada en manuales como el de Frascati ni el de Oslo, las discusiones alrededor de este término (y de otros similares como investigación basada en la práctica o investigación artística) se han dado por lo menos desde los años setenta en áreas relacionadas con artes y diseño, y en Colombia han tenido una presencia relevante en las universidades durante la última década (Bonilla *et al.*, 2018).

Ha habido discusiones que le dan prelación a alguno de estos cuatro aspectos (ciencia, tecnología, investigación y creación) en el crecimiento del conocimiento y con argumentos válidos en todos los sentidos. Sin duda la actividad de investigación científica que se ha desarrollado desde los siglos XVI y XVII ha contribuido en forma decisiva a la manera como los humanos entendemos hoy el mundo y la vida. Sin embargo, es preciso reconocer que hubo civilizaciones y culturas con grandes avances tecnológicos y con procesos continuos de innovación, que precedieron a la ciencia; la cual solamente explicó esos eventos con posterioridad. La tecnología de construcción empleada en las pirámides egipcias no se basaba en la química de arcillas, tampoco los espejos cóncavos con los que Arquímedes incendió las naves de los romanos en el sitio de Siracusa fueron diseñados con conocimiento profundo de la óptica. El ejemplo más notable seguramente fue la máquina de vapor que precedió en más de un siglo al desarrollo de la termodinámica por Carnot.

3 Resolución 740 de 2015 de Colciencias “Por la cual se adopta el Manual Metodológico General para la identificación, preparación, programación y evaluación de proyectos”.

Esta breve discusión demuestra que las tres actividades, ciencia, tecnología e innovación, se realimentan mutuamente y han tenido una inmensa importancia en el desarrollo económico, social y cultural de las sociedades humanas. Actualmente hay una clara correlación entre la inversión en I+D y el potencial de las naciones para desarrollar economías dinámicas y sociedades más prósperas, pero no abundan ejemplos que muestren que esto se haya podido lograr basado en una sola de las tres actividades. En estos tiempos, las tres tienen que estar presentes y cada vez es más difícil usar las definiciones para separar entre ellas y para pretender determinar que una de ellas es un factor único, decisivo para el progreso y el bienestar.

Las sociedades que han logrado crecer gracias al conocimiento lo han hecho armonizando estas tres actividades: más y mejor conocimiento, aprovechamiento de la comprensión que el conocimiento da para la generación de tecnologías y una actividad innovadora que lleva esas tecnologías a prácticamente todos los aspectos de la vida humana moderna. Hoy es también claro que la innovación exige nuevas tecnologías, que las tecnologías le generan permanentemente nuevas preguntas a la ciencia y que de la ciencia surgen, a su vez, tecnologías innovadoras. Existen países que tienen programas de investigación “basados en la curiosidad” y son extraordinariamente exitosos. Hay otros que definen prioridades nacionales fuertes, pero siempre dejando abierta una ventana de investigación fundamental, que es imprescindible en las fronteras de conocimiento de rápida expansión. Cuando en esos países se habla de sistema científico, cada vez más se están refiriendo a toda esta actividad compleja y entrelazada, y no a uno solo de los aspectos que la componen.

En Colombia nos ha preocupado tradicionalmente la competitividad, pero esta depende de muchos factores, la mayoría no asociados necesariamente con la ciencia. Por el contrario, la productividad en el mundo moderno depende directamente de la capacidad de los trabajadores, de las tecnologías innovadoras y de las buenas ideas. Es decir, se basa sustancialmente en el conocimiento, en la ciencia y la tecnología, y en una cultura que lleva a hacer las cosas bien, con una inventiva que depende de la calidad de la formación básica en la infancia y en la educación superior.

Es importante entonces comprender que lo que llamamos ciencia no es solo la actividad que se da en los laboratorios. El conocimiento crece desde múltiples fuentes, es básico, aplicado y operacional. Surge en ámbitos heterodoxos, centros no disciplinares, comunidades, tanques de pensamiento, empresas y oficinas consultoras, así como en los más tradicionales institutos, universidades, centros y escuelas.

La ciencia entendida así, con toda su amplitud, juega cada vez un papel más importante en el desarrollo nacional. El abordaje de esta Misión, con ocho focos que cubren buena parte de la actividad humana dependiente del conocimiento, pretende promover esa visión comprensiva y acentuar el papel central e insustituible de la ciencia. En diversos apartes de este documento y de sus anexos abundarán propuestas y convocatorias, cuya ejecución dependerá sin duda del compromiso que asuman con la ciencia los gobiernos y la sociedad colombiana.

Algunos ejemplos permitirán apreciar la importancia de los retos que nos esperan y del papel que tendrán la ciencia y el conocimiento en el éxito de las respuestas que demos. La biodiversidad colombiana representa seguramente uno de los mayores potenciales de desarrollo para el país y su gente. Los estudios científicos permitirán conocerla bien, pues a pesar de lo que se sabe, es muchísimo más lo que se ignora. La ciencia permitirá su conservación, pero también su uso inteligente. De esos estudios se deberán derivar desarrollos novedosos en ámbitos diversos que cubren desde la producción de nuevas moléculas con aplicación farmacológica e industrial y nuevos recursos de nutrición, hasta industrias de ecoturismo y empresas de integración regional y mundial. Se podrá construir una verdadera bioeconomía. La conservación no es un objetivo menor. La riqueza de nuestras especies nos convierte en un reservorio de variedad biológica para el planeta, con toda la responsabilidad que eso conlleva.

Lo mismo sucede con la diversidad cultural y social del país que se hace evidente en múltiples cosmovisiones y formas de ser, de expresarse y de relacionarse con el mundo. Aunque la Constitución política y la Ley General de Cultura, 397 de 1997, establecen el deber para el Estado y los ciudadanos de conocer y proteger el patrimonio cultural colombiano, la investigación sobre estos temas ha ocupado un lugar secundario en la

agenda de ciencia, tecnología e innovación. La transformación que necesita el país no será posible sin un conocimiento detallado de sus grupos humanos, sus expresiones, su conocimiento y su cultura, menos aún si se quiere impulsar a la economía creativa como uno de los motores para el desarrollo sostenible del país.

Por su parte, las ciencias básicas no nos pueden ser ajenas. Nos acercamos a una segunda revolución cuántica que posiblemente cambie al mundo en forma aún más radical que lo que ha hecho la ciencia del siglo XX. El país no puede estar excluido del esfuerzo mundial, si no quiere que las brechas de productividad y por ende de bienestar de sus ciudadanos se ensanche. Vivimos hace ya años una activa revolución científica en la biología y la genética que tiene impactos en salud, en ciencias agrarias y en general en la sostenibilidad del planeta. Las ciencias del espacio son cada vez más importantes en el mundo, no solo para entender el universo en el que vivimos, sino también para observar a la tierra desde el espacio y administrar con conocimiento el territorio, abordando desde problemas de deforestación y seguridad, hasta control de plagas y productividad agrícola.

Las ciencias sociales deben estar en el centro del desarrollo científico del país. Nos hemos comprometido, como otros 190 países del globo, con unos Objetivos de Desarrollo Sostenible que no se podrán lograr sin conocimiento. Uno de los grandes problemas nacionales es la inequidad social, que solo se podrá resolver con políticas innovativas de transformación, articulando debidamente el suministro y la demanda de conocimiento. La educación es el motor principal con el que contamos para mejorar la equidad, y es necesario abordarla con teorías y nuevas técnicas educativas, pero también con conocimiento del desarrollo neurocognitivo y con la construcción de instituciones educativas novedosas.

La salud así mismo es una de las grandes preocupaciones de la gente. Vivimos situaciones mixtas en las que las enfermedades infecciosas aún son un problema, al tiempo que las enfermedades crónicas y de la vejez, típicas del mundo desarrollado, cobran la mayor importancia. Así, enfrentamos permanentemente nuevos retos que solo pueden ser resueltos con conocimiento y con educación.

La transición energética a fuentes renovables y no contaminantes es un proceso en marcha en el mundo y en el país. De la rapidez y la efectividad con que se haga puede depender la supervivencia de la especie. Colombia tiene una ventaja comparativa grande para el posible acceso a fuentes alternas como sol, viento y biomasa, pero esas fuentes no se pueden hacer realidad sin una masiva inversión en adquisición de conocimiento.

Enfrentamos también una nueva revolución industrial. Las tecnologías hoy llamadas convergentes serán muy pronto (o son ya) dominantes en el mundo. La inteligencia artificial, la información directa al cerebro, la medicina regenerativa, los nanomateriales inteligentes verdes, entre muchos otros desarrollos, serán centrales no solo para el desarrollo económico colectivo, sino para el personal. Esta revolución es absolutamente dependiente del conocimiento y requerirá estudios científicos de alto nivel.

La afirmación de que casi la mitad del área colombiana corresponde a mares y ríos es una verdad indiscutible. Si algo nos ha impedido aprovechar la inmensa riqueza de nuestras fuentes hídricas y de la vasta biodiversidad que las puebla son, en gran medida, deficiencias en el conocimiento y ausencias de política decisivas que lo promuevan.

La apuesta por las industrias creativas y culturales exige activar el potencial creativo del país a partir de su diversidad cultural y en estrecha articulación con la ciencia. Propuestas de la Misión como la de construir viveros creativos con participación del Estado, las instituciones educativas, las empresas y el sector productivo, no solo ratifican la visión de esa ciencia amplia que incluye a la cultura y que se genera en múltiples ámbitos, sino que promueven, otra vez, el uso del conocimiento local para un mejor desarrollo económico y social.

La innovación es en todos los campos el resultado de un mayor conocimiento, pero a la vez es uno de los actores que impulsa su generación y que lo exige. Es necesaria la armonización de los organismos sociales que promueven la innovación y la articulan con la investigación científica y la creación. La relación entre las industrias innovadoras y ricas en conocimiento y el bienestar de los ciudadanos es cada vez más evidente. El contexto colombiano aún no estimula a muchas de sus industrias para

innovar, pero una competencia cada vez más global lo hará sin duda y esto no será posible sin más conocimiento.

Pareciera una verdad de Perogrullo en el mundo de hoy, pero para esta Misión es muy importante repetirla en voz alta. Las naciones exitosas son aquellas que hacen del conocimiento la base para la solución de sus problemas y para el crecimiento de sus economías y la consolidación de sus sociedades. La ciencia que produce ese conocimiento es parte inseparable de la cultura. Su papel es en verdad insustituible, pero no se puede concebir hoy como la tarea solitaria de unas instituciones de educación superior aisladas, sino como el esfuerzo colectivo de la sociedad. La responsabilidad de quienes conducen ahora los destinos del país es inmensa para que se haga realidad por fin la migración de nuestra sociedad a una era en que el conocimiento sea nuestro bien principal. Muchas naciones, especialmente las más pequeñas, han desarrollado o se han visto obligadas a hacerlo, fortalezas en ciertos campos del conocimiento en los que pueden mantener o crear ventajas, pues ninguna nación puede competir en todas las áreas.

En el documento hay muchas propuestas conducentes a fortalecer el papel de la ciencia para el desarrollo económico y la mejora de la productividad. En este capítulo queremos resaltar aquella que tiene que ver con la forma de hacer ciencia para que esta sea cada vez más significativa en el desarrollo del país:

La creación de centros o institutos que sirvan de interfase entre la ciencia y sociedad

En el primer eslabón de la cadena de valor del conocimiento, el país tiene un vacío en la institucionalidad para realizar las etapas iniciales de la generación y transferencia del conocimiento, necesarias en la innovación de productos y procesos. Se propone para llenar este vacío la creación por parte del Estado de centros o institutos de investigación técnica y tecnológica por demanda.

Estos centros o institutos tendrán técnicos, profesionales y científicos dedicados de tiempo completo a pensar y dar soluciones prontas a los problemas de las empresas de su sector. Cada instituto adelantará una

caracterización de las industrias de su sector para identificar brechas tecnológicas. En un principio deberán estar financiados principalmente por el Estado, pero con el tiempo el sector privado que se beneficia de los resultados estará interesado en mantenerlos funcionando a óptimo nivel, aunque el Estado también los deberá respaldar en épocas de recesión para asegurar su continuidad. Los centros o institutos necesariamente tendrán la capacidad de actuar transdisciplinariamente, deberán contar con científicos de primera línea y con infraestructura y equipamientos de frontera. Como referentes para entender la propuesta se puede mencionar a Agrosabia en Colombia y a Embrapa en Brasil.

Referencias

- Bonilla *et al.*, (2018). Apuntes sobre el debate académico en Colombia en el proceso de reconocimiento gubernamental de la creación como práctica de generación de nuevo conocimiento, desarrollo tecnológico e innovación. *Cuadernos de música, artes visuales y artes escénicas*, 13(1). doi.org/10.11144/javeriana.mavae13-1.asda
- OCDE. (2002). *Frascati Manual 2002: Proposed Standard Practice for Surveys on Research and Experimental Development*. Organization for Economic Co-operation and Development. París: The Measurement of Scientific and Technological Activities.
- Oslo. (2005). *Manual: Guidelines for Collecting and Interpreting Innovation Data*. Third edition. European Communities: OECD.
- UNESCO. (1984). *Manual for Statistics on Scientific and Technological Activities*. Paris.

Educación, desarrollo y transformación de la sociedad

Hace casi tres décadas el *desarrollo humano* fue definido como el proceso de ampliación de las opciones para que las personas pudiesen potenciar al máximo sus capacidades y de esta manera llevar una vida productiva y creativa de acuerdo con sus necesidades e intereses, lo que implica ampliar las oportunidades para que cada persona pueda vivir la vida que decida. El desarrollo es entonces mucho más que el crecimiento económico, que constituye solo un medio —si bien muy importante— para que cada persona tenga más oportunidades⁴. El desarrollo humano implica la posibilidad de optar por una vida larga y saludable, de educarse y acceder al conocimiento y de tener un digno nivel de vida. “El desarrollo humano tiene que ver con las libertades humanas. Consiste en desarrollar las capacidades humanas, no solo de unos pocos, ni siquiera de la mayoría, sino de todas las personas” (PNUD, 2018).

La educación sigue siendo comprendida como uno de los factores decisivos para el desarrollo humano y la transformación de las sociedades, a pesar de que el logro de una cobertura universal y de condiciones de equidad, inclusión y calidad representa una deuda pendiente global que está expresada en el ODS n.º 4. Esta deuda, en el momento histórico de búsqueda de la paz que vive nuestro país, está acompañada de una promesa —todavía por hacerse realidad— de mayor bienestar social, equidad y prosperidad económica para las regiones más afectadas.

En Colombia las limitaciones del acceso a la educación de amplias capas de la población (educación formal, desarrollo de capacidades de los ciudadanos, creación, ciencia, innovación y preparación para el trabajo), y las dificultades para la sostenibilidad con calidad de dichos procesos cuando ellos se logran, afectan el desarrollo humano y están relacionadas, por una

⁴ Definición en <https://desarrollohumano.org.gt/desarrollo-humano/concepto/>

parte, con la escasa dinámica de crecimiento de la economía, de la productividad y de la innovación, y por otra, con la precariedad de las dinámicas sociales, políticas y culturales. Estas limitaciones y dificultades tienen sus orígenes en las grandes desigualdades instaladas en nuestro país. A pesar de que la distribución del ingreso tuvo un mejoramiento importante en la última década, Colombia sigue siendo uno de los países más desiguales del mundo. El coeficiente de Gini de 2018 fue de 0.51, situación que afecta diferencialmente de manera negativa los contextos rurales y las poblaciones de más alta vulnerabilidad (sectores rurales, indígenas, mujeres). El acceso a la educación mejoró ostensiblemente en el nivel de la educación primaria, pero es muy bajo en la etapa de 0 a 5 años y en los niveles de educación secundaria y media, como se observa en la siguiente figura, que muestra las tasas de cobertura neta y bruta en diversos niveles educativos (el porcentaje de estudiantes matriculados en el sistema educativo sin contar y contando los que están por encima de la edad correspondiente a su grado).

Al analizar experiencias de otros países —por ejemplo, Estados Unidos entre 1890 y 1970 (Goldin y Katz, 2007); Corea en la segunda mitad del siglo XX (Lee *et al.*, 2014); y Finlandia (Sahlberg, 2012)—, se observa que el acceso amplio e igualitario a la educación ha sido un factor importante en su desarrollo económico. En todos ellos, esta condición en la educación, siempre con un fuerte apoyo del Estado, generó períodos de aceleración de la producción, y aumentos de la productividad y la innovación. El amplio acceso a la educación también ha sido un determinante del mejoramiento de la distribución del ingreso, la riqueza y el poder (Atkinson, 2015; OECD, 2018).

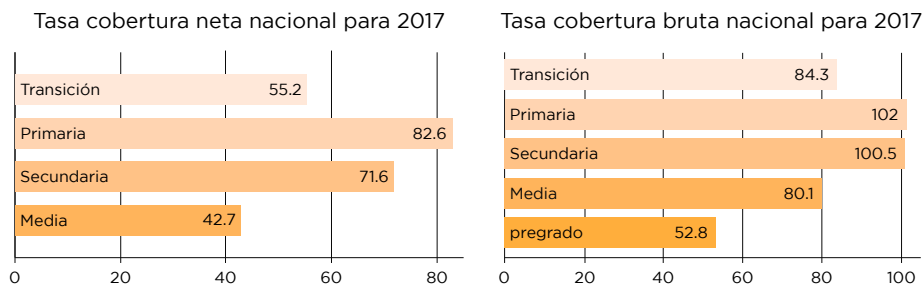


Figura 5. Tasa de cobertura nacional neta y bruta 2017
Fuente: Ministerio de Educación Nacional – SIMAT (2019) y SNIIES (2018)

No es difícil explicar esta conexión. Cuando el acceso a la educación es equitativo, se amplía la base de personas capaces de afrontar los problemas de su entorno, fortalecer el tejido social, aumentar la resiliencia de las familias y comunidades, aplicar su creatividad en hacer ciencia o arte, e innovar; esto contribuye a aumentar la productividad, a mejorar la distribución del ingreso y la riqueza, y facilita el acceso a otros bienes sociales. Además, el funcionamiento del sistema económico y político se beneficia de la menor concentración de riqueza y poder que resulta de una educación que, por su alta calidad y por su objetivo explícito de nivelar a quienes llegan con desventajas al sistema educativo formal, logre contribuir a cerrar las brechas sociales.

A estos desafíos históricos de nuestro país se suman los retos que se desprenden de las grandes megatendencias que están dando forma a la vida, a las profesiones y a los trabajos del futuro. La literatura reciente coincide en que la globalización, las transformaciones en la comunicación por las realidades virtuales que atraviesan todos los ámbitos de la vida diaria, la internet, los cambios demográficos, el cambio climático, la urgencia de la sustentabilidad, la automatización —basada en la inteligencia artificial—, la robotización, la biotecnología y la nanotecnología están transformando todas las áreas de la vida humana, demandan cambios de contenido y de forma en los procesos educativos y abren inmensas posibilidades de superar obstáculos hasta ahora infranqueables.

Por todo lo anterior, resulta evidente que los objetivos de las políticas nacionales de educación no pueden limitarse a mejorar las coberturas e inclusive la calidad, si esta se entiende simplemente como el logro de competencias ligadas a demandas disciplinares (o sus aplicaciones prácticas), sino en la necesidad de reinventar todo el sistema educativo para hacerlo pertinente a las cambiantes exigencias y a la realización de las personas. En un mundo de cambio acelerado, en el que la perspectiva de llegar a los cien años de vida será realidad para un sector creciente de la población, las personas tendrán la oportunidad —y el desafío— de reorientar sus capacidades personales y profesionales muchas veces a lo largo de su vida.

El desarrollo de capacidades básicas generales, en particular de la capacidad de aprender, y de habilidades propias de lo humano —agrupadas

frecuentemente bajo la denominación de habilidades blandas, socioemocionales o del siglo XXI, y durables en el sentido de que permanecen ante los cambios tecnológicos— será una tarea crucial de todo el sistema educativo. Ahora más que nunca el desarrollo de la autonomía y la autodirección, el pensamiento crítico, la creatividad, la colaboración, la adaptabilidad, el relacionamiento con otros humanos y con las máquinas, y la capacidad de aprendizaje permanente se tornan decisivos como fines que orienten las prácticas pedagógicas, las articulaciones de los currículos dentro de perspectivas abiertas y flexibles, y las didácticas para aprender dentro y fuera de las aulas.

Al mismo tiempo, temas como el alfabetismo de datos y digital; el pensamiento computacional y las habilidades en ciencia, tecnología, ingeniería, artes, matemáticas y diseño (STEAMD); la comunicación efectiva en una segunda lengua; el reconocimiento y fortalecimiento de quiénes somos y qué aspiramos a vivir en lo social, lo cultural y lo político, han de convertirse en competencias de base que contribuyan de manera efectiva al desarrollo de nuestro país. El tamaño del desafío requiere aproximaciones eficaces, inteligentes y escalables, diferentes de las que hemos adoptado hasta el momento. El sistema educativo tiene que prepararse en todos sus niveles para un mundo en el que se anticipa que, hacia 2030, un porcentaje muy alto de las ocupaciones que tendrán los humanos no han sido inventadas todavía (IFTE, 2018). Esto hace necesario el advenimiento del “aprendizaje instantáneo” y el desarrollo de capacidades en las personas para acceder a ese tipo de aprendizaje.

Pensar en una educación pertinente para el futuro hace necesario imaginar un sistema que forme para un sistema productivo, pero que también vincule los desafíos de sostenibilidad ambiental y social que enfrentan nuestras sociedades. Una mirada abierta al futuro, que trascienda una perspectiva meramente diagnóstica, es necesaria para recordarnos la urgencia de cerrar brechas y alcanzar resultados de aprendizaje más equitativos entre territorios, poblaciones y niveles de ingreso, hoy tan dispares en nuestro país.

La investigación acerca de los mecanismos cognitivos y cerebrales de los aprendizajes ha llegado a importantes resultados en los últimos veinte

años. Se ha comenzado a comprender el funcionamiento de la plasticidad cerebral, los efectos de la nutrición, del sueño y de la regulación emocional, así como la importancia de la atención, la predicción y el retorno en caso de error; ingredientes indispensables para el aprendizaje desde la primera infancia y a lo largo de la vida.

Esta realidad demanda nuevas pedagogías que reconozcan que, desde su ingreso a la escuela, los niños llegan con grandes diferencias; actualmente el sistema educativo no cierra esas brechas. Dichas pedagogías deben partir de reconocer el contexto económico, social y cultural de los estudiantes en el proceso educativo, entendiendo que este afecta no solamente el *input* que reciben los jóvenes durante su formación, sino también sus conocimientos y la imagen que tienen sobre sí mismos y sus comunidades. También deben asegurar que el estudiante juegue un papel activo en los procesos de aprendizaje a través de los esquemas de evaluación, retroalimentación, creación de hipótesis, entre otros elementos. Una educación de calidad necesariamente implica una educación que cierre las brechas en las capacidades.

Es necesario alcanzar un modelo educativo que proponga pedagogías nuevas, diferentes, que desplacen el acento hacia el desarrollo progresivo de las capacidades de aprendizaje de los individuos; que no solo los cualifiquen para una labor específica, sino que además les permitan transitar por diferentes segmentos de sus vidas; y que quienes eduquen tengan conciencia de los cambios en las capacidades cerebrales que el proceso provoca. Así mismo, un modelo educativo que logre trascender las metodologías de evaluación y de corrección basadas en el castigo, hacia formas de evaluación emocionalmente neutrales que les permitan a los estudiantes corregir sus errores. De igual manera, se impone pensar la educación con una aproximación ecosistémica que articule múltiples actores, contextos y territorios para soportar el aprendizaje permanente, a lo largo de la vida y que abarque los aprendizajes formal, no formal e informal.

Las anteriores consideraciones llevan a que una parte importante de las propuestas de la Misión de Sabios se centren en la educación. Las siguientes son las principales:

Universalización de la educación con atención integral a la primera infancia

Esta propuesta apunta a que todas las niñas y niños que vivan en Colombia accedan a una educación de calidad complementada con nutrición, salud, cuidado y afecto. Entre la gestación y los 5 años se establecen el 90 % de las conexiones neuronales (Fraser Mustard, 2002; 2003). de la persona. El desarrollo físico, emocional y cognitivo del niño en estos cinco años es crítico. Es criterio de la Misión que el Estado colombiano tiene la alta responsabilidad de garantizar atención integral y ofrecer oportunidades para ello a todos quienes no puedan acceder a esta por sus propios medios, a la vez que las familias asuman la corresponsabilidad de este proceso.

Aunque Colombia ha hecho progresos importantes en este campo (Presidencia de la República de Colombia, 2018), en especial con la estrategia *De Cero a Siempre*, los desafíos siguen siendo grandes (UNICEF, 2017; Save the Children, 2017; OSC, 2018; DNP, 2019). El 11.7 % de la población menor de 5 años vive en pobreza absoluta y se dan grandes disparidades entre la población rural y urbana (DANE, 2018). “Cerca del 50 % de los niños de 3 años y del 36 % de los de 4 años no asisten a ninguna institución” (UNICEF, 2017; OSC, 2018; DNP, 2019) y preocupa que “la mayoría de la oferta escolar en este nivel (72.3 %) solo ofrezca servicios asistenciales, dejando de lado los componentes pedagógicos y de aprestamiento para niveles superiores” (UNICEF, 2017; OSC, 2018; DNP, 2019). Uno de cada cuatro niños no recibe atención médica básica. Muchos son víctimas de violencia y abuso (Save the Children, 2017). El embarazo adolescente aumenta y actualmente llega al 19.5 % de las mujeres entre 15 y 19 años. El 37 % de las mujeres indican haber sido victimizadas por sus parejas (UNFPA, PNUD y ONU Mujeres, 2017).

La magnitud del desafío de universalización tiene que incluir, de manera complementaria a lo ya existente, una estrategia de atención integral a los preescolares, descentralizada, con eje en familia y comunidad. Los *Centros Regionales de Investigación y Desarrollo en Niñez, Juventud y Familia* deberán garantizar en todo el territorio nacional el buen desarrollo de la ruta integral de atención que actualmente ofrece *Cero a Siempre*, la cual

sería una de las modalidades de organización de estos Centros Regionales, al lado de otras en que las instancias locales y regionales asuman una mayor responsabilidad y en que la atención integral sea más amplia. Los Centros participarán también activamente en los procesos de formación de maestros de preescolar y en la organización de redes subregionales de centros de innovación en educación, en los cuales el aprendizaje de los maestros sea permanente.

Universalización y diversificación de la educación secundaria y media

La siguiente recomendación central de la Misión en materia de educación es ofrecer un acceso universal a la educación secundaria (sexto a noveno grado) y media (grados décimo y once), y asegurar una gran diversidad que le permita a estos niveles de educación conectarse con las potencialidades de las comunidades y las economías locales. En estas franjas, como lo indica la figura 5, el 41 % de niñas y niños en edad de asistir a la secundaria y el 53 % de los que están en edad de asistir a la media, no lo están haciendo. La situación de los adolescentes, especialmente en el campo y en los cascos urbanos de la gran mayoría de pequeñas poblaciones, somete a este margen no escolarizado a altas tasas de desempleo y a múltiples riesgos, además les cierra opciones de vida por falta de educación. El problema es tanto de cobertura como de ampliar las opciones de trabajo, artísticas, científicas y sociales, de esta franja de niños y adolescentes. Por ello, además de que el Estado garantice el acceso a esta educación, se trata de conectar de manera directa las formaciones que reciben con las potencialidades económicas, artísticas, culturales y sociales de sus municipios o subregiones.

Si bien una parte del currículo de estos programas de educación secundaria y media debe girar en torno a temáticas nacionales como la Historia, otra parte importante debe definirse localmente en función de ese potencial local, alrededor de los contenidos estéticos y culturales, la historia política, social y económica de cada lugar y el conocimiento de la biodiversidad más cercana. En muchos casos, con el propósito de hacer más atractiva la formación secundaria y media, se propone ofrecer doble

titulación que combine la formación para la educación universitaria con la educación técnica. Esta oferta, y acuerdos con el sector privado para su empleo, podrían acercar a los jóvenes a una actividad productiva que los ayude a permanecer en los estudios, muchas veces abandonados por la necesidad de apoyar económicamente a sus familias. Por ello resulta fundamental que existan enfoques transversales que permitan la articulación de los contenidos alrededor de problemas. Esto es, que habilidades como la sensibilidad estética, la curiosidad científica y la solución creativa de problemas no deben limitarse a asignaturas como la educación artística, la biología o las matemáticas, sino que deben atravesar todo el currículo mediante ejes que permitan el desarrollo de un pensamiento crítico y transdisciplinar.

Una recomendación de la Misión de Ciencia, Educación y Desarrollo de 1994 se dio en tal sentido. Los institutos Innovar debían combinar la educación media con la vocacional, acoplándolas en un esfuerzo explícito de innovación y emprendimiento de base tecnológica. La idea se experimentó con éxito y el Ministerio de Educación promovió una red de estos centros de educación media en un centenar de municipios. El aprendizaje ganado en esta etapa piloto, en la que algunos de estos centros fueron exitosos y otros no, permite concluir que ha llegado la hora de universalizar y diversificar ampliamente este proyecto, de manera que se integre la educación a la vida local, y se conecten la formación inicial y las aptitudes individuales con las potencialidades de las subregiones, a la vez que se abran canales más amplios hacia la formación técnica, tecnológica y universitaria. La complementación de estos institutos de educación media con colegios universitarios (community colleges) que provean los primeros dos años de formación universitaria en convenio con universidades ofrecería oportunidades a los estudiantes de las regiones donde el acceso a la educación superior es más difícil.

Las artes como instrumento de desarrollo personal y de fortalecimiento de la diversidad

La primera infancia es el momento en el que se adquieren los principales referentes para el desarrollo de la expresión estética (música, danza, plástica) y la dimensión afectiva y sensible que esta conlleva, referentes que se enriquecen y fortalecen a lo largo de la vida. Esos referentes son los ejes de configuración de la ciudadanía cultural, de la formación de públicos para las industrias creativas y culturales, y de talentos competitivos globalmente. La propuesta de la Misión consiste en la implementación efectiva de la obligatoriedad de la educación artística desde la primera infancia y a lo largo de toda la educación básica y media, con contenidos locales y de las diferentes regiones culturales del país. Con esto se busca desarrollar las competencias centrales de sensibilidad, apreciación estética y comunicación (Cuéllar y Effio, 2010), y hacer realidad en cada ciudadano colombiano la conciencia de la diversidad cultural consagrada en nuestra Constitución.

El desarrollo de las habilidades socioemocionales como objetivo central del sistema educativo

La investigación científica ha demostrado que las habilidades socioemocionales, incluidas las competencias ciudadanas, son cruciales no solo en sí mismas sino también porque afectan positivamente muchos logros deseables en la vida, incluyendo el bienestar individual, el desarrollo cognitivo y el éxito laboral. El estímulo de estas habilidades es particularmente relevante en países que han sido víctimas de conflictos armados, en los que la educación en memoria histórica ayuda a reducir las secuelas de las violencias. Colombia tiene grandes desafíos para formar ciudadanos comprometidos, que cooperen entre sí, cumplan la ley y exijan el respeto por la democracia. Aún más, dado el alarmante aumento en problemas de salud mental en niños, niñas y jóvenes, así como el impacto que han tenido múltiples formas de violencia sobre la población, el país enfrenta profundos retos para el bienestar individual y la cohesión social. La Misión propone la creación de una plataforma que financie programas

para entrenar maestros en habilidades socioemocionales, competencias ciudadanas y educación en memoria histórica. Convocamos a las escuelas normales y a las instituciones educativas con licenciaturas para formar a los nuevos educadores y a quienes orientan los programas de cualificación de los maestros a incorporar esta competencia en sus proyectos educativos institucionales.

Reestructuración del Sistema de Formación de Maestros: Instituto Superior de Investigación en Educación y Alta Formación de Maestros y Redes Subregionales de Centros de Innovación en Educación

La universalización de la atención integral de 0 a 5 años y de la educación secundaria y media con altos niveles de calidad demanda la formación de un número considerable de maestros para estos y otros niveles de la educación que se verán beneficiados por estos programas y deberán atender a estudiantes mejor calificados. La ampliación de cobertura no debe hacerse a costa de una menor calidad, como ha ocurrido con otros niveles en el pasado.

Este propósito demanda la estructuración del sistema nacional de formación de maestros alrededor de un conjunto de iniciativas que aseguren que la investigación y el desarrollo del conocimiento y la formación docente se combinen. Recuperar la confianza de los docentes, dignificar su trabajo, potenciar en términos de estatus su posición ante la sociedad y recobrar el espíritu de aprendizaje en sus propios procesos son condiciones para que las escuelas y colegios del país se conviertan en espacios de desarrollo del conocimiento y el pensamiento.

La propuesta se articula en dos estrategias. En primer lugar, la Misión propone la creación de un Instituto Superior de Investigación en Educación y Alta Formación de Maestros (ISIE), que tendrá el carácter de establecimiento público o de corporación mixta, y en cualquier caso será financiado con recursos combinados de presupuesto nacional y aportes del sector privado y de cooperación. El ISIE desarrollará la investigación en educación de alto nivel y formará a los maestros-investigadores que

educarán a los nuevos maestros de la niñez y la adolescencia de nuestro país. También orientará los procesos de educación continuada de los maestros que se encuentran actualmente en ejercicio, con el concurso de círculos, microcentros, centros de innovación en educación subregionales, Centros Regionales de Investigación y Desarrollo en Niñez, Juventud y Familia⁵, y las redes de estos colectivos, las cuales deberán potenciarse con el acceso a nuevas tecnologías al alcance de todas las subregiones.

La segunda estrategia del nuevo sistema de formación de maestros le apunta a la renovación permanente de los maestros que actualmente ejercen el magisterio, a través de redes subregionales de *Centros de Innovación en Educación*. Estos centros son lugares de encuentro en donde se comparten experiencias y aprendizajes, y se adelantan proyectos de investigación sobre educación; podrán ser orientados por el Instituto Superior de Investigación en Educación y Alta Formación de Maestros, la Universidad Pedagógica Nacional, la UPTC, las universidades que ofrezcan programas de formación de maestros, las Academias afiliadas al Colegio Máximo y sus capítulos, y coordinados por las universidades regionales a las que se convocará a adoptar las redes subregionales.

Con el propósito de romper el aislamiento de la cultura y de las comunidades que muchos maestros enfrentan, los Centros de Innovación en Educación funcionarán en espacios contiguos a las casas de la cultura en todo el país y efectuarán tareas que vinculen a los maestros con la comunidad, para lo cual cumplirán la función de centros regionales de investigación y desarrollo en niñez, juventud y familia. Existen casos exitosos, entre ellos el del Centro de Innovación del Maestro (MOVA) de Medellín, que pueden servir de modelo a estos espacios de aprendizaje permanente, investigación y relacionamiento de los maestros con la comunidad y la cultura; en cuya financiación deberán concurrir el Estado, empresas privadas y ONG, mediando un amplio plan de inversiones, asignando una partida en el Sistema General de Participaciones y regalías regionales que permitan

5 En Colombia, Brasil y otros países se han adelantado experiencias exitosas de círculos y casas de maestros, vinculados a través de redes, que difunden conocimientos y articulan esfuerzos pedagógicos.

ampliar el número de maestros calificados disponibles, especialmente para primera infancia y educación secundaria y media universalizadas.

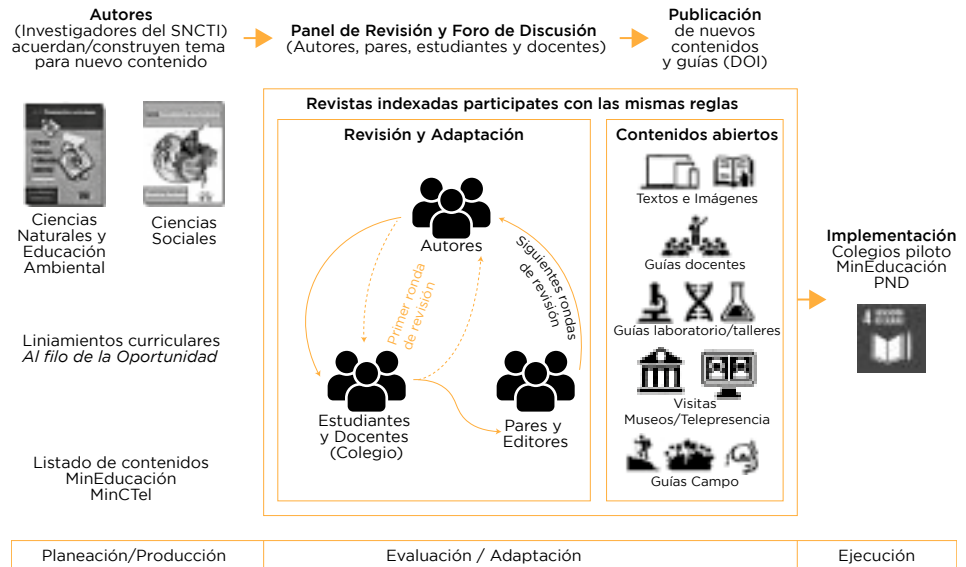
Los Centros de Innovación en Educación funcionarán como sistemas locales de gestión de conocimiento que articulan procesos de investigación en el territorio; que sistematizan prácticas locales; y donde los maestros trabajan con las familias y sus hijos, especialmente los de 0 a 5 años. Para esto, los maestros se apoyarán en estrategias basadas en el arte y la lúdica, y en formas de afianzamiento y reconocimiento de las propias culturas. Se apuntará a la formación de todos los actores involucrados en la atención integral a la primera infancia (mujeres, agentes educativos, jóvenes, maestros).

Los dos procesos deberán desarrollarse de forma paralela y armónica, y deberán contar con el apoyo de un *Programa Nacional de Investigación en Estudios Científicos de la Educación* que desarrolle conocimientos, adelante programas de investigación en grandes redes y permita compartir saberes entre los maestros. Empoderar a los maestros para investigar e innovar de manera sistemática, a la luz de los más avanzados conocimientos científicos, se hace indispensable para mejorar la calidad de la educación y convertirla en un instrumento que cierre las brechas de equidad. La posibilidad de transmitir a las nuevas generaciones la curiosidad, el amor por el conocimiento y la búsqueda de soluciones para los problemas del entorno, depende de que los maestros desarrollen su propia sensibilidad y habilidades expresivas, y conozcan el contexto histórico, social y cultural en el que se desenvuelven a través de las artes, las humanidades y las disciplinas científicas.

El Gobierno y las instituciones educativas deberán redimensionar el rol del maestro para convertirlo en un ejemplo vivo de lo que significa ser un aprendiz en el siglo XXI: referentes de flexibilidad, de apertura, de renovación de actitudes, saberes y prácticas, sin prescindir de la rigurosidad inherente a la actividad científica y educativa; e integrar nuevos modos de aprendizaje y de impartir educación utilizando las tecnologías convergentes para incrementar la cobertura y proveer amplias oportunidades y experiencias enriquecedoras a la población colombiana.

Nuevos textos y contenidos educativos

Se trata de romper la brecha de la ausencia de contenidos y textos educativos sobre contextos regionales. La propuesta consiste en que los investigadores del sistema nacional de ciencia tecnología e innovación aporten sus conocimientos—en especial los provenientes de sus investigaciones recientes—para generar nuevos contenidos educativos para la docencia en colegios. No se creará una cátedra; se trata de fortalecer e innovar abiertamente las asignaturas básicas de los planes de estudio (p.ej., Ciencias Naturales, Biología, Física, Química, Matemáticas, Cálculo), con ejemplos y estudios de caso asociados a nuestra realidad natural y cultural.



Fuente: elaboración propia, foco de Océanos y Recursos Hidrobiológicos.

Propuestas complementarias

La Misión propone un paquete de medidas complementarias (más ampliamente justificadas en documentos anexos), articuladas a las propuestas

anteriores, para mejorar la calidad de la educación; calidad que depende directamente de la formación de los maestros:

- a) Todos los niveles educativos deben tener en cuenta que siempre habrá niños con necesidades especiales, con dislexia, discalculia, dipraxia, y que se requiere adaptar los colegios, la escuela y los sistemas de evaluación a este contexto particular de necesidades especiales para personas con discapacidad. Hay experiencias exitosas en Colombia que pueden servir de modelo para adelantar esta política.
- b) Los procesos participativos deben alimentar el diseño de los Centros Regionales de Investigación y Desarrollo en Niñez, Juventud y Familia, de los Centros de Innovación en Educación y de las redes que estos formen. La encuesta y la plataforma del Plan Nacional Decenal de Educación y el proceso participativo liderado desde sus comisiones gestora y académica, que involucró a cerca de un millón de personas en todo el país, debería guiar la adaptación de las propuestas nacionales a los planes locales y regionales (PNDE, 2017).
- c) La inclusión de las propuestas armonizadas de los diez desafíos del Plan Decenal de Educación, el Plan Nacional de Desarrollo, los ODS y la Misión de Sabios, adaptadas local y regionalmente, en los planes de desarrollo territoriales es indispensable para asegurar su ejecución.
- d) Existe en Colombia un gran acervo de experiencias de innovación educativa. Sin embargo, estas no han sido evaluadas en forma sistemática con miras a difundir y generalizar las más exitosas. Las convocatorias de innovación abierta pueden ser una de las modalidades que apoyen este proceso de selección y propagación.
- e) Se convocará a todas las Universidades acreditadas del país a que, al lado de las que ya ofrecen programas de alta calidad en educación, a que ofrezcan programas de formación de maestros en los niveles de pregrado, maestría y doctorado en pedagogía y en didácticas, especialmente en matemáticas y ciencias básicas que se han detectado como áreas problemáticas en las evaluaciones Pisa. Esto debe complementarse con un programa agresivo de becas en

Ciencias Básicas que acerquen la investigación y la docencia, y atraigan a estudiantes destacados que hoy no escogen la docencia como profesión.

- f) Formalizar que los estudiantes de pregrado hagan semestres de práctica rural como opción de trabajo de grado, orientados por los maestros locales, previa formación en pedagogía.
- g) Crear un programa de becas para estudiantes con alta calificación en “saber-11” que deseen formarse para ser educadores.
- h) Apoyar los doctorados nacionales y ocasionalmente la formación doctoral internacional, especialmente en campos estratégicos para el país en todas las áreas del conocimiento. Asegurar financiación para su continuidad en la investigación después de la graduación y establecer una normativa ágil para la convalidación de títulos. En el caso de las industrias creativas y culturales se requiere un fomento especial a la creación de programas de formación de maestría y doctorado pues la oferta actual es escasa, tanto en estas áreas como en campos interdisciplinarios que faciliten la articulación de las cadenas de valor. En el caso de las ciencias sociales, se requiere seguir apoyando los doctorados nacionales y los centros de investigación autónomos, y fortalecer las convocatorias para programas de investigación que atiendan los graves problemas que como país estamos enfrentando, en estrategias de investigación-intervención-creación y en el marco de innovaciones sociales transformativas.
- i) Aplicar un programa de fuertes incentivos para enfrentar las disparidades regionales en la educación.
- j) Promover y estimular la formación de posgrado en periodismo de CTI de egresados en carreras de ciencias.
- k) Poner en práctica programas remediales que eviten la deserción y nivelen a los estudiantes menos aventajados.
- l) Promover la investigación en ciencias del aprendizaje y su aplicación en los contextos educativos locales.
- m) Involucrar a los docentes y futuros docentes en procesos de transformación digital del sistema educativo. El aprendizaje digital

ofrece hoy oportunidades para ampliar la cobertura y para impulsar el acceso y calidad de la educación en el sector rural.

- n) La formación en todos los niveles debe impregnarse de valores éticos. La misión hace un llamado a los educadores para que, desde la educación con atención integral de la primera infancia hasta la alta formación doctoral, se despierte genuina preocupación por los comportamientos éticos, los dilemas morales y la visión de lo público de docentes y educandos.
- o) La Misión propone una reforma del sistema educativo para soportar el aprendizaje permanente y a lo largo de la vida, que permita a los ciudadanos desarrollar los valores y competencias pertinentes para la vida y el trabajo actual y futuro. La propuesta de Cosmología que hiciera la Misión de Ciencia, Educación y Desarrollo en 1994, y cuya eficacia ha sido experimentada en pequeña escala, resulta particularmente pertinente en este propósito.
- p) El aprendizaje de una segunda lengua, especialmente el inglés, debe ser un componente de la formación en todos los niveles.

Se convocará a un amplio proceso de reflexión sobre la pedagogía en la educación preescolar, básica y media que apunte a la identificación y cultivo de los talentos personales, del desarrollo de valores y competencias ciudadanas, y de sólidas habilidades en las artes y las ciencias básicas.

Los segmentos del ecosistema de educación superior deberán redefinirse, reconociendo el valor que las formaciones técnica, tecnológica y universitaria tienen para el desarrollo del país. El ecosistema de educación superior se articulará con los sistemas productivos y sociales, con el fin de interpretar necesidades y proponer soluciones que incidan en la formación de formadores y en las políticas públicas, e inspiren a nuevas generaciones de colombianos. En esto, será necesario evaluar y eventualmente reconocer el rol que juegan dentro del ecosistema el conjunto de actores emergentes que están contribuyendo a la oferta de servicios educativos y que están por fuera de las categorías existentes de instituciones educativas.

Se ha detectado en diferentes encuestas una baja capacidad gerencial en muchas empresas para orientar y dirigir proyectos de innovación. Un

programa especial de capacitación de gerentes y emprendedores para gestionar proyectos de innovación se propone en los documentos anexos a este informe.

Finalmente, la educación para el trabajo deberá concentrarse en los niveles que los análisis de obstáculos a la innovación señalan como críticos: la formación de técnicos y tecnólogos con bases científicas mínimas que aseguren su versatilidad y su posibilidad de cambiar de actividad a lo largo de su vida. La oferta, por parte de universidades, de preuniversitarios o propedéuticos que ligen la educación media, técnica y tecnológica con la educación superior; la diferenciación funcional entre la educación técnica, la tecnológica y la universitaria, que se ha diluido; la evaluación periódica de todas las instituciones de educación para el trabajo, como recomienda la OCDE; la implementación de un sistema de equivalencias y homologaciones, y la ampliación de la oferta de tecnologías en las universidades de alta calidad, son instrumentos indispensables de la reforma de modernización de la educación para el trabajo que propone la Misión.

Referencias

- Atkinson, A. (2015). *Inequality: what can be done?* Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Cuéllar y Effio. (2010). *Orientaciones pedagógicas para la educación artística en básica y media*. Bogotá: Ministerio de Cultura.
- DANE. (2018). Estimación y proyección de población nacional, departamental y municipal por sexo, grupos quinquenales de edad y edades simples de 0 a 26 años 1985-2020. Disponible en: www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/royecciones-de-poblacion.
- DNP. (2019). “Visión Colombia 2019”. DNP.
- Gobierno de Colombia. (2016). Plan Nacional Decenal de Educación (PNDE) 2016-2026. Bogotá: Ministerio de Educación. p. 83.
- Goldin, C., y Katz, L. (2007). *The race between education and technology*. Harvard University Press: Cambridge, (MA).
- ITF. (2018). “AL Forces Shaping Work & Learning in 2030: Report on Expert Convenings for a New Work + Learn Future”. Recuperado de:

- http://www.iftf.org/fileadmin/user_upload/images/ourwork/Work___Learn/IFTF_Lumina_AI_Forces_Work_Learn.pdf
- Mustard, F. (2002). "Early child development and the brain. The base for health, learning and behavior through life". En: *From early child development*. Editora Young, M. Banco Mundial.: Washington.
- Mustard, F. (2003). *Qué es el desarrollo infantil? Primera Infancia y Desarrollo. El desafío de la década*. Center of the Developing Child at Harvard University.
- Lee, J. H., Jeong, H., & Hong, S. C. (2014). "Is Korea number one in human capital accumulation: Education bubble formation and its labor market evidence". En: *KDI School Working Paper Series, Working Paper*. 14(03).
- OECD (2018). Education at Glance Report Database. URL: <https://bit.ly/2oWhReb>
- Organizaciones de la Sociedad Civil-OSC. (2018). *La niñez no da espera*. Recuperado de https://jerezsandoval.com/wp-content/uploads/2015/03/Nin%CC%83ezYA_Libro_pa%CC%81ginas-sencillas_26-02-18.pdf
- PNUD. (2018). Índices e indicadores de desarrollo humano. Recuperado de http://hdr.undp.org/sites/default/files/2018_human_development_statistical_update_es.pdf
- PNUD. (2019). Concepto: Desarrollo Humano. Recuperado de <https://desarrollohumano.org.gt/desarrollo-humano/concepto/>
- Presidencia de la República de Colombia. (2018). "Informe de rendición pública de cuentas en primera infancia 2012-2017". Bogotá: Presidencia de la República.
- Sahlberg, P. (2012). "A Model Lesson: Finland Shows Us What Equal Opportunity Means". *American Educator*: 20(40).
- Save the Children. (2017). *En deuda con la niñez*. Fairfield: Save the Children.
- UNFPA, PNUD y ONU Mujeres. (2017). *Brechas de Género y Desigualdad: de los Objetivos de Desarrollo del Milenio a los Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Bogotá: USAID, ONU Mujeres & Fondo de Población de las Naciones Unidas, UNFPA Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, PNUD.
- UNICEF. (2017). *Informe anual 2017 Colombia*. Bogotá: Unicef.

La gobernanza de ciencia, tecnología e innovación

Uno de los propósitos de la gobernanza de la CTI es la atracción de mayores fondos y la ejecución de todos los fondos disponibles en programas coherentes y de alto impacto social y económico. El aumento mecánico de la inversión en ACTI o la transformación de Colciencias en un Ministerio, por sí mismos, son insuficientes para llegar a un nuevo equilibrio de alta inversión en CTI y mayores niveles de productividad económica. Un nuevo equilibrio solo se puede sostener por las presiones competitivas a la industria, por un cambio de incentivos y de lógica de las universidades y los investigadores (discutido en otras secciones), por el cambio de política pública en CTI (ver sección siguiente) y por una organización funcional del nuevo Ministerio.

Cuando se haya puesto en marcha una dinámica de cambio por todos los actores involucrados, es importante: (i) precisar el papel y alcance del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación; (ii) definir una estructura organizacional del Ministerio para dialogar con la sociedad, orientada a la ejecución; y (iii) identificar los principales instrumentos e iniciativas para evitar la atomización y dispersión de los recursos, y fomentar la creación de redes. Estos asuntos se desarrollan a continuación.

El Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SNCTI)

El Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SNCTI) debe ser diferente del Sistema Nacional de Competitividad y no debe estar incluido o depender de él. El SNCTI (como definen las Leyes 29 de 1990 y 1286 de 2009) debe ser de participación abierta. En la práctica, serán miembros quienes así se autodefinan. Una enumeración no exhaustiva incluye a las instituciones de educación superior públicas y privadas, instituciones de educación técnica y tecnológica públicas y privadas, instituciones de formación para el trabajo, academias constituidas por ley como asesoras del Gobierno,

empresas, asociaciones empresariales, asociaciones gremiales, institutos y centros públicos que hacen investigación científica, centros autónomos de investigación, centros de investigación pertenecientes a gremios de la producción, organizaciones sin ánimo de lucro que hagan o promuevan la investigación y asociaciones ciudadanas que promuevan la investigación.

Los elementos imprescindibles en el gobierno del sistema son:

- Un Consejo Nacional de Política de CTI, que debe ser la instancia encargada de debatir y recomendar al Ministro de CTI la política pública de ciencia, tecnología e innovación y de orientar el fomento de actividades de ciencia, tecnología e innovación hacia el desarrollo sostenible, estableciendo vínculos con otros sistemas de investigación y convocándolos a asociarse en actividades de ciencia, tecnología e innovación.
- Un Consejo Científico Nacional, que debe ser la instancia consultiva encargada de dar concepto científico al Gobierno sobre temáticas de ciencia, tecnología e innovación y de dar lineamientos de ética científica para ser tenidos en cuenta en las actividades, proyectos y programas de ciencia, tecnología e innovación.
- Mecanismos de relacionamiento y coordinación. Entre ellos se deben evaluar: (i) un Comité interministerial que ahorre en trámites del estilo documento Conpes; (ii) la figura de asesor de alto nivel para la Presidencia de la República, usada en países institucionalmente fuertes y en donde se garantiza la independencia e idoneidad del asesor; (iii) la Comisión científica asesora del Congreso.
- El Ministerio de CTI, que debe ser la cabeza del sistema y el responsable de generar políticas nacionales que regulen y promuevan la actividad CTI.
- Una agencia ejecutora que promueva los programas y proyectos en CTI, incluidos los financiados con recursos de regalías y de cooperación internacional. La agencia tendrá el manejo de los fondos existentes con recursos del presupuesto corriente nacional y el de regalías, y hará los seguimientos y evaluaciones necesarios. La agencia ejecutora participará en la coordinación de la inversión de otros ministerios y otros fondos nacionales que se dediquen a la actividad de CTI.

Estructura del Ministerio CTI

Las principales restricciones operacionales para el desarrollo de la CTI en Colombia son —además de la ausencia de formación de expectativas conjuntas y espacios de diálogo estructurado— la ausencia de fondos, la atomización de las asignaciones y el gasto desenfocado (ausencia de programas estructurados).

Como se planteó en la sección de financiación, hay cuatro usos/canales principales para organizar las actividades de CTI y su financiación. Los canales que deben tener un despliegue organizativo sólido en el nuevo Ministerio son: C1. Investigación de excelencia; C2. Colaboración entre industria e investigadores y transferencia de tecnología; C3. Innovación por I+D empresarial y C4. Adopción y *startups* no basadas en I+D. C5. Investigación sobre regionalización y adaptación. Estos programas corresponden a los usos de los recursos.

A estos canales hay que incorporar la línea de (investigación + creación) a partir de las áreas artísticas y creativas. Esto implica no solamente el reconocimiento de sus productos, sino su fomento decidido y constante⁶.

El Ministerio CTI deberá tener las siguientes características:

- Una cabeza ministerial a cargo de la política y de la interacción con el resto del gabinete, el liderazgo del Consejo Nacional de Política de CTI, con capacidad de alinear las bolsas sectoriales.
- Un Viceministerio a cargo del diseño de los contenidos de los cuatro tipos de programas antes mencionados, cuya clasificación sea consistente con la naturaleza de los problemas por resolver y adapte el lenguaje de la práctica internacional de la gestión de la CTI. Este Viceministerio debe definir los porcentajes de cofinanciación pública, establecer incentivos y reglas para agregar fuentes, e interactuar con actores relevantes en la definición de prioridades. Es preciso reiterar que este Viceministerio debe incorporar el diálogo de saberes

6 Se debe disponer de una unidad administrativa dedicada en el Ministerio CTI que interactúe, por lo menos, con la Mesa Nacional de Artes, Arquitectura y Diseño y la Asociación de Facultades de Ciencias Sociales y Humanidades.

con conocimientos tradicionales de indígenas, afrodescendientes, raizales y campesinos.

- Un Viceministerio de funciones complementarias (educación, apropiación social de la ciencia, gestión de la diáspora y de redes internacionales y regionales, etc.).
- Una agencia independiente a cargo de la financiación y estructuración de proyectos con la lógica de la financiación combinada. Esta agencia debe buscar el aumento de las fuentes de pago, diseñar los mecanismos de financiación combinada y mejoras crediticias, fortalecer el ecosistema de financiación temprana, e interactuar de manera continua con los actores del ecosistema de finanzas combinadas (fondos públicos, donantes y filantropía, fondos privados convencionales y financiadores alternativos —*alternative assets*—).

Misiones y centros para diseñar programas y enfocar el gasto

Dos instrumentos poderosos para evitar la actual atomización de fondos y su uso disperso son las *misiones* y los *centros*, cuyo papel se desarrolla en otras secciones.

Por lo pronto, se resaltan las siguientes características de cada uno de ellos:

- Las misiones alinean investigadores diferentes en torno a la solución de problemas prácticos y con ello logran tanto impactos visibles, como apoyo ciudadano a un papel creciente de la CTI en la economía y la sociedad.
- Los centros son una tendencia internacional de gestión de la CTI para la investigación aplicada con ventajas en economías de escala, alcance y aglomeración. Deben ser un vehículo neutral (independientes de las universidades y de los industriales), pero con altas habilidades de facilitación de acuerdos entre las partes y capacidad de comercialización. Son ideales para la gestión de la innovación acumulativa (clave en biotecnología, por ejemplo), que

requiere construir “escaleras de calidad” entre descubrimientos consecutivos para asegurar productos de largo plazo.

Sistemas de Innovación Regional (SIR)

La gobernanza de CTI debe incluir el desarrollo y consolidación de Sistemas de Innovación Regional (SIR). Los SIR son de especial relevancia en un mundo globalizado: la escala regional traduce más rápidamente las oportunidades y retos globales. Los SIR tendrían ventajas sobre los nacionales, pues los problemas de identificación y monitoreo de políticas se dan mejor en el ámbito de la contigüidad.

Los actores: Estado, sector privado, tercer sector, instituciones educativas, comunidades

La búsqueda de soluciones a los retos sociales y ambientales de nuestros tiempos excede el alcance de las políticas estatales sectoriales y territoriales, y demanda de los gobiernos nacional, regionales y locales el compromiso de promover diálogos, aprendizajes y experimentación conjunta entre diversos actores. El conocimiento que proveen las disciplinas y los saberes, tanto nacionales como internacionales, puede potenciarse a través de estos procesos participativos.

En un sistema de CTI concurren actores muy diversos: entidades estatales, organizaciones de educación e investigación, organizaciones que actúan como interfases o intermediarios de los procesos de desarrollo y transferencia del conocimiento, sectores productivos y de servicios, agencias de financiación y sociedad civil. El sistema funciona precisamente por la interacción entre los actores. En el caso del sistema colombiano de CTI se observa una limitada interacción entre los distintos actores. Si se desean transformaciones radicales en la sociedad es necesario promover esas interacciones y mediaciones.

Como consecuencia de ese aislamiento, algunos actores terminan invirtiendo ingentes esfuerzos en desarrollar capacidades complementarias a su misión central que otros actores ya han desarrollado y que podrían transferir o compartir. La escasez de la financiación con frecuencia agudiza esta tendencia y los actores terminan compitiendo, buscando sobrevivir o seguir vigentes. Esta dispersión por parte de los actores es un arma de doble filo para el sistema y las organizaciones. Por un lado, los actores demuestran versatilidad y creatividad para adaptar sus capacidades ante nuevas oportunidades de financiación; en ello exhiben una gran capacidad de absorber nuevo conocimiento. Por otro, los cambios de actividad pueden frenar procesos de consolidación de capacidades, pues al migrar hacia

otras áreas de conocimiento, se deja de aprovechar la experticia acumulada y se afecta la posibilidad de generar articulaciones que se sirvan de las capacidades complementarias de otros actores con mayor experiencia. La investigación orientada por misión que articule actores con capacidades complementarias alrededor de temas estratégicos de país es la propuesta de la Misión para superar esta falla del sistema.

En Colombia son frecuentes las quejas de cada tipo de actores por las omisiones de los demás. Esto es resultado de fallas del mercado del conocimiento ligadas a la incertidumbre propia de los procesos de investigación, que afectan la confianza y limitan la articulación. La academia reclama al Estado la falta de inversión y de una política estatal estable, y a la industria su poco compromiso para asumir riesgos y pensar en mayor escala. A su vez, el Estado demanda un mayor compromiso de la academia para generar conocimiento “productivo” y espera de la industria iniciativas de ciencia, tecnología e innovación. La industria reclama de la academia respuestas inmediatas y mayor eficiencia, a la vez que espera del Estado condiciones favorables que hagan de la investigación y el desarrollo actividades más seguras y rentables. En estas condiciones, el sistema de CTI se presenta como un conjunto de unidades aisladas que trabajan juntas solo por excepción.

La pregunta es ¿cómo se puede avanzar hacia un relacionamiento distinto? La propuesta de la Misión es la promoción por parte del Estado de organizaciones autónomas (centros, institutos, redes) que sirvan de interfaz entre los actores, de espacio para el diálogo y para compartir riesgos, de canales para que fluya el conocimiento en distintas direcciones. A los distintos actores, la Misión convoca a abrir espacios en donde se puedan tramitar las diferencias de enfoque para superar la desconfianza. Enfrentar los retos sociales, ambientales y económicos del siglo XXI, en particular la búsqueda de los Objetivos de Desarrollo Sostenible requiere el concurso de las voluntades de todos los actores del sistema.

Para que el Estado pueda liderar esta articulación, debemos entender cuál es su concepción sobre la ciencia, la tecnología, la innovación y la cultura. El actual Conpes de ciencia, tecnología e innovación, confiere a la CTI la función de “generar desarrollo económico y social basado en el

conocimiento” (Consejo Nacional de Política Económica y Social, 2009). Sin embargo, la Constitución política colombiana no define claramente cuál es la función de la ciencia, la tecnología, la innovación y la cultura para el desarrollo del país. Los artículos 70, 71, 360 y 361 de la Constitución de 1991 muestran la falta de visión sobre estos temas desde las bases del Estado. La ciencia, la tecnología, la innovación y la cultura son concebidas como actividades de formación (República de Colombia, 1991), fundamentales para tener una sociedad pensante, crítica y deliberativa, pero la Constitución se queda corta en definir para qué quiere educar en ciencia y dar incentivos, y cuál es el papel de la CTI en el país. De esta forma es necesario que el Estado defina claramente, en sus políticas de ciencia y tecnología, cuál es la función de la CTI en Colombia para la búsqueda de equidad social, bienestar y desarrollo sostenible.



Figura 6. Actores del sistema nacional de ciencia, tecnología e innovación
Fuente: elaboración propia.

El Estado ha asumido la función de promover la innovación apoyando la creación de capacidades en la industria, como se refleja en los Conpes de CTI. No obstante, las Encuestas de Desarrollo e Innovación Tecnológica realizadas por el DANE muestran el bajo desempeño de las empresas en innovación, el 96.4 % de las empresas colombianas son micro, pequeñas o medianas empresas, las cuales solo aportan el 37 % del valor agregado total. Del total de las empresas manufactureras solo el 0.2 % son innovadoras en sentido estricto, el 21.5 % innovan en sentido amplio y el 74 % no son innovadoras (DANE, 2017). En la industria, los servicios y el comercio las innovaciones más frecuentes son de proceso u organizacionales. Las innovaciones en producto o servicio y de formas de mercadeo son más escasas.

Los institutos públicos son actores fundamentales del CTI. Ellos generan conocimiento valioso para el país externo a las demandas del mercado, aportando conocimiento esencial para el funcionamiento del Estado, que es estratégico para la soberanía nacional en materia de salud, recursos geológicos, energía, recursos hídricos, recursos biológicos, asuntos legales, conservación de la memoria, entre otros. Es necesario que el Gobierno aproveche las capacidades de sus institutos para dar soluciones a las problemáticas del país. En este documento se presenta una propuesta de articulación, financiamiento y definición regulatoria de estos institutos, que surge por su iniciativa. En ella se llama a la creación de líneas de trabajo conjunto y al establecimiento de retos por resolver, a la definición de una gobernanza clara y a una articulación al interior del Estado que permita la cooperación horizontal entre institutos y el liderazgo de cada uno de ellos en su sector.

La base del sistema de ciencia, tecnología e innovación es una sólida educación media que asegure una adecuada fundamentación en ciencias y, al mismo tiempo, ofrezca una formación pertinente de acuerdo con los potenciales intereses laborales o profesionales de los jóvenes. Las universidades son un componente esencial de este sistema, educan, investigan, innovan y transforman los territorios. Las instituciones de educación superior ubicadas en las regiones son fundamentales para ofrecer una formación contextualizada y pertinente al territorio. Esta formación crea una masa crítica de profesionales que son la plataforma para la transferencia y

apropiación de conocimiento, logrando así una relación entre educación, desarrollo social y económico. La educación superior es fundamental para disminuir la inequidad y las brechas regionales que afectan nuestro país.

El bajo desempeño de la industria en innovación se corresponde con los bajos niveles de inversión en actividades innovadoras y una limitada capacidad de absorción de conocimiento. Esto tiene relación con la reducida vinculación de personal formado en investigación, con una insuficiente habilidad para actualizarse por limitaciones de recurso humano y con escasez de capital propio para invertir, de acuerdo con la encuesta citada. Otras razones del poco uso del conocimiento y del bajo desempeño en innovación son: la falta de información que tienen las empresas sobre instrumentos públicos de apoyo, la incertidumbre asociada a estos procesos, la comodidad en el mercado, y la necesidad de solucionar a corto plazo problemas de liquidez, facturación y planeación.

Un agente fundamental en cualquier sistema de CTI son los actores intermediarios o de interfaz, entre los cuales se encuentran las organizaciones de transferencia de investigación y tecnología. Estas organizaciones permiten, en las sociedades basadas en el conocimiento, la articulación efectiva de los actores del sistema de innovación alrededor de nuevas soluciones tecnológicas y focalizan grandes líneas o agendas de investigación y desarrollo por aspectos de eficiencia académico-administrativa. Más allá de los fines comerciales que inicialmente se les confirió a estos actores, su labor debe trascender y buscar el bienestar de la población, permitiendo el aprendizaje entre las partes, favoreciendo la cooperación colectiva y la creación de redes de intercambio de conocimiento y capacidades.

En 2017, Colombia tenía 5207 grupos de investigación reconocidos, adscritos a entidades de educación, centros de investigación o empresas. Estos grupos son un componente esencial del sistema de ciencia, tecnología e innovación pues a la vez que forman, absorben el capital humano altamente especializado. Una buena parte de ellos realizan investigación en la frontera del conocimiento con criterios de calidad y dan respuesta de manera colaborativa a retos, problemas y necesidades de la sociedad. La mayoría de ellos tienen relaciones con empresas o con entidades del Estado, y algunos con comunidades, pero no dan abasto para satisfacer

las necesidades de un número de empresas por lo menos de mayor magnitud. Los grupos de investigación son muy sensibles a los cambios en el direccionamiento de la política y en las prioridades de investigación, ya que esto los induce a desarrollar nuevas capacidades para reaccionar de forma apropiada a dichos cambios. Su fortalecimiento y participación en las redes internacionales de conocimiento es imperante para el desarrollo de Colombia y la creación de conocimiento pertinente para el país.

La sociedad civil organizada y no organizada tiene mucho que contribuir en los sistemas de CTI. Por ejemplo, algunos proyectos de las cajas de compensación familiar, las cooperativas y agrupaciones de usuarios y consumidores son ejemplo de trabajo de innovación social orientado por misión. Estas organizaciones y asociaciones lideran procesos participativos desde las bases, en los que se valoran los conocimientos locales, se articulan capacidades y actores diversos para brindar oportunidades y resolver las necesidades de las comunidades en donde tienen presencia.

Si los ciudadanos perciben el conocimiento como un factor de progreso de sus comunidades y del desarrollo sostenible, la construcción de capacidades en CTI encontrará un mayor apoyo en los poderes del Estado. Por ello, una inserción más efectiva de la educación científica en el ciclo educativo, que asegure una mayor apropiación y apreciación del conocimiento serán objeto de las políticas adelantadas por el nuevo Ministerio de CTI. De manera individual o colectiva, los ciudadanos toman decisiones que afectan sus vidas y las dinámicas de sus organizaciones, entornos y comunidades, por ello el camino hacia una sociedad del conocimiento debe apoyarse en la formación integral y contextualizada de toda su población.

Las propuestas de esta Misión buscan un cambio en la inercia del sistema que permita promover la emergencia de nuevos nichos de conocimiento, incrementar las habilidades y capacidades de los actores involucrados, repensar las estructuras de gobernanza y que finalmente la sociedad se encamine a la adopción del conocimiento como un bien de toda la sociedad. Es importante comprender que la ciencia, tecnología e innovación son procesos sociales cuyos resultados están determinados por valores culturales, políticos, económicos y éticos, así como por los intereses, las actividades y el compromiso de todos sus actores.

Propuestas

Ante la realidad de un nuevo Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, la Misión considera indispensable hacer un seguimiento y evaluación continua de la labor del Ministerio por un comité de pares internacionales. Se evaluarán su estrategia científica, su eficacia en alcanzar logros, la progresión del financiamiento, la cobertura del territorio, y el impacto internacional de la investigación y de la innovación que financia.

La sociedad civil organizada deberá participar en la periódica definición y ejecución de las misiones estratégicas adoptadas por el país. Es también necesario fortalecer las estrategias que conduzcan a procesos de investigación y desarrollo conjuntos entre las universidades y las empresas, que en muchos casos deberán ser mediados por las interfases que son los centros e institutos. Promover la creación de empresas basadas en conocimiento, la vinculación de investigadores de trayectoria con el sector productivo, crear pasantías en empresas dentro de los currículos universitarios y que los estudiantes de pregrado y posgrado desarrollen investigación con las empresas, son políticas complementarias que pueden ayudar a una relación de mayor confianza entre los actores del sistema. Las estrategias de apropiación social del conocimiento estarán enfocadas a difundir los nuevos desarrollos científicos y tecnológicos, de manera que no solo se promueva la adopción de innovaciones recientes, sino que se logre la participación activa de diferentes grupos sociales en procesos de innovación.

Es pertinente consolidar una red interconectada de instituciones que den respuesta a las necesidades, demandas y aspiraciones de los estudiantes, sus familias, el Estado y el sector productivo. Los programas universidad-empresa-estado que cofinancien hojas de ruta con participación colaborativa de universidades, centros de investigación y empresas para promover procesos de innovación e investigación orientada por misión en las diferentes regiones del país le darán un norte a los procesos que se desarrollen en los territorios.

Finalmente, se generarán canales de comunicación entre los decisores políticos, los inversionistas en nuevos negocios y los distintos actores sociales con el fin de consolidar iniciativas e identificar innovaciones potenciales que puedan difundirse rápidamente al resto de la sociedad.

Referencias

- Consejo Nacional de Política Económica y Social. (2009). *Documento CONPES 3582. Política nacional de ciencia, tecnología e innovación*. Bogotá, 1-69.
- DANE. (2017). *Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica Industria Manufacturera- EDIT VIII 2015-2016*.
- República de Colombia. (1991). *Constitución política de la República de Colombia de 1991*. Bogotá, 154.

Las universidades en el Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación

Para el desarrollo de la CTI se debe tener en cuenta el rol que ha jugado la Universidad en el mundo y en Colombia. Las conversaciones y discusiones de la Misión de Sabios se han dado bajo la premisa de que la universidad colombiana tendrá un papel dominante en este desarrollo futuro, como lo ha tenido en el pasado. Es posible que el papel protagónico de la universidad en el pasado se haya debido a una relativa debilidad de otros ámbitos de generación de conocimiento en nuestro sistema. En un futuro, sin perder su papel protagónico, sin duda deberá tener una conversación activa con centros e institutos de investigación, tanques de pensamiento, grupos de estudio, y organizaciones diversas y heterogéneas que participan en el esfuerzo.

La universidad es uno de los grandes legados de la Edad Media. Nació como una institución social en la cual los que quieren aprender y los que están dispuestos a entregar su saber se reúnen en torno a acciones como dar, recibir, investigar y crear conocimiento. En los últimos dos siglos, ha adquirido una gran relevancia ese papel de generadora de conocimiento y el de agente que apoya directamente la solución de los problemas de la población. Surgió la universidad de investigación, en la que la docencia se integra con la investigación y le abre nuevos horizontes al estudiante. Además, pasó de ser una institución para pequeñas élites intelectuales a otra democrática, abierta, que atiende a las mayorías y que promueve la equidad y la movilidad social.

La universidad tiene hoy una relevante influencia en la vida social, pues condensa toda la construcción de conocimiento, el discurso autónomo, la democracia y la libertad. Es una universidad humanista, gestora, protagonista y participante de los sucesos de la educación, del desarrollo social y económico, y de los progresos científicos, culturales y humanos de la sociedad.

En Colombia la evolución de la universidad ha sido similar. Por ley es una institución sin ánimo de lucro, independiente de si es pública o privada. La educación superior es un servicio público según la Constitución política. En Colombia el sistema público y el privado son de tamaños parecidos y en buena medida enfrentan retos y problemas semejantes. Hacia el futuro y con miras a una cobertura del 80 % para el 2030, que es la meta del actual Plan Decenal de Educación, los esfuerzos deberán ser coordinados y aditivos. Así mismo, es indudable que en el desarrollo acelerado de la ciencia y la tecnología ellas jugarán un papel cada vez más importante en el proceso educativo, al tiempo que no podrán abstenerse de su papel como generadoras de conocimiento a través de la investigación y la creación.

Actualmente la importancia de la universidad en el país se observa a partir de diversas cifras:

Según el Sistema Nacional de Información en la Educación Superior (SNIES), en el 2018 la población de graduados en todos los niveles de educación superior creció en un 340 % entre 2001 y 2018 (pasando de 138.658 a 482.122 graduados); mientras que según el DANE la población del país no creció más allá de un 120 %. Este es un hecho de gran relevancia no solo por el crecimiento de la masa crítica capaz de generar conocimiento y utilizarlo a favor del desarrollo, sino por ser una de las más significativas estrategias de ascenso socioeconómico para la población.

Las bases de datos académicas muestran que en las universidades se produce más del 95 % de las publicaciones científicas y una proporción aún mayor de las patentes aprobadas. Es en las universidades donde labora más del 90 % de los doctores formados dentro y fuera del país y se concentra el 87 % de los grupos de investigación, un porcentaje que en el futuro debería revertir.

Datos de la Red Iberoamericana de Indicadores de Ciencia y Tecnología evidencian que cerca del 20 % del total de la inversión que se realiza en investigación y desarrollo en Colombia proviene de recursos propios de las instituciones de educación superior, siendo la segunda fuente más importante en el país.

La universidad en Colombia contribuye de manera especial a la investigación en los campos de las ciencias sociales, las humanidades, la creación

artística y cultural. Hay importantes aportes a la historia, la antropología, la economía, la psicología, la pedagogía, la literatura, la música y el arte. Es decir, la contribución de la universidad en Colombia desde el ámbito de la investigación y la creación artística y cultural es amplia y significativa, y no se limita exclusivamente a las “ciencias duras” y la tecnología.

La universidad es un gran centro de producción y transmisión de conocimiento y el sitio desde el cual el impacto de ese conocimiento llega a toda la sociedad. La Misión de Sabios ha hecho gran énfasis en el futuro desarrollo de dinámicas empresariales y universitarias conjuntas, que retribuyan al entorno a través de transferencia y uso del conocimiento. Es importante resaltar que en Colombia se ha dado una internacionalización de la generación de conocimiento que ha permitido la vinculación a diversas e importantes redes científicas.

Por lo anterior, las universidades están llamadas a seguir impulsando el desarrollo de la ciencia, a proponer las preguntas que la sociedad requiere y a trabajar en las respuestas que la humanidad demanda. Los sistemas CTI son inconcebibles sin las plataformas universitarias, cualquiera que hayan sido o sean sus vocaciones de origen. De manera que las universidades deben contribuir al fortalecimiento de los centros autónomos para así consolidar un sistema general de ciencia y tecnología que transfiera el conocimiento a la sociedad. La universidad debe asegurar la formación del talento que necesita el ecosistema de investigación del país.

Desde el reconocimiento de las funciones misionales de la universidad, su papel es transversal a los procesos de ciencia, tecnología e innovación. La interacción de la universidad en el sistema CTI se da en diferentes etapas de la ciencia y la tecnología: desde la ciencia básica, pasando por la investigación aplicada, el desarrollo tecnológico, hasta el desarrollo de prototipos. Actualmente es frecuente en el mundo que desde las universidades surjan también empresas de alto contenido científico y tecnológico, que terminan en un círculo virtuoso fortaleciendo a la misma universidad.

Indicadores muestran que las etapas de ciencia básica y aplicada dependen en gran parte del conocimiento que se genera en las universidades, a través de los investigadores y sus grupos o las estructuras de diversos

tipos en las que estos se organizan. En la etapa en que las actividades se centran en lograr reproducibilidad de los resultados a escala experimental o en laboratorio, es clave el papel de las universidades, las cuales pueden actuar en una red en la que se pongan a disposición el recurso humano y las más avanzadas técnicas instrumentales y analíticas, para aplicar el conocimiento generado mediante la conceptualización de tecnologías o la solución de problemas del contexto. En las etapas finales caracterizadas por los procesos de innovación y de transferencia, son también, en muchos países del mundo, escenarios de transformación. En este caso los múltiples emprendimientos que se generan en ellas se dan en forma de empresas “*spin off*” y “*start up*”, que son posibles y generan el ciclo virtuoso entre la generación de conocimiento, la aplicación de ese conocimiento, las tecnologías que se generan y su aplicación. En estos niveles de alta capitalización, es vital la inyección de recursos privados, por ejemplo, desde fondos privados de capital de riesgo medio o bajo, que permitan esencialmente el escalado y masificación de las tecnologías.

Para proyectar este papel de la universidad a futuro, La Misión de Sabios sugiere que lo primero y más importante es el fortalecimiento del rol que tienen las universidades en la generación de conocimiento, y esto implica necesariamente la necesidad de diversificación de las fuentes de financiación en el sistema CTI, incluyendo el sector y banca privados.

Se hace necesario, además, tener en consideración que la investigación que realiza la universidad no se da exclusivamente en el ámbito de las ciencias básicas y aplicadas, también se da en el ámbito de las ciencias humanas y de la creación artística y cultural, áreas del conocimiento que de igual manera requieren una recomposición de la financiación, así como nuevas y mayores fuentes de recursos. Dados los cambios que están ocurriendo en el mundo, es necesario que el rol primigenio de generación de conocimiento nuevo y autónomo que tienen las universidades de ampliar la mente y construir mejores sociedades prevalezca, se preserve y fortalezca. La institución que por excelencia podrá humanizar y mantener una mirada crítica y ética a los vertiginosos avances científicos y tecnológicos de los años por venir es, sin duda, la universidad.

Otras recomendaciones de la Misión son:

Adoptar las metodologías tanto de la investigación orientada por la curiosidad, como la orientada por misiones, trabajando bajo el enfoque de retos, con la participación de múltiples actores y desde la articulación académica interdisciplinaria e intersectorial.

Se requiere transformar y fortalecer una parte importante de los centros ya existentes con el propósito de asegurar un mayor acceso a infraestructura y servicios científicos y tecnológicos, altamente cualificados por ellos, para los diversos actores del sistema CTI.

Se debe incluir en el aprendizaje el desarrollo de las habilidades (mal llamadas) ‘blandas’ y ‘durables’ —en el sentido de que no se tornen obsoletas ante los cambios tecnológicos—, esta será una tarea crucial de todo el sistema educativo. Al mismo tiempo, temas como el alfabetismo digital y de datos, el pensamiento computacional, las habilidades de ciencia, tecnología, ingeniería, artes y diseño (STEAMD) y la comunicación efectiva en una segunda lengua deben convertirse en competencias esenciales para contribuir de manera eficaz al desarrollo de las personas y del país.

Educar en las aulas y formar en los campus es una labor propia de la dimensión cultural y la creación artística que debe tener la universidad, que debe propiciar en adelante esos espacios, y enriquecer y tocar para siempre la vida de sus estudiantes. De no hacerlo se empobrecería la idea de universidad y podrían dividirse, sin sentido y con impacto negativo, los conceptos de cultura y de universidad.

Por último, se debe estudiar y analizar la incidencia, los impactos y los avances de la ciencia en el país de manera permanente. A pesar de tratarse de una misión que la universidad siempre ha tenido, se debe reforzar esa posición crítica frente a la incidencia e impacto que tiene el desarrollo científico sobre otros ámbitos de la vida nacional.

Política general de datos abiertos

Parte del desarrollo integral económico de las naciones se debe en gran medida al reconocimiento de los datos como un elemento importante para generar valor social y económico agregado. *Ciencia abierta, con énfasis en datos abiertos* aumentaría la capacidad de respuesta del SNCTI y del Estado ante problemas emergentes (p. ej., cambio climático, desastres, enfermedades o epidemias) y daría un valor agregado a las inversiones con recursos públicos. El objetivo de esta iniciativa es establecer condiciones para garantizar la universalidad del conocimiento con énfasis en datos en bruto (*raw data*), abiertos. Los datos abiertos deben verse como un activo social y económico, especialmente cuando se usan para atender necesidades de la sociedad y para la investigación científica. La investigación con recursos públicos se hará con el enfoque de datos abiertos. Su explotación comercial deberá estar condicionada a que los datos permanezcan en el dominio público. Así mismo, en caso de protección de los datos bajo figuras de propiedad intelectual o si esos datos se integran a bases de datos no gratuitas, se deberán establecer condiciones de acceso tanto a esos datos como a los productos derivados de los mismos en favor del interés público, mediante mecanismos para promover su uso en condiciones equitativas y para recaudar fondos proporcionales al beneficio en favor del público. Estos fondos se destinarán a desarrollar las capacidades de almacenamiento y procesamiento, como los repositorios de datos o los artículos de datos, o al desarrollo de capacidades de las redes de investigación y desarrollo nacionales. La ética en el manejo de los datos también debe ser un objetivo de esta política. El depósito de los datos primarios de la investigación por diez años es una práctica de muchos países que debe adoptarse.

Los principios de la política son los siguientes.

Identificadores digitales. La tendencia de Ciencia Abierta/Datos Abiertos (*OpenData/OpenScience*) promueve entre sus buenas prácticas la publicación de los datos en bruto con identificador de los investigadores y técnicos, un repositorio y artículo de datos indexado, ambos con un identificador digital, o como un complemento en una publicación

completa (que evitaría el artículo de datos, pero no lo excluye si también se realiza, ver figura 7).

Repositorios abiertos interoperacionales. Se sugiere para los datos en bruto —producidos en todos los sectores por entidades públicas o en el marco de proyectos financiados con recursos públicos—, seguir un estándar internacional de archivo de datos, así como los formatos popularmente en uso y emplear la red de repositorios existentes de forma interoperativa. El sistema requeriría una red avanzada con conectividad a las redes avanzadas latinoamericanas, transoceánicas, con capacidad de almacenamiento suficiente y procesamiento con acceso a Eduroam. Es importante que los repositorios, además de interoperables, sean redundantes, públicos, sin restricciones de acceso y que tenga los mismos estándares y reglas de juego para toda Colombia.

Fomentar los artículos de datos. Un artículo de datos, además de direccionar al repositorio donde estos se encuentran, presenta una revisión por pares y es publicado en revistas indexadas como prueba de la rigurosidad científica de cómo se tomaron. La publicación de estos datos en un artículo es el respaldo de la calidad de los datos contenidos,

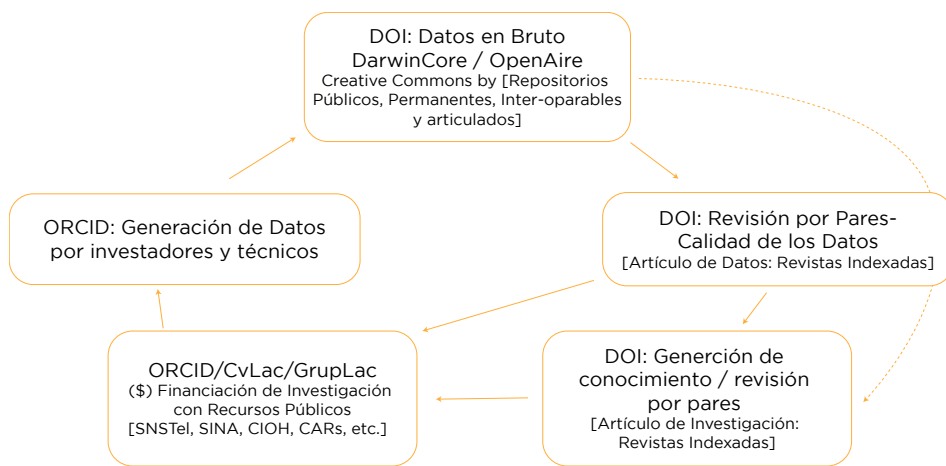


Figura 7. Esquema del ciclo de la generación de datos abiertos para la ciencia abierta producto de financiación con recursos públicos y sus identificadores digitales
Fuente: elaboración propia
foco Océanos y Recursos Hidrobiológicos.

lo cual es de gran importancia cuando provienen de entidades públicas o en el marco de proyectos financiados con recursos públicos. Este tipo de artículo no requiere de un análisis o transformación de los datos, sino solamente que estén depositados en su formato bruto y debidamente etiquetados, incluyendo los aspectos metodológicos de su obtención dentro de los estándares de las disciplinas de trabajo. Es decir, los datos primero se depositan en un repositorio abierto al público y el artículo de datos es el metadato que incluye una descripción y su posible utilidad, los detalles de su toma, sus créditos y autorías.

Institutos de investigación, centros de CTI autónomos y otras interfases

Política para centros e institutos de investigación

La Misión de Sabios 2019 ha encontrado que la política para el apoyo a los centros e institutos de investigación ha sido muy débil en el país. Con frecuencia las universidades de vanguardia en muchos países crean centros en los que la actividad transdisciplinar y la comunicación con empresas y organizaciones sociales se facilita. El país cuenta con una tradición importante en el desarrollo de centros e institutos. Hay experiencias positivas, pero también se han diagnosticado (en comunicación con algunos de ellos y en revisiones de archivo) impedimentos para su funcionamiento ágil. Muchos de estos se encuentran en situación financiera precaria, algunos emblemáticos han desaparecido (sin duda hoy serían de alta prioridad) y otros se han quedado cortos en la ejecución de su misión o esta ha sido modificada por situaciones coyunturales.

La Misión ha decidido hacer en este documento un breve análisis de los antecedentes internacionales y nacionales con el fin de proponer una política para las distintas clases de instituciones que hoy se engloban en la definición de centros e institutos. Se discutirán, así mismo, las definiciones que ha adoptado Colciencias y las iniciativas que se han dado para fomentarlos y apoyarlos. La propuesta será de una gran política, pero con iniciativas diversas que se acoplen a las diferentes instituciones y estrategias. La heterogeneidad institucional no es un problema; por el contrario, es una muestra de agilidad y de versatilidad en la respuesta a retos que requieren acciones prontas en un mundo globalizado y altamente competitivo. Los apoyos deben adaptarse a las instituciones y no —como hoy sucede en gran medida— que estas deban forzarse a encajar con definiciones hechas a priori y en ocasiones sin suficiente ilustración o experiencia.

Antecedentes internacionales

Una mirada a la forma como diversos países han desarrollado su ciencia y su tecnología con logros notables, muestra una gran heterogeneidad en las estrategias y en el tipo de centros e institutos. En algunas naciones han obedecido a una política centralizada y cuentan con un importante financiamiento nacional y local, en otras han sido dejados a un desarrollo espontáneo, dependiente de las exigencias de la sociedad (empresas y organizaciones sociales diversas), pero con apoyos generalmente definidos en convocatorias competitivas. Se presentan unos pocos casos como ejemplos ilustrativos, aunque existen muchos más que podrían sustentar estas argumentaciones.

Caso Estados Unidos: Laboratorios Nacionales

Como resultado de una inmensa inversión en investigación científica iniciada por el Gobierno de los Estados Unidos durante la Segunda Guerra Mundial, los Laboratorios Nacionales han servido como instituciones centrales para la innovación científica y para abordar problemas estratégicos de punta en los Estados Unidos durante más de setenta años. Un ejemplo de esto son los 17 laboratorios nacionales, afiliados al Departamento de Energía⁷, que abordan los desafíos científicos críticos en este campo y los retos complejos de investigación y desarrollo a gran escala con un enfoque multidisciplinario, que pone énfasis en traducir la ciencia básica a la innovación. Es importante señalar que estos son solo uno de los muchos esfuerzos, la comunidad científica de Estados Unidos se ha caracterizado por tener diversos acuerdos institucionales, disciplinares unos transdisciplinares otros, con participación de múltiples actores económicos y sociales.

⁷ Consultar en <https://www.energy.gov/national-laboratories>

Tabla 2. Laboratorios nacionales afiliados al Departamento de energía, Estados Unidos⁸

Nombre del laboratorio	Focos
Ames	Síntesis y estudio de nuevos materiales, recursos energéticos, diseño de computadoras a alta velocidad, limpieza y restauración ambiental. Se encuentra en el campus de la Universidad Estatal de Iowa.
Argonne	Argonne tiene cinco áreas principales de enfoque: realizar investigaciones científicas básicas; operar instalaciones científicas nacionales; mejorar los recursos energéticos de la nación; desarrollar mejores formas de manejar los problemas ambientales; proteger la seguridad nacional.
Brookhaven	BNL se especializa en física nuclear y de alta energía, ciencia y tecnología de la energía, medioambiente y biociencia, nanociencia y seguridad nacional.
Fermilab	Especializado en física de partículas de alta energía.
Idaho	Energía nuclear, seguridad nacional, energía y medio ambiente.
Lawrence Berkeley	Opera cinco de los laboratorios más grandes del sistema: Advanced Light Source, Joint Genome Institute, Molecular Foundry, National Energy Research Scientific Computing Center, Energy Sciences Network.
Lawrence Livermore	Energía nuclear y ciencias básicas.
Los Alamos	Seguridad nacional y ciencia fundamental.
National Energy Technology	Investigación aplicada para la producción limpia y uso de recursos energéticos domésticos.
National Renewable Energy	Eficiencia energética y Energías renovables.
Oak Ridge	Alberga el mayor recurso de supercomputo del mundo (primera supercomputadora del top 500 <i>Summit</i>), el cual es utilizado para multiprogramas de investigación. Física nuclear, materiales y defensa.
Pacific Northwest	Energía, seguridad nacional y medio ambiente.

8 Esto se presenta en calidad de ejemplo; no se mencionan otros centros e institutos de enorme importancia en sectores como salud, educación, industrias, etc.

Nombre del laboratorio	Focos
Princeton Plasma Physics	Física del plasma y aplicaciones.
Sandia	Seguridad nacional, ciencias nucleares.
Savannah River	Remediación ambiental, tecnologías para la economía del hidrógeno, manejo de materiales peligrosos y tecnologías para la prevención de la proliferación nuclear.
SLAC National Accelerator	Física de aceleradores de partículas.
Thomas Jefferson National Accelerator Facility	Física nuclear.
National Institute of Standards and Technology (NIST)	Su misión es promover la innovación y la competitividad industrial. Se concentra en programas de laboratorio que incluyen ciencia y nanotecnología, ingeniería, tecnología de la información, investigación de física cuántica y medidas de precisión incluyendo relojes atómicos. Desde 1997 ha tenido ya cinco premios nobeles en física y química

Además de los anteriores, existen otros centros de gran importancia, como el Smithsonian, los National Botanical Gardens y otros más.

Caso Brasil: Unidades de Investigación

El Ministerio de Ciencia, Tecnología, Innovación y Comunicaciones de Brasil ha generado 16 Unidades de Investigación, que se encargan de la generación, aplicación y difusión del conocimiento, así como el desarrollo de tecnologías y la promoción de la innovación en sus respectivas áreas de actividad⁹. Estas unidades son monitoreadas y evaluadas con base en sus respectivos Términos de Compromiso de Gestión (TCG), un instrumento de mutuo acuerdo entre el MCTIC y la Unidad de Investigación.

⁹ Consultar en http://www.mctic.gov.br/mctic/opencms/institucional/paginas/Estrutura_Organizacional.html

Tabla 3. Unidades de Investigación, Brasil

Nombre	Focos
Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer (CTI)	Microelectrónica, componentes electrónicos, sistemas, pantallas de información, software, aplicaciones de TI, robótica, visión artificial, tecnologías de impresión 3D para la industria y la medicina, y software de soporte de decisiones.
Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF)	Investigación en física de alta energía, experimental, teórica y física aplicada, cosmología y astrofísica relativista; formación científica; instrumentación científica; tecnologías de la información y computación.
Centro de Tecnologia Mineral (CETEM)	Caracterización de materiales, tecnologías minerales, procesamiento de minerales, metalurgia extractiva y procesos biotecnológicos, tecnologías ambientales, sostenibilidad de la industria mineral, producción de materiales de referencia certificados.
Centro de Tecnologias Estratégicas do Nordeste (CETENE)	Biotecnología, Nanotecnología, Microeletrônica.
Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN)	Seguimiento y emisión de alertas de desastres naturales, desarrollo de capacidades científicas, tecnológicas y de innovación para mejorar continuamente las alertas de desastres naturales.
Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA)	Biodiversidad, dinámica ambiental, tecnología e innovación, sociedad y medio ambiente.
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)	El espacio y las ciencias atmosféricas, predicción del tiempo y estudios del clima, observación de la Tierra, ciencia del sistema terrestre, ingeniería espacial y tecnología, seguimiento y control de satélites, integración y pruebas de satélites, actividades asociadas en sensores y materiales, plasma, computación y matemática aplicada, combustión y propulsión.

Nombre	Focos
Instituto Nacional de Tecnología (INT)	Desarrollo tecnológico en diseño industrial, ensayos en materiales y productos, química analítica y procesamiento y caracterización de materiales; tecnologías aplicadas de catálisis y procesos químicos, corrosión y degradación, energía e ingeniería de evaluaciones y producción; innovación tecnológica; certificación de producto.
Instituto Nacional do Semiárido (INSA)	Biodiversidad y uso sostenible; sistemas de producción; recursos hídricos; desertificación
Instituto Nacional da Mata Atlântica (INMA)	Conocimiento de la biodiversidad; conservación y uso sostenible; colecciones biológicas; educación y difusión.
Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia (IBICT)	Ciencia de la información; comunicación y difusión científica, acceso gratuito a la información científica y tecnológica; transferencia de tecnologías de la información; inclusión informativa e innovación social.
Laboratório Nacional de Astrofísica (LNA)	Gestión y operación de infraestructura de observación astronómica; desarrollo tecnológico en instrumentación astronómica; investigación, docencia y extensión en astrofísica; desarrollo y disponibilidad de bases de datos astronómicas.
Laboratório Nacional de Computação Científica (LNCC)	Tecnología de medicina asistida por ordenador; modelado computacional en reservorios de petróleo, aguas subterráneas y captura de CO ₂ ; modelado de fracturas de roca; modelado molecular; bioinformática; procesamiento de modelos moleculares; simulación y gestión de yacimientos; visualización avanzada, participante del sistema brasileño de tecnología (Sibratec).
Museu de Astronomia e Ciências Afins (MAST)	Historia de la ciencia y la tecnología en Brasil; desarrollo social de las ciencias; popularización y educación en las ciencias en espacios no formales; difusión científica para la inclusión social; preservación de colecciones históricas de científicos, instituciones e instrumentos científicos de Brasil; archivo de la cultura científica brasileña.

Nombre	Focos
Museu Paraense Emilio Goeldi (MPEG)	Biodiversidad - biogeografía, sistemática zoológica y botánica; inventario; ecosistemas amazónicos - estructura, dinámica y conservación; monitoreo y manejo de los recursos naturales; sociodiversidad y dinámicas socioculturales: antropología de las sociedades amazónicas, etnobiología, etnoecología y etnomuseología, arqueología prehistórica e histórica de la amazonía, lingüística indígena en la amazonía; uso del suelo y planificación del uso del suelo; biotecnología e innovación - innovación y transferencia de tecnología, propiedad intelectual y protección del conocimiento.
Observatório Nacional (ON)	Astronomía y astrofísica; geofísica; tiempo y frecuencia.

Caso Francia: Institutos

Los laboratorios del Le Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS) son los “bloques de construcción básicos” del sistema¹⁰. Sus equipos, formados por investigadores, ingenieros y técnicos, están en el origen de la producción y transmisión de conocimiento. Los laboratorios son en su mayoría unidades de investigación mixtas, con socios del mundo académico (universidades, escuelas y otras organizaciones de investigación) y la industria. El CNRS tiene más de 1100 laboratorios en toda Francia, forman el paisaje científico local. A estos laboratorios se agregan 37 unidades mixtas internacionales (IMU), un número que ha aumentado considerablemente desde 2010.

Tabla 4. Institutos - Francia

Nombre	Focos
Institut des sciences biologiques (INSB)	Bioingeniería, bioquímica-biología estructural, biología celular, biología vegetal, desarrollo, evolución, genética, genómica, inmunología, infectología, microbiología, neurociencia, cognición, farmacología e imagenología, fisiología y cáncer.

¹⁰ Consultar en <http://www.cnrs.fr/fr/le-cnrs#rubric-11>

Nombre	Focos
Institut de chimie (INC)	Química de y para la vida (exploración y desarrollo de nuevos modelos y herramientas para farmacología, biotecnología, medicina, cosmetología, agroalimentación y fitosanitaria). Química verde y desarrollo sostenible, más selectivos y más seguros. Funcionalización de la materia (elaboración y control de las propiedades de los materiales, en particular para la energía, desarrollo de la nanoquímica).
Institut écologie et environnement (INEE)	Ecología y ecociencias, biodiversidad, impacto de los cambios globales, salud-medio ambiente, recursos, química ecológica y ambiental.
Institut des sciences humaines et sociales (INSHS)	Culturas y sociedades en la historia, los hombres, las sociedades y el medio ambiente, comportamiento, cognición y comunicación, mundos contemporáneos.
Institut des sciences de l'ingénierie et des systèmes (INSIS)	Ciencia y tecnología de automatización, señales y sistemas electrónicos y fotónicos, ciencias y tecnologías mecánicas, energéticas y de procesos.
Institut national des sciences mathématiques et de leurs interactions (INSMI)	Las diferentes áreas de las matemáticas, modelado matemático y simulaciones, interfaz con otras disciplinas científicas, interacciones con empresas y sociedad.
Institut de physique (INP)	Física teórica, modelización y simulación numérica, óptica, átomos, moléculas y física cuántica: fundamentos y aplicaciones, materia condensada, materiales, nanociencias, estados de la materia, transiciones de fase, inestabilidades, desorden, láseres y plasmas, física alrededor de la vida.
Institut des sciences de l'information et de leurs interactions (INS2I)	Informática y digital. Uno de sus principales objetivos es posicionarlos, con las ciencias de la información, en el centro de los asuntos multidisciplinarios e interdisciplinarios, basándose, entre otras cosas, en su asociación con el INSIS y las herramientas interdisciplinarias del CNRS.

Nombre	Focos
Institut national de physique nucléaire et de physique des particules (IN2P3)	Física de partículas, plasma de quark-gluones y física hadrónica, física nuclear y astrofísica, física de las astropartículas, física y astrofísica de los neutrinos, investigación y desarrollo de aceleradores, informática de grid y ciencia de datos, aplicaciones nucleares en salud, para la energía y en el medio ambiente.
Institut national des sciences de l'Univers (INSU)	Océano, geografía, geología, geofísica, climatología, hidrología, vulcanología, sismología, medio ambiente, planetología, astronomía, astrofísica.
Institut national de recherche en sciences du numérique (INRIA)	Matemática aplicada, computación y simulación, algoritmos, programación, software y arquitecturas, redes, sistemas y servicios, computación distribuida, percepción, cognición, interacción. salud digital, biología y planeta.

Caso España: Infraestructuras Científicas y Técnicas Singulares (ICTS)

El término Infraestructura Científica y Técnica Singular (ICTS) hace referencia a instalaciones, recursos o servicios necesarios para desarrollar investigación de vanguardia y de máxima calidad, así como para la transmisión, intercambio y preservación del conocimiento, la transferencia de tecnología y el fomento de la innovación¹¹.

Tabla 5. Infraestructura Científica y Técnica Singular (ICTS), España

Nombre	Focos
Red Académica y de Investigación Española (RedIRIS)	Tecnologías de la Información y las Comunicaciones
Red Española de Supercomputación (RES)	Tecnologías de la Información y las Comunicaciones

¹¹ Consultar en <http://www.ciencia.gob.es/portal/site/MICINN/menuitem.eed4570ef37d2c8fbaa777b9026041a0/?vgnextoid=928d5ef3677c4610VgnVCM1000001d04140aRCRD>

Nombre	Focos
Red Distribuida de Imagen Biomédica (ReDIB)	Ciencias de la Salud y Biotecnología
Red de Laboratorios de Alta Seguridad Biológica (RLASB)	Ciencias de la Salud y Biotecnología
Red de Laboratorios de Resonancia Magnética Nuclear de Biomoléculas (R-LRB)	Ciencias de la Salud y Biotecnología
Infraestructura de Tecnologías Ómicas (IOT)	Ciencias de la Salud y Biotecnología
Infraestructura Integrada de Producción y Caracterización de Nanomateriales, Biomateriales y Sistemas en Biomedicina (NANBIOSIS)	Ciencias de la Salud y Biotecnología
Laboratorio Nacional de Fusión (LNF)	Energía
Plataforma Solar de Almería (PSA)	Energía
Centro Nacional de Aceleradores (CNA)	Materiales
Centro de Láseres Pulsados Ultracortos Ultraintensos (CLPU)	Materiales
Infraestructura integrada de microscopía electrónica de materiales (ELECMI)	Materiales
Red de Salas Blancas de Micro y Nanofabricación (MICRONANOFABS)	Materiales
Sincrotrón ALBA	Materiales
Bases Antárticas Españolas (BAEs)	Ciencias del Mar, de la Vida y de la Tierra
Sistema de Observación Costero de las Illes Balears (SOCIB)	Ciencias del Mar, de la Vida y de la Tierra
Reserva Biológica de Doñana (RBD)	Ciencias del Mar, de la Vida y de la Tierra
Plataforma Oceánica de Canarias (PLOCAN)	Ciencias del Mar, de la Vida y de la Tierra
Flota Ocenográfica Española	Ciencias del Mar, de la Vida y de la Tierra

Nombre	Focos
Infraestructura para el cultivo del Atún rojo (ICAR)	Ciencias del Mar, de la Vida y de la Tierra
Centro Nacional de Investigación sobre la Evolución Humana (CENIEH)	Ciencias Socioeconómicas y Humanidades
Gran Telescopio de Canarias (GTC)	Astronomía y astrofísica
Observatorio astronómico de Calar Alto (CAHA)	Astronomía y astrofísica
Laboratorio Subterráneo de Canfranc (LSC)	Astronomía y astrofísica

Antecedentes nacionales

La historia de centros e institutos en Colombia no es reciente. Ha habido desarrollos que en gran medida comenzaron al mismo con la actividad científica del país. En distintas etapas se definieron políticas, bien sea explícitamente en documentos Conpes o en documentos internos de Colciencias, del Departamento Nacional de Planeación y del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, o implícitamente en las convocatorias de fomento y en los sistemas de clasificación y evaluación de Colciencias. Sin embargo, uno de los problemas ha sido la frecuencia de cambios en la política y las discontinuidades que muchas veces se dieron antes de consolidar las estrategias y recomendaciones de esas políticas. Otro problema serio ha sido que en el proceso de fijación de prioridades (discontinuo también), parte del esfuerzo nacional es relegado entre un sistema de priorización y el siguiente, generando exclusiones que son más coyunturales que estratégicas a largo plazo y pueden hacer capital humano e institucional crucial (se darán algunos ejemplos concretos más adelante).

Sin pretender hacer un estudio histórico riguroso, se presenta un breve recorrido por distintas épocas de desarrollo de los centros e institutos, señalando algunos de los momentos importantes en su relación con la política científica nacional de ese momento.

Los Institutos Nacionales

Durante el Gobierno del presidente Carlos Lleras Restrepo se crearon varios institutos de carácter nacional en diferentes áreas del conocimiento. En ellos confluyeron instituciones con historia a veces muy larga y que tenían funciones parecidas, complementarias entre sí y que correspondían al menos parcialmente con las del nuevo instituto. Lo común en todos fue su encargo preponderante de contribuir con investigación científica, conocimiento y desarrollos tecnológicos para impulsar el desarrollo social. Su carácter fue el de institutos autónomos, de orden nacional y adscritos a ministerios. La autonomía se reflejaba en un presupuesto independiente en el de la Nación (no como parte del ministerio) y unos cuerpos de dirección propios, en los que había representación del Ministerio pero que funcionaban en forma independiente. El director era nombrado directamente por el Presidente y tenía (al menos en teoría) independencia para nombrar su equipo de trabajo. Todas esas instituciones fueron dotadas de instalaciones propias, de plantas de personal (científico, técnico y administrativo) suficientes y de laboratorios actualizados. Colciencias tiene su origen institucional en esa misma reestructuración del Estado.

Es importante insistir que el propósito explícito fue crear instituciones de investigación en las diversas áreas, aunque con el tiempo este carácter se fuera desdibujando para hacerlas más dependientes de los respectivos ministerios, a veces como unidades operativas de programas no necesariamente científicos; unos incluso se convirtieron en empresas comerciales o sociales del Estado. Algunos de estos institutos que vale la pena mencionar porque su experiencia permite también entender posibles necesidades del momento actual, son:

Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). En 1962 se había creado una corporación con ese mismo nombre que recogió gran parte de las capacidades de investigación agrícola que existían en el país en universidades y escuelas. En 1963 se le dio carácter de establecimiento público descentralizado y comenzó a acoger distintas iniciativas anteriores e instituciones dispersas. Su reorganización más importante se dio en 1968, año en el que culminó la adición de múltiples funciones de investigación y sanidad, y se aumentó significativamente el presupuesto. Para ese año

era ya un instituto muy grande, había recibido del antiguo Instituto Zoonprofiláctico 19 centros de diagnóstico, tenía 52 agencias de “extensión” que prestaban asesoría técnica y científica, ocho gerencias regionales, 30 programas nacionales y centros experimentales en todo el país. La parte de producción del Instituto Zoonprofiláctico en una alianza público-privada se convirtió en la empresa productora de insumos veterinarios Vecol.

A pesar de que el ICA tenía una de las plantas de mayor nivel académico en el país, la función de investigación se vio debilitada en cierta medida por limitaciones inherentes a la administración pública. En 1993 se creó una corporación público-privada Corpoica, a la cual fueron adscritos los principales centros de investigación. La corporación se manejaba con el régimen privado, pero durante varios momentos estuvo cercana a crisis por falta de recursos, que recibía solo de proyectos, servicios y de contratos. Esto se resolvió 25 años después cuando por ley se le adjudicó un presupuesto de funcionamiento y de inversión en el presupuesto general de la Nación y se convirtió en Agrosavia, que también trabaja con el régimen privado de contratación, pero tiene una base presupuestal propia.

Instituto Nacional de Salud (INS). En 1917 se fundó el Laboratorio Samper Martínez, una iniciativa privada de dos médicos bogotanos a raíz de problemas de salud en sus familias que no pudieron ser resueltos en el país por la ausencia de conocimiento y tecnología actualizados. En 1928 el Estado lo compró y lo convirtió en una institución pública, el Laboratorio Nacional de Higiene Samper Martínez. Otras iniciativas se venían desarrollando en el campo de la salud, sobre todo en relación con enfermedades tropicales, infecciosas e inmunoprevenibles. Algunas de esas iniciativas fueron el Parque de Vacunación que producía la vacuna contra la viruela, el Instituto Carlos Finlay que estudiaba la fiebre amarilla y producía la vacuna correspondiente, y varios laboratorios estatales como el de producción de vacuna antituberculosa BCG o el de control de medicamentos. En 1968 se reorganizaron, se construyó su sede principal, se le adicionaron ramas técnicas del ministerio que se encargaban de estadísticas de morbilidad y control epidemiológico, programas de acueductos rurales y se constituyó inicialmente como Instituto Nacional de Programas Especiales de Salud (Inpes), poco después Instituto Nacional de Salud (INS).

Sus funciones eran fundamentalmente las de investigación, producción de biológicos de alguna complejidad, diagnósticos muy especializados, control de calidad de fármacos y alimentos, construcción de acueductos rurales y otras, todas funciones ricas en conocimiento. El INS, así como el anterior Samper Martínez, gozaron de gran reconocimiento en América Latina y El Caribe. Gradualmente se hizo más dependiente del Ministerio del ramo tanto en su manejo como en la decisión de sus programas, que con frecuencia han sido operativos y de apoyo a las labores del Ministerio. Más programas de control y vigilancia que de investigación.

Instituto Colombiano de Geología y Minería (Ingeominas), hoy Servicio Geológico Colombiano. En 1916 se creó la “Comisión Científica Nacional” a la que se le encargó realizar la cartografía geológica del país y la exploración de los recursos mineros y estudio de subsuelo. Otros organismos relacionados empezaron a funcionar en el país, entre ellos la Planta Metalúrgica de Medellín y los Laboratorios de Fomento Minero de Pasto e Ibagué, que se anexaron por los años cincuenta. El Laboratorio Químico Nacional fue creado en 1928 y también se anexó durante la gran reestructuración de organismos estatales de 1968, así como el “inventario minero”. Adquirió con el tiempo otras funciones relacionadas, entre ellas las que dejó el Instituto de Asuntos Nucleares (IAN), posteriormente Instituto Nacional de Energías Alternativas (INEA), que fue cerrado a finales de los noventa. También, este instituto se constituyó en 1968 como un gran instituto con funciones basadas en investigación científica y en conocimiento, con financiamiento estatal, central, pero con presencia por medio de seccionales en muchas regiones del país. De igual manera, es importante señalar un aumento relativo en funciones de carácter operativo. La desaparición del INEA es una de las paradojas difíciles de creer del sistema de Ciencia y Tecnología Colombiano (que se discutirá más adelante), y la reducción casi a la insignificancia del Laboratorio Químico Nacional que pasó de una institución de investigación a una dependencia de menor nivel dedicada a servicios de análisis rutinario.

Instituto Nacional de Cancerología (INC). La idea de una institución especializada en cáncer fue del profesor francés Claude Regaud en una conferencia dictada en Bogotá en noviembre de 1928. El entonces

Ministro de Instrucción Pública presentó ante el Congreso de la República de Colombia la propuesta de creación del Instituto Nacional de Radium, como parte de la Universidad Nacional. En 1951 se convirtió en el Instituto Nacional de Cancerología, entidad especializada del orden nacional adscrito al Ministerio de Salud. Desde entonces tuvo un desarrollo más o menos continuo hasta convertirse en una Empresa Social del Estado, pero con contenido de investigación científica y de desarrollo tecnológico aunque fundamentalmente una institución de carácter hospitalario. Un caso algo diferente a los anteriores, pero tiene en común el haber sido estatalmente financiado, adscrito al ministerio de salud, con gran autonomía inicial y una transformación hacia entidad de servicio en forma primordial.

Departamento Nacional de Estadística (DANE). En octubre de 1951 se separó la Oficina Nacional de Estadística de la Contraloría General de la República y se creó una Dirección Nacional de Estadística como dependencia directa de la Presidencia de la República. En 1953 bajo el gobierno del General Gustavo Rojas Pinilla se creó el DANE, que fue reorganizado en 1968 en la presidencia de Carlos Lleras Restrepo. Posteriormente se le han adicionado funciones, entre otras al Instituto Agustín Codazzi que además de los estudios de cartografía y suelos es responsable del catastro. Si bien este no es como los otros, un Instituto descentralizado, sino un Departamento Administrativo, sirve como ejemplo porque también es un enorme esfuerzo, financiado estatalmente y que tiene como eje central la producción de información y conocimiento para el buen gobierno.

Estos son unos pocos ejemplos, el universo de los Institutos es mucho más amplio, así como el de unidades específicamente dedicadas a la investigación dentro de instituciones estatales; un ejemplo fue la unidad para estudios de nutrición que existió en el Instituto Colombiano de Bienestar Familiar, y que desapareció en el curso de la historia.

Institutos del Sistema Ambiental

En el 1994, con la creación del ministerio del Medio Ambiente se creó también una red de institutos de investigación adscritos. Estos institutos son el Instituto de Investigaciones Meteorológicas y del Medio Ambiente (IDEAM), el Instituto Humboldt, el de Investigaciones Amazónicas (Sinchi)

y el de Investigaciones Ambientales del Pacífico (IIAP). Posteriormente se incorpora el Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (Invemar), que había sido antes un instituto dependiente de Colciencias. Esta red de instituciones sí contó desde sus inicios con presupuestos de funcionamiento y de inversión (para investigación), así como de una buena infraestructura y planta de personal especializado. Esto ha permitido su funcionamiento continuo y exitoso durante los últimos 25 años.

Los Centros Nacionales para Investigaciones Sectoriales (Cenis)

Los Cenis son centros de investigación e innovación financiados mayoritariamente por el sector privado dirigidos a una actividad agraria productiva. En realidad, aunque su financiamiento se ha definido como privado porque son manejados por un gremio económico, estrictamente son un híbrido público-privado, pues su financiación proviene en gran parte de impuestos parafiscales específicos, definidos para el sector beneficiado. Sin embargo, el manejo sectorial estipula la orientación de la investigación y genera mecanismos para una transferencia directa de sus resultados.

Surgieron históricamente, por la toma de conciencia de los gremios productores del área agraria sobre la importancia de la investigación y la innovación. El Centro Nacional de Investigación en café (Cenicafé) nació en 1938, el de actividades forestales en 1974, el de caña de azúcar en 1977, el de banano en 1985, el de palma africana en 1991, el de camarones en 1994 y el de papa en 1999.

Sus investigaciones son principalmente aplicadas y dirigidas a solución inmediata de problemas del sector (aunque Cenicafé tiene ejemplos de importantes investigaciones básicas), y a la difusión de innovaciones que elevan la productividad y la calidad de los productos. Es un instrumento de los gremios para enfrentar los retos y oportunidades de la apertura comercial en que se embarcó el país a comienzos de la década pasada y los tratados de libre comercio. Tienen infraestructura, personal, presupuestos y alcances de distinto tamaño dependiendo de la fortaleza de la actividad económica del gremio. En general han sido exitosos por esa relación tan estrecha entre el financiamiento, la dirección y los usuarios principales.

En algunas ocasiones, sin embargo, su funcionamiento ha tenido percances por cambios en la política de los directivos del gremio o por estrecheces financieras derivadas del mercado.

Los centros autónomos.

Aunque se han denominado así por muchos años, y hay hoy un gran listado de centros reconocidos en Colciencias con esta denominación, en realidad son diferentes y surgieron por circunstancias diversas y debido principalmente a la voluntad de investigadores pioneros muy comprometidos con el desarrollo del país. Se tratarán los casos principales que ejemplifican lo dicho anteriormente.

Invemar. Inició en 1963 por tres profesores de la Universidad Justus Liebig de Giessen en Alemania, que llegaron como invitados de la Universidad de los Andes y decidieron crear un Instituto de Investigaciones Tropicales en Punta Betín, Santa Marta. En 1967 se consolidó con donaciones de la Fundación Volkswagen como Instituto de Investigaciones Colombo Alemán; en 1974 definió su vocación como instituto marino y fue directamente apadrinado por Colciencias, que tuvo la misión de definir su visión y misión (lo que hizo solo en 1992). En 1993 entró a formar parte de la red de institutos ambientales del Ministerio de Medio Ambiente, convirtiéndose en un instituto público con presupuesto nacional, aunque gran parte de sus actividades las realiza gracias a la consecución de *grants* nacionales e internacionales. Tiene fuertes relaciones con universidades y con la armada nacional, instituciones que han construido en colaboración un doctorado multidisciplinario y multiinstitucional de ciencias del mar. En este momento se incorporó al sistema de institutos adscritos al ministerio del Medio Ambiente lo que le da una gran solidez financiera.

Cideim. Se originó en la cooperación entre la Universidad de Tulane en New Orleans y la Universidad del Valle para el estudio de enfermedades tropicales. En 1975 finalizó abruptamente el programa en la Universidad del Valle y Cideim continuó como una alianza directa entre la Universidad de Tulane y Colciencias, que aportaba fondos para su funcionamiento hasta 1985 en que se constituyó como fundación sin ánimo de lucro con

la ayuda de la OMS y Colciencias. En 1994 Colciencias le cedió las construcciones en las que funcionaba como aporte patrimonial. Se sostiene exclusivamente con *grants* nacionales e internacionales. En 2008 inició una alianza con la Universidad ICESI en Cali y se trasladó a uno de sus edificios donde funciona actualmente.

CIB. Corporación de carácter privado sin ánimo de lucro, fundada por profesores que abandonaron la Universidad de Antioquia en 1970. Su objeto es investigación básica, clínica y biotecnológica. Inicialmente en enfermedades tropicales pero se ha ampliado a agricultura e industria. Su financiamiento depende de proyectos, de actividad editorial, donaciones y servicios de carácter médico en su región de influencias (Antioquia y Chocó principalmente). Recientemente, y a raíz de una crisis financiera estableció alianzas con las universidades de Antioquia, Nacional, Pontificia Bolivariana, UDES (Universidad de Santander) y Colegio Mayor de Antioquia que cubren mayoritariamente su nómina de investigadores.

Fedesarrollo. Fundación privada sin ánimo de lucro fundada en 1970 para hacer investigación en políticas sociales y económicas. Sus investigaciones son financiadas por entidades públicas, privadas, y multilaterales a través de contratos y proyectos y tratan de mantener un equilibrio entre las fuentes para conservar su independencia y autonomía.

CIF. Centro Internacional de Física fundado en 1985 con el apoyo de la Academia de Ciencias del Tercer Mundo TWAS (hoy “The World Academy of Sciences”) y el Centro de Física de Trieste. Funciona en la Universidad Nacional y muchos de sus investigadores son profesores de la misma. Investiga en física básica y aplicada, pero ha ampliado sus campos a la biotecnología y la biofísica. Además del apoyo de la Universidad Nacional depende de *grants* y de los recursos obtenidos por transferencia tecnológica, asesorías y desarrollos tecnológicos de carácter comercial.

ICIPC. Instituto de Capacitación e Investigación del Plástico y del Caucho creado en 1987 como entidad privada sin ánimo de lucro orientada a satisfacer las necesidades de innovación del sector de plásticos, caucho y afines y para hacer investigaciones y desarrollo experimental en el campo de las ciencias naturales y la ingeniería (CIIU 7210). Sus investigaciones son financiadas por entidades públicas, privadas o mixtas a través de

contratos, proyectos y la prestación de servicios tecnológicos de alto valor agregado en los ámbitos nacional e internacional. A pesar de que lleva ya más de 25 años de creado y del apoyo de un gremio industrial, sigue teniendo un número de investigadores de nivel doctoral menor que el de los ejemplos anteriores.

Desarrollos que se han dado en el país relacionados con una política para centros e institutos de investigación

La preocupación por el papel que deben jugar los centros e institutos en el desarrollo científico del país no es nueva. Es importante mencionar algunos hitos de los últimos 25 años porque ayudarán a entender el error y a proponer una política con posibilidades de acertar.

Recomendación de la “Misión de Ciencia, Educación y Desarrollo” de 1993-1994. La misión planteó al principio la importancia de las organizaciones del sistema de ciencia y tecnología (Misión de Sabios, 1996): “El conocimiento, la ciencia y la tecnología se generan, difunden y utilizan casi siempre en organizaciones, como las universidades, los centros de investigación, los institutos tecnológicos y otras instituciones educativas, y cada vez más en las empresas”. Entre las recomendaciones que le hicieron al gobierno, hay algunas especialmente relevantes para los centros:

Para consolidar la base institucional de la ciencia y la tecnología debe apoyarse el fortalecimiento de los grupos de investigación existentes, la creación de nuevos grupos y el establecimiento de institutos de investigación y de centros sectoriales de desarrollo tecnológico, fomentando por igual las ciencias naturales, las ciencias sociales y humanas, las ciencias formales y las ciencias aplicadas.

Política Nacional de Ciencia y Tecnología 1994-1998. Para el cuatrienio 1994-1998 se produjo un documento Conpes que fijaba la política de desarrollo científico del país. Ese documento tenía importantes elementos sobre los centros e institutos y el papel que debían jugar y plantea estrategias, metas, acciones e instrumentos muy conducentes

(y que si se hubieran llevado a cabo seguramente el presente documento de propuestas sería muy diferente) (Colciencias-DNP, 1994). Entre las estrategias proponía, por ejemplo:

Llevar a cabo una agresiva política encaminada a desarrollar redes de innovación que vinculen el sector productivo con centros tecnológicos; impulsar el proceso de descentralización a través de Programas Regionales de Desarrollo Científico y Tecnológico con Centros Regionales de Capacitación e Investigación Científica y Tecnológica, Institutos de investigación y otras entidades del orden regional y consolidar los centros y grupos de investigación de nivel de excelencia, y crear nuevos centros en las distintas áreas que cubren los programas nacionales y regionales.

Como meta medible planteaba: “Garantizar la consolidación y continuidad de los centros de investigación, y sentar las bases para la creación de 25 nuevos centros académicos en los cuatro años próximos”. Definía también acciones que se debían tomar e instrumentos para lograr los objetivos. Entre estos instrumentos, y como ejemplo se podrían mencionar:

El instrumento institucional fundamental serán los Centros de Productividad y Desarrollo Tecnológico, ya sea de naturaleza sectorial o regional; incubadoras de Empresas o Parques Tecnológicos, cuya función primordial es la de facilitar el establecimiento de nuevas empresas de base tecnológica y establecimiento de un Fondo de Cofinanciación para la Innovación y el Cambio Técnico, cuyo objetivo será financiar programas y proyectos de investigación tecnológica de los Centros de Productividad y Desarrollo Tecnológico.

Centros sectoriales de desarrollo tecnológico (1995). Colciencias en un documento plantea la necesidad de varios tipos de centros (y la intención de crearlos y promoverlos) (Colciencias, 1995). El documento hace una tipología de los centros, define sus posibles funciones y algunos mecanismos de financiamiento. Define cuatro tipos de centros: Centros Tecnológicos Sectoriales; Centros Regionales de Productividad y Desarrollo Empresarial; Centros Tecnológicos de Empresas Públicas y Centros

Tecnológicos de Empresas privadas. Propone además mecanismos para financiamiento, públicos y privados, y parámetros para priorizar y escoger los centros que se van a construir.

Política nacional de ciencia y tecnología 2000-2002. La inversión en ciencia y tecnología cayó fuertemente con la crisis económica de 1997 y en 1998 con el cambio del gobierno hubo reconsideración y congelamiento de las inversiones en curso. Casi dos años después de comenzado el cuatrienio 1998-2002 se produjo un documento Conpes fijando la política para lo que quedaba de gobierno (DNP, 2000).

Las estrategias propuestas fueron parecidas a las definidas durante los gobiernos anteriores; se debe notar la aparición con bastante insistencia de la innovación, las redes para innovación y el sistema de innovación, con más fuerza que el componente de investigación. Contempla el documento una recomendación, que es interesante acá, para la consolidación de los centros de desarrollo tecnológico (CDT) en los siguientes términos: Los Centros de Desarrollo Tecnológico (CDT) estarán vinculados con el sector real de la economía aportando soluciones a las exigencias de modernización empresarial del país. La creación, el fortalecimiento y el apoyo a los CDT responderá, entonces, a las necesidades de los sectores y *clusters* productivos con mayor posibilidad de construir ventajas competitivas nacionales e internacionales. Sus proyectos deberán conceptualizar y estimar Indicadores de impacto ambiental benéfico a nivel biológico, físico, social y económico.

Sin embargo, están ausentes los instrumentos para crearlos y promoverlos, sobre todo la financiación necesaria. En octubre del mismo año Colciencias expidió una guía para el funcionamiento de los CDT (Colciencias, 2000). Este documento hace explícitos los criterios por los cuales se rige la política para el nuevo modelo institucional de CDT. Ellos se perfilan como características del CDT que debe ser autónomo jurídicamente, pero de naturaleza privada o mixta y que su actividad debe dirigirse a mejorar la competitividad del sector y la región en concordancia con planes gubernamentales, en articulación con las universidades, pero para ejecutar proyectos empresariales.

Los centros de excelencia 2004. En noviembre de 2003 Colciencias propuso al DNP la consecución de un crédito externo para el fomento de varios aspectos de la ciencia, entre ellos la conformación de “centros de investigación de excelencia” (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, 2004). El documento los definió como “Una red nacional de grupos de investigación del más alto nivel, articulada alrededor de un programa común de trabajo en un área científica y tecnológica considerada como estratégica para el país”. La inversión entonces estaba limitada a conformar redes sin infraestructura ni personal propios, aprovechando infraestructuras existentes principalmente las universitarias. Fue una solución administrativa con relativamente baja inversión, que no generó nuevos centros, sino que organizó nominalmente esfuerzos ya existentes, sobre todo en instituciones académicas y en algunos de los centros autónomos. Para la selección de las propuestas a financiar se tendrían en cuenta cuatro grandes criterios: a) La capacidad existente entre los proponentes; b) la oportunidad de la misma; c) la calidad del programa propuesto y d) la sostenibilidad potencial en un término de tres a cinco años. Esos centros recibieron un presupuesto de siete millones de dólares por una única vez.

El resultado visto años después fue que ninguno de esos centros alcanzó la sostenibilidad esperada a largo término. Recientemente se hizo una convocatoria en el mismo espíritu de la de los centros de excelencia, con el nombre de Colombia Científica. Dos grupos de propuestas fueron aceptados, esta vez hay un acento importante en formación doctoral, pero el esquema virtual es similar y la continuidad de los centros está en duda puesto que la asignación presupuestal está prevista para una sola vez. Todas estas iniciativas tienen un aspecto positivo pues han permitido el desarrollo de proyectos, pero no lograron el objetivo de conformar verdaderos centros estables en el tiempo.

Propuestas para la consolidación de los centros autónomos de investigación y de los centros de desarrollo tecnológico (CDT), 2007-2010. Varios documentos diferentes se plantearon en este periodo para consolidar y fomentar los centros, con un muy especial énfasis en los CDT (Colciencias, 2007). Se propone un modelo con dos fases para la

operación de un sistema integrado de gestión de los centros: primero una etapa de alineamiento con las prioridades nacionales que debe consultar las prioridades planteadas en los diferentes ejercicios de planeación en CTI. Una segunda etapa de asignación según la efectividad y el impacto de la gestión que priorizará a potenciar CDT con elevada efectividad e impacto. A pesar de que en el título están contemplados los centros de investigación, tanto en los criterios, como en las fases es evidente la política dirigida a la competitividad empresarial. Se definen tres clases de centros relacionados: los centros de desarrollo tecnológico (CDT), los centros de gestión tecnológica (CGT) y los centros regionales de productividad (CRP).

En los documentos relacionados hay propuestas para soportar costos fijos y para reconocer un *overhead* significativo a los proyectos. Se definió el costo para mantener de 20 a 30 de estos institutos hasta 2012. Infortunadamente estas propuestas tampoco se hicieron realidad. Hubo en el 2008, y después en otros, pero en forma discontinua, proyectos de apoyo financiero a los centros que dependían exclusivamente de proyectos en los que no se cubren ni siquiera los gastos indirectos. Estos proyectos fueron muy importantes para el trabajo de estos centros, pero la discontinuidad y la incertidumbre son dominantes en todo el periodo que sigue, hasta hoy. Las convocatorias siguientes incluyeron un sistema de clasificación para los centros con base en sus potenciales y su productividad. El hecho predominante de esta época es que no se han creado nuevos centros, algunos se han debilitado hasta la desaparición y otros han pasado por crisis periódicas que han requerido intervención de otras instituciones, generalmente universidades, para que no desaparezcan.

Hay que reconocer que hoy en Colombia no hay mecanismos claros para transferir los desarrollos de las universidades o centros de investigación a la sociedad. Se espera que los investigadores salgan a buscar a quien le podría interesar las investigaciones que hacen. Los centros e institutos podrían ser una solución para dinamizar el flujo de conocimiento a la sociedad. Deben ser entidades jurídicamente independientes, que se manejen con normas de carácter privado. Los centros e institutos deberán estar ubicados en diferentes regiones de Colombia según sea su vocación de desarrollo. Por ejemplo, un instituto de energía podrá tener diferentes

seccionales: eólica y solar en La Guajira, tecnologías limpias de uso de recursos fósiles en Boyacá y en Antioquia, etc.).

Los institutos deben tener su propia infraestructura física (estado del arte) y su grupo de investigadores de las más altas cualidades científicas. Los institutos virtuales no puedan ser operativos en un país que apenas empieza a consolidar su investigación. Por otro lado, para que sean atractivos deben tener regímenes especiales de salario, esto los haría atractivos para los científicos altamente calificados de la diáspora colombiana. Los institutos requieren de una inversión alta y si se crean se debe garantizar su financiación por parte del Estado al menos en los primeros 5 a 8 años, tiempo durante el cual se hará pedagogía tanto en las universidades como en las empresas. No se les debe colocar la condición de autofinanciamiento desde un comienzo.

Un ejemplo interesante es el instituto del agro en Brasil (Embrapa) que hizo que Brasil pasara de ser un país importador de alimentos a un exportador mundial. Hoy tiene cerca de 52 sedes en diferentes estados del Brasil con un presupuesto de cerca de 1200 millones de dólares, cubiertos en su gran mayoría por el Estado. Tiene cerca de 2200 doctores, 3000 magísteres y unos 5000 profesionales y técnicos en todas las áreas del conocimiento.

Dos casos dramáticos que es importante recordar

La imagen de antecedentes de Centros e Institutos de Ciencia, Tecnología e Innovación es incompleta sin recordar dos casos que muestran la visión de muy corto plazo en la política nacional del sector. Se traen los casos para mostrar cómo dos entidades que hoy serían de mayor importancia se liquidaron por inconvenientes principalmente financieros.

El primer caso es el del Instituto de Investigaciones Tecnológicas IIT. Empezó a funcionar desde finales de los años cincuenta en Bogotá como una institución público-privada, financiada principalmente por gremios de producción. Su tarea era hacer investigaciones solicitadas por la industria o por empresas agrarias para resolver sus problemas de carácter técnico y científico. Adquirió una buena infraestructura de laboratorios y una planta de personal excepcionalmente formada para la época. Aunque fue muy eficiente y útil para la industria durante décadas, hubo pocas

inversiones en mantenerlo actualizado y de frontera. A finales de 1990, debido a la situación financiera, la junta directiva conformada por la Caja Agraria, el Banco de la República, el Instituto de Fomento Industrial IFI y la Federación Nacional de Cafeteros decidieron liquidarlo, en lugar de inyectarle recursos para su renovación. Se vendió por partes, el edificio, los equipos, biblioteca etc. Los recursos de la liquidación apenas alcanzaron para cubrir el pasivo laboral. Esto sucedió paradójicamente al tiempo que el país decretaba la “apertura económica” y planteaba la necesidad de mejorar la competitividad de sus empresas.

El segundo caso es el del Instituto de Asuntos Nucleares (IAN), que se había transformado en Instituto de Ciencias Nucleares y Energías Alternativas (INEA). El IAN fue fundado en 1965 y en él se instaló el primer reactor nuclear experimental colombiano (y el único). En 1993, ya con una clara consciencia de la necesidad de explorar y promover fuentes energéticas alternas a las fósiles se le asignaron funciones adicionales y se cambió su nombre a INEA. En 1998, en un Gobierno que no tenía claridad sobre el papel de las ciencias y la necesidad de protección del medio ambiente se decidió cerrar el instituto y repartir sus funciones en otros. El reactor nuclear se volvió algo muy incómodo para quienes lo recibieron, las funciones de investigación de hecho desaparecieron. Las razones para la liquidación fue una ineficiencia en el funcionamiento del Instituto y obsolescencia de sus equipos. Nuevamente con visión muy limitada, en lugar de decidir por una inversión para actualizarlo y hacerlo funcional a sus importantes misiones se decidió cerrarlo.

Referencias

- Colciencias. (1995). *Documento preparado por el Instituto Colombiano para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología Francisco José de Caldas*. Bogotá.
- Colciencias. (2000). Documento Interno . Colciencias
- Colciencias. (2007). *Subdirección de Innovación y Desarrollo Empresarial*. Bogotá.
- Colciencias-DNP. (1994). *Documento Conpes 2739*. Bogotá: UDE.

Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. (2004). Documento Interno. Colciencias.

DNP. (2000). *Documento Conpes 3080*.

Misión de los sabios. (1996). *Colombia al filo de la Oportunidad. Informe Misión Ciencia, Educación y Desarrollo*. Bogotá: Tercer Mundo Editores.

Resumen de problemas detectados en las políticas para centros e institutos de ciencia, tecnología e innovación

Existen varios problemas que se deducen de la discusión anterior y de consultas a miembros de la comunidad que han impedido el desarrollo adecuado de centros e institutos y han interferido con el funcionamiento productivo de muchos de los existentes. Se presenta un breve resumen de estos hechos, porque son ellos los que se deben abordar con una política nacional como la que se propone.

No es cierto que en Colombia no hayan existido políticas para centros e institutos de CTI, el problema es que han cambiado permanentemente y ninguna se ha realizado plenamente. A pesar de que varias veces se han definido con documentos Conpes que son los instrumentos de política del alto gobierno, no se han llevado a cabo por falta de recursos (generalmente). Las recomendaciones de la Misión llamada de Sabios hace 25 años fueron recogidas en un Conpes, por ejemplo, pero como sabemos no se ejecutaron.

Ha habido programas de apoyo a los centros, sobre todo a los centros autónomos, pero han dependido de las administraciones de Colciencias del momento, sus términos han cambiado, así como sus montos y sus exigencias. Como un ejemplo, el instructivo del programa actualmente convocado exige una nueva calificación de centros que para este año deben tener un grupo clasificado A1 al menos y para el próximo tres. Esto significa que si un centro decidió autónomamente funcionar como un grupo el próximo año dejará de ser catalogado como centro pues ni aun dividiéndose podría tener grupos A1 que deben tener existencia mínima de cinco años. Esto es solo un ejemplo para explicar el problema de la discontinuidad en las políticas de apoyo.

La discontinuidad se ha visto en otras convocatorias. En un momento se hizo acento sobre los centros autónomos, en otro sobre los centros de desarrollo tecnológico (que además en otra política se dividieron en tres clases). Hubo dos convocatorias diferentes a centros de excelencia (las dos contemplaban redes no centros físicos) y no hubo en ningún caso continuidad en el financiamiento.

La definición que se hace de las diferentes clases de centros en el sistema de calificación de Colciencias tampoco es conveniente. La tendencia del mundo es a conformar institucionalidades diferentes, en muchos casos heterodoxas, con socios diversos, diferentes disciplinas y modelos organizativos. Las definiciones bajo las cuáles se tienen que encuadrar nuestros centros para ser reconocidos limitan su potencial y son excluyentes. Quiéramos ver disciplinares y transdisciplinares, tanques de pensamiento y hasta ONG que cumplan esas funciones. El juicio para apoyos económicos debe hacerse sobre la calidad de la oferta y el potencial del grupo oferente para cumplir, más que sobre la manera en que cuadran con una definición preconcebida en alguna oficina.

Los centros necesarios para apoyar a la empresa colombiana a mejorar su productividad y competitividad prácticamente no existen; hay que hacer un gran esfuerzo para crear los más adecuados o para acercar algunos de los existentes a esta función, evaluarlos periódicamente y ofrecer apoyo y continuidad a los que cumplan adecuadamente su función.

El establecimiento de una red de laboratorios nacionales y centros orientados a la Misión de Innovación en Colombia es el primer ingrediente para establecer un ecosistema vibrante de innovación que sea transformador y sostenible en el país. Dicho ecosistema debe construir un marco que vincule estrechamente ciencias básicas con innovación de todos los niveles de la academia, la industria y la I+D. Una traducción versátil y ágil de los conocimientos y los descubrimientos a los mercados emergentes debe estar respaldada por modelos innovadores de formación y educación, junto con una protección de la Propiedad Intelectual impulsada por la comercialización.

Propuestas de política

Como proponemos una gran heterogeneidad en los centros, la política debe contemplar también estrategias alternativas. Una posible forma para consolidar esta estrategia sería la producción de un documento Conpes, liderado por el nuevo Ministerio de CTI, acompañado por asesores de la comunidad científica (sobre todo con conocimiento del funcionamiento de Centros e Institutos) y basado en los lineamientos de propuestas.

Así, se propone que la ley les permita a los institutos y centros de carácter público regirse por el derecho privado (exclusivamente en actividades relacionadas con investigación científica) para asegurar su agilidad administrativa.

Establecer mecanismos adecuados de financiación gubernamental de mediano y largo plazo para ese tipo de entidades con recursos que permitan cubrir gastos operacionales con flexibilidad. Si cuentan con una financiación básica para ello, los institutos y centros pueden cubrir el resto de su operación a través de proyectos. Un ejemplo internacional es el de los Institutos Fraunhofer en Alemania que reciben 30 % de su presupuesto de funcionamiento de fuentes gubernamentales, del orden nacional y regional.

Para las instituciones con amplio financiamiento estatal para funcionamiento, como los institutos públicos nacionales, debe procurarse también un financiamiento adecuado de inversión, preferiblemente desde su propio sector, y que puede ser adjudicado en forma competitiva con juicio de la calidad de los proyectos.

A las instituciones con apoyo financiero proveniente de parafiscales hay que asegurarles la estabilidad y continuidad de los mismos, sin perjuicio de que estén sujetas a rendición de cuentas en el Ministerio de CTI y no solo en su gremio.

La política de *overheads* que otorgan los fondos de financiamiento públicos debe ser revisada. Si algunos centros e institutos van a depender en buena medida de los proyectos que les aprueben fondos estatales (nacionales, ministeriales, regionales y locales), hay que entender que estos proyectos deben cubrir ampliamente los gastos indirectos. En Estados

Unidos y en Europa este cálculo es cuidadoso y los montos dependen de la institución financiadora y la recipiente. Es muy usual que el *overhead* no sea inferior al 40 % del costo del proyecto. De esa forma en esos países han logrado mantener trabajando en investigación, muy activamente, a las instituciones y fomentar radicalmente esa actividad.

El esquema de seguimiento y evaluación de los proyectos de investigación con fondos no reembolsables y competidos gubernamentales debe flexibilizarse. El proyecto debe ser evaluado por la calidad de sus resultados, pero considerando su riesgo. El presupuesto inicial se debe usar para constatar el realismo y la seriedad de la propuesta del Instituto o Centro, pero no debe tomarse como compromiso de gasto inflexible. La investigación es inherentemente una actividad de riesgo. Si no se contempla la posibilidad de resultados negativos simplemente es imposible.

Es necesario redefinir una política de Institutos y Centros, que incluya los diferentes actores involucrados: Institutos de investigación, Centros de Desarrollo tecnológico, Centros de Ciencias, Laboratorios Nacionales, Centros de Excelencia, etc.

Es necesario facilitar la importación de reactivos, maquinaria, equipos e insumos para la investigación. Crear vehículos de propósito específico (tipo asociación público-privada) cuya función sea la importación y compra de reactivos y equipos, que desarrolle sus actividades en una zona franca, que trabaje directamente con las IES, institutos de investigación, centros de desarrollo tecnológico, laboratorios nacionales y que cuente con normatividad especial que le permita optimizar los trámites de nacionalización, compra y exenciones de impuestos.

Hay que establecer las redes de trabajo colaborativo que consoliden el campo de acción suficiente para dar continuidad a los Institutos y Centros. Si Colombia aspira a cumplir los estándares propuestos por la OCDE debe garantizar a través de los institutos y centros una red ampliada que vincule al talento humano altamente calificado y brillante de Colombia en los ámbitos regional y nacional.

Se debe ampliar el espectro de áreas y líneas de investigación de Institutos y Centros, y con ello aumentar la masa crítica en ciencia y tecnología para el país, así como, los nichos ocupacionales para el recurso humano altamente

científico y tecnológico en crecimiento. Hay muchas áreas carentes de centros adecuados y que en un término medio debían contar con ellos para su buen desarrollo. Unos de estos centros pueden tener el carácter de centros “por demanda” (Duque y Mondragón, 2019), que tengan una buena capacidad para responder problemas del sector productivo en forma presta y eficiente. Para los “Centros por demanda” se propone que el Estado ofrezca soluciones a través del establecimiento de institutos nacionales de investigación sectorial por demanda con políticas claras para atender particularmente las necesidades de las MIPYMES del sector. Estos institutos tendrán técnicos, profesionales y científicos dedicados de tiempo completo a pensar y dar soluciones prontas a los problemas de las empresas del sector, igualmente tendrán unidades de vigilancia tecnológica, asesoría jurídica y mercadeo entre otras, que estarán al servicio de las empresas. Los Institutos preferiblemente estarán localizados en una región en la que sean más pertinentes.

En los primeros 3 a 5 años la asistencia a las empresas será financiada enteramente por el Estado. Una vez realizada esta primera etapa, las empresas empezarán a invertir en los institutos para avanzar en investigación y desarrollo de acuerdo a sus necesidades específicas.

Estos institutos se convertirán en una de las formas de regionalizar la CTI en Colombia, estarán ubicados en las zonas donde tengan la vocación para estos desarrollos. Los institutos iniciales se podrían diseñar de acuerdo con los *clusters* de empresas sectoriales que estén más organizadas. Algunos ejemplos de necesidades detectadas en la Misión han sido:

- 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 (Cenergia)
- Centro de Investigación y Desarrollo para la Vida y la Salud
- Centro Nacional de Investigación en Nanotecnología

Referencias

Duque, C. y Mondragón, F. (2019). *Institutos sectoriales regionales de investigación por demanda. Interfases de transferencia de conocimiento al sector productivo para innovar.*

Fortalecimiento del ecosistema científico mediante la integración de los institutos públicos de CTI

Esta propuesta, preparada por el foco de Ciencias de la Vida y la Salud de la Misión de Sabios 2019, plantea el fortalecimiento del ecosistema científico mediante la integración de los institutos públicos colombianos que realizan actividades de ciencia, tecnología e innovación (CTI). Fue construida de abajo hacia arriba, en conjunto con los institutos y un equipo multidisciplinario. Aquí se plantea cómo esta integración permitirá potencializar las actividades de CTI generando datos y conocimiento conducentes a que Colombia alcance y mantenga los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030 de las Naciones Unidas, con los que el país está comprometido. También ilustra las interrelaciones de estos objetivos y cómo el trabajo conjunto de los institutos aportará al desarrollo, bienes, bienestar y salud de los colombianos y al crecimiento científico del país.

Justificación y Contexto

El conocimiento generado por la investigación es fundamental para la economía global. De acuerdo al programa “Conocimiento para el Desarrollo (K4D)” del Banco Mundial, los países que prosperarán serán aquellos que animan a su población a desarrollar las habilidades y competencias para convertirse en mejores trabajadores, gerentes, emprendedores e innovadores (World Bank, 2007). Por esta razón se deben ampliar las fortalezas existentes a través de cuidadosas inversiones en educación, calidad institucional y tecnología relevante. La ciencia es impulsada por la tecnología y está guiada por el bienestar humano. Por lo tanto, se deben crear estrategias que ofrezcan nuevas oportunidades competitivas (fortalecimiento tecnológico)

y ambientes propicios que permitan la generación de conocimiento suficiente para ser convertido en riqueza (World Bank, 2007).

Para construir una economía del conocimiento se han sugerido cuatro pilares que incluyen i) el entorno económico y el marco institucional; ii) la educación y los recursos humanos; iii) la infraestructura de la información, y iv) un sistema de innovación eficaz, compuesto por organizaciones que generen y faciliten la adopción, monitoreo y mejoramiento de nuevos conocimientos y tecnología (p. ej., Institutos de CTI y universidades que realizan actividades de investigación) (World Bank, 2007). Como lo afirma Paul Romer: “el crecimiento está impulsado por el cambio tecnológico que surge de las decisiones de inversión intencionales” (Romer, 1990).

El sector público Colombiano cuenta con al menos 21 institutos de diversa naturaleza jurídica que realizan labores de investigación científica, coadyuvan en la generación de tecnología y desarrollan o incentivan innovación en variados campos. Estos cuentan con cerca de 150 investigadores (3 % del total de investigadores activos) y 80 grupos de investigación reconocidos por Colciencias. La naturaleza jurídica y el consiguiente régimen legal de tales instituciones son variados, pues son Empresas Sociales del Estado, Establecimientos Públicos, Corporaciones Mixtas o Instituciones de Ciencia y Tecnología propiamente dichas. A pesar de que todos adelantan actividades de CTI o son reconocidos como Centros de Investigación, solo el Instituto Nacional de Salud y el Servicio Geológico Colombiano son Institutos de Científicos y Tecnológicos definidos así por los decretos Leyes 4109 y 4131 de 2011, respectivamente.

La labor de estas instituciones ha surgido como una necesidad de la esfera pública del Estado para responder a la generación de conocimiento que de otra forma no se generaría por las fuerzas del mercado; o bien responden a las exigencias del desarrollo, o de soberanía nacional en diversos campos, y en forma directa o indirecta a todos los actuales ODS.

Los institutos actuales son un acervo público que debe potenciarse, constituyendo un eje emblemático de naturaleza institucional que permita una profunda transformación factible para remover las trabas que impiden su pleno desarrollo y aprovechamiento. Por lo tanto, es perentorio

establecer un sistema nuevo de función pública para instituciones científicas y tecnológicas, o aquellas que, sin ser definidas así desde su naturaleza jurídica, adelantan labores de esta naturaleza, orientadas a la innovación, y que en la práctica forman parte del Sistema de CTI.

Los institutos de origen público-estatal, deben constituir un subsistema de integración transversal para compartir en red experiencias, compartir recursos, complementar sus agendas y potenciar sus aportes al desarrollo de la CTI. Hasta la fecha ha existido una desconexión entre estas instituciones que realizan investigación, generan tecnologías, contribuyen a formular política pública en varios campos; algunas realizan formación de talento humano de alto nivel y otras participan en la oferta de servicios de salud como instituciones prestadoras públicas, reconocidas como Centros de Investigación (ESE). Aún no se ha construido una institucionalidad adecuada en materia de CTI que dialogue con los requerimientos para potenciar estos procesos y reconozca el rol de los Institutos de CTI frente al Estado y su papel en la fijación de las políticas públicas.

Por lo tanto, estas instituciones requieren de un nuevo sistema administrativo e institucional que permita desarrollar todo el potencial de talento científico de los investigadores, bajo un ambiente propicio para la investigación, bajo los preceptos de la más alta y comprometida ética profesional. Se requiere también integrar disciplinas tanto para la generación como para la aplicación, evaluación y mejoramiento del conocimiento, de forma que este pueda aplicarse en forma efectiva y eficaz y que, simultáneamente, contribuya a la competitividad, la productividad, el monitoreo y la evaluación. Esto exige una nueva forma de pensar y gestionar presupuestos y proyectos para estas instituciones. Incluso, es necesaria una nueva visión en la forma de ser controlados por las entidades llamadas a realizarlo.

Mantener un cuerpo de investigadores natos, que existen en varias de estas instituciones, se convierte en un verdadero reto de gestión. Se exige la existencia de un modelo de función pública, que sea capaz de atraer, mantener y potenciar, la gestión humana de un conjunto de personas, que son de especiales calidades y que no pueden ni deben tener un régimen común de función pública; lo cual debe abarcar un régimen de carrera especializado o un régimen de vinculación propio y un sistema de

incentivos y estímulos a la productividad no solo en virtud del desempeño en el cargo sino de los resultados en investigación y sus aportes a la CTI.

Es necesario que las instituciones que realizan labores de CTI tengan un régimen jurídico propio, en el cual se permita cuestiones hasta hoy irrealizables (p. ej., disponer de sistema presupuestarios bianuales o trianuales, que dialoguen mejor con la gestión de sus recursos para aplicarlos a proyectos de investigación), así como un manejo mucho más flexible de recursos provenientes de aportes de particulares, fundaciones, corporaciones, organismos multilaterales, redes de investigación, entre otros. Así pues, se podrá disponer de patronatos explícitos, que formen parte de sus órganos de dirección en los que confluyan filántropos o empresas o fundaciones comprometidas con gestionar recursos, donaciones, aportes, que potencien la investigación.

En ese orden de ideas, se requiere que flexiblemente se puedan organizar institutos de investigación para proyectos específicos, o laboratorios que se especialicen en determinados temas, con una gran flexibilidad, a fin de que puedan colaborar bajo los principios de generosidad, confianza y disciplina.

El régimen de contratación implica normas especiales, que si bien, existen en la actualidad, su naturaleza es desconocida y se confunde en la mayoría de los casos con contratos regidos por la Ley 80 de 1993, lo que ha desnaturalizado el régimen de los convenios y desconoce las particularidades propias de la ciencia y la tecnología. El régimen de contratación debe brindar seguridad jurídica a quien lo aplique, ya que ningún cambio surtirá efecto, si no se establecen unas reglas claras que estimulen y fomenten su implementación. Resulta pertinente considerar aquí lo dispuesto por la Ley 29 de 1990 y los decretos Leyes 393 y 591 de 1991, expedidos en ejercicio de las facultades dadas al Gobierno por esta.

En síntesis, se debe dar paso a la aplicación de un nuevo concepto de función pública y dar cabida a nuevas disposiciones contractuales, presupuestales, organizacionales y de manejo de sus asuntos, bajo nuevos parámetros. El nuevo Sistema de CTI debe generar una verdadera revolución en la forma de concebir la institucionalidad de este tipo de entidades, fundado en principios constitucionales que no han tenido su pleno vigor

hasta la fecha. El nuevo Ministerio de CTI debe ser aliado natural y liderar una nueva visión alternativa sobre todos estos aspectos.

Lineamientos Generales de la Propuesta

- a) El actual Plan Nacional de Desarrollo, contenido en la Ley 1955 de 2019, ha propuesto medidas específicas en materia de fortalecer el Fondo de CTI, del Sistema General de Regalías, proponiendo articular a las regiones de todo el país. Es de destacar la previsión de los instrumentos y estrategias que enfatizan en la articulación interinstitucional, sumando universidades, empresas y en general todos los sectores del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación, para cumplir con la meta de conseguir al final del 2022, una inversión de 1.5 % del PIB en Actividades de CTI.
- b) Nada de ello es posible sin una nueva institucionalidad para fortalecer e integrar los institutos nacionales que realizan actividades de CTI, tal como lo indica el “Informe Nacional de Competitividad 2018-2019” (Consejo Privado de Competitividad, 2019). De tal manera deben superarse algunos de los asuntos que han significado barreras indiscutibles en materia del régimen jurídico de las instituciones de CTI, resumidas previamente, y que comprenden los ámbitos en que debe moverse su función pública y los regímenes contractuales, presupuestales y de vigilancia y control.

Componente Científico

La presente propuesta facilitará el desarrollo tecnológico y la innovación, beneficiándose de la capacidad humana altamente calificada y respondiendo a la necesidad de ofrecer los medios tanto laborales como estructurales al creciente número de investigadores del país, para desarrollar proyectos de CTI con pertinencia nacional e impacto global (ver Tabla 6). Así mismo, construirá sobre lo construido: en lugar de considerar nuevas instalaciones y edificios, se utilizará la infraestructura actual, pero se robustecerá la capacidad tecnológica mediante 1) el uso común de las instalaciones básicas de cada instituto para fines comunes y 2) la implementación de equipos robustos y tecnología de punta.

Tabla 6. Indicadores generales de la propuesta y sus respectivas metas

Indicadores	Metas
Interdisciplinariedad y convergencia científica.	Gobernanza para la integración, régimen jurídico y administrativo adecuado a la investigación, respetando identidad de cada Instituto. Movilidad de investigadores. Estatuto del investigador (régimen legal). Capacidad de saber qué se tiene, qué falta, cómo mejor aprovechar las fortalezas y minimizar los riesgos y debilidades.
Implementación y fortalecimiento tecnológico. Capacidad resolutive.	Biología sintética, ómicas, bioinformática, genética, epidemiología, nanotecnología, estadística, inteligencia artificial. biobanco. Adquisición y repositorio de datos. Ciencias sociales, cambios de comportamiento, implementación y escalamiento de soluciones.
Educación. Formación de alto nivel.	Programas de Maestría y Doctorado acreditados. Internacionalización.
Producción científica.	Incremento en calidad y cantidad de publicaciones. Temas: biodiversidad, prioridades de salud (enfermedades infecciosas y desatendidas, enfermedades tropicales, enfermedades crónicas no transmisibles, enfermedad mental), cambio climático, bioeconomía, gestión de riesgo de desastres, apropiación social de conocimiento, y otras, todas conducentes al logro de los ODS.
Producción tecnológica	Patentes, desarrollo de dispositivos, medicamentos, biotecnológicos, y otros productos.
Innovación	“ <i>Spin-off</i> ” o derivación y beneficios incidentales, incremento en productividad y competitividad. Desarrollo de soluciones innovadoras desde las comunidades (innovación social).

Será necesaria una política científica de largo plazo, con marco jurídico sólido que permita una gobernanza eficiente, que genere confianza y sostenibilidad, en la que estén incluidas las universidades y la empresa privada.

La sostenibilidad se garantizará en la posibilidad de establecer alianzas público privadas y derivaciones (*Spin-off*), tener acceso a recursos

competitivos nacionales e internacionales, realizar actividades de CTI financiadas con actores estatales y privados, atraer inversiones públicas y privadas que estimulen la creación de empresas, la producción tecnológica y la innovación, promoviendo, as u vez, la innovación social.

Esta propuesta es de alto impacto de desarrollo sostenible a mediano y largo plazo, y gran visibilidad; tiene un componente académico, educativo, científico, experimental y de desarrollo tecnológico, cuenta con la capacidad de movilizar/involucrar a numerosos y diversos actores: universidades, gobierno, privados, sociedad civil, tiene vocación de colaboración y de permanencia, así como de regionalización e internacionalización; y se basa en la interdisciplinariedad y convergencia.

En el documento de base para esta sección se desarrollan a profundidad la justificación, la contribución de la propuesta a los objetivos de desarrollo sostenible y los fundamentos jurídicos, administrativos y científicos de la misma.

Referencias

- World Bank. (2007). *Knowledge for Development K4D*. Recuperado de http://siteresources.worldbank.org/KFDLP/Resources/461197-1199907090464/k4d_bookletjune2008.pdf
- Romer, P. M. (1990). *Endogenous technological change*. 98, 71-10
- Consejo Privado de Competitividad. (2019). *Informe Nacional de Competitividad 2018-2019*. Recuperado de <https://compite.com.co/informe/informe-nacional-de-competitividad-2018-2019/>

Iniciativa emblemática: Red Nacional de Viveros Creativos

En el marco de las discusiones del foco de Industrias Creativas y Culturales de la Misión de Sabios, realizadas entre marzo y junio de 2019, se han identificado varias barreras relacionadas con la creación, producción, circulación y comercialización de contenidos culturales. Algunas de las más relevantes son:

- Hay una enorme brecha entre ciudades principales y regiones en términos de infraestructura y oferta formativa para los diferentes eslabones de la cadena de valor de las ICC. Muchos municipios del país no cuentan con los espacios y recursos mínimos.
- Muchos de los espacios existentes para la generación y circulación de contenidos culturales a nivel nacional se encuentran desligados de procesos de acompañamiento a emprendedores (casas de la cultura, centros culturales, etc.) y son pocos los que cuentan con vínculos activos con universidades u otro tipo de instituciones académicas.
- Existe un muy bajo nivel de asociatividad en las ICC, así como una escasa valoración de los roles “no creativos” de la cadena de valor (técnicos, gestores, intermediarios, etc.).
- Las universidades y las instituciones académicas en general son solamente vistas como formadoras de talento, cuando tienen el potencial para producir conocimiento, generar contenidos, circularlos y prestar servicios de asesoría a las ICC en temas jurídicos, empresariales y creativos.

Estas consideraciones apuntan a la necesidad de propiciar un trabajo colaborativo y articulado entre el Estado, las instituciones educativas, las organizaciones del sector productivo y la sociedad civil. Si bien esto se describe en la literatura de ciencia, tecnología e innovación como “cuádruple hélice”, es importante indicar que la interrelación que se necesita en industrias creativas no es igual a la que se requiere en otro tipo de sectores. Incluso hay diferencias en los cuatro actores que hacen parte de la cuádruple hélice. Mientras en la innovación tecnológica se habla de manera acotada de universidades y empresas, en las industrias creativas es más pertinente hablar de instituciones educativas y organizaciones relacionadas con la generación de contenidos. Esto es así porque el tipo de conocimiento que da valor y hace competitivas a estas industrias no es propiamente el conocimiento científico, sino el conocimiento generado en los procesos de creación artística y similares. Esto quiere decir que la innovación en este caso se deriva principalmente de procesos creativos, que incluyen la investigación como herramienta para solución de problemas,

pero que apuntan de manera prioritaria a la generación de contenidos que circulan, son apropiados y se vuelven parte de la cultura, modificando percepciones, gustos, subjetividades, emociones y visiones del mundo.

En este sentido, es importante recalcar que en las ICC los procesos de generación de conocimiento, desarrollo, transferencia e innovación ocurren en escalas de tiempo diferentes de aquellos que caracterizan la transferencia de tecnologías. Para poner solo un ejemplo, una obra artística puede ser creada, circulada y consumida en el mismo instante (piénsese en piezas de carácter improvisatorio), pero el proceso de innovación al que conduce, es decir, la posibilidad de modificar sensibilidades, puede perdurar en largos períodos de tiempo. Por el contrario, un desarrollo tecnológico basado en años de investigación, puede llegar a ser transferido, comercializado y volverse obsoleto en un corto tiempo.

De acuerdo con lo anterior, un modelo de articulación entre estos cuatro actores para las ICC tendría que sacar provecho de la cercanía que hay entre los procesos de generación y circulación de contenidos, en lugar de segmentar estas actividades. A diferencia de lo que ocurre con otros procesos de innovación, los contenidos culturales pueden ser validados desde el primer momento con públicos reales. Sin embargo, llama la atención que solo recientemente en este tipo de actividades se empieza a tomar en consideración el papel protagónico de los públicos en el proceso creativo. La posibilidad de tener una relación permanente de ida vuelta entre creadores y públicos que esté integrada plenamente al proceso de generación de contenidos, constituye una característica particular para la innovación en las ICC.

Propuesta Viveros Creativos

Desde el foco de Industrias Creativas y Culturales de la Misión de Sabios, se propone como iniciativa emblemática un modelo de relacionamiento de cuádruple hélice para las ICC, alrededor de espacios físicos, que entienda la retroalimentación permanente entre consumo y producción cultural como lugar privilegiado en el que pueden encontrarse el Estado, las universidades (y la academia en general), las empresas y emprendimientos emergentes y la sociedad civil. A diferencia de la visión tradicional de una cadena lineal con roles especializados, entendemos que la generación de valor simbólico

y valor económico en las industrias creativas y culturales asume la forma de una “ecología de generación de valor” (Hearn, Roodhouse y Blakey, 2007) que pasa por una relación fructífera y en varias direcciones entre todos los actores, de forma casi simultánea. En este sentido, no se trata de pensar en unos procesos de producción claramente delimitados de bienes y servicios que deben ser distribuidos y mercadeados hasta alcanzar un consumidor final por medio de una transacción. Por el contrario, se trata de entender el rol activo de los públicos, usuarios y consumidores en la cocreación de los contenidos culturales, en un proceso que involucra una espiral ascendente de formación de gustos, generación de identidades, sofisticación técnica, formación de mercados y otros procesos.

En un contexto como este, es posible pensar en espacios físicos en los cuales puedan ocurrir al mismo tiempo la experimentación y creación, la incubación y aceleración de empresas creativas y circulación y apropiación de contenidos, algo que no sería fácilmente pensable en otros sectores de la industria. Este tipo de espacios podrían tener un impacto simultáneo en la construcción de capacidades creativas y en la dinamización cultural de su entorno, optimizando tiempos y recursos de todos los actores involucrados. Para ello, deberían encontrarse los siguientes actores:

- Universidades no solamente como proveedoras de talento, bien sea a través de sus egresados o de iniciativas de emprendimientos de estudiantes, sino también como generadoras de contenidos a través de proyectos de creación e investigación + creación, como generadoras de conocimiento a través de investigación sobre la industria y como asesores en temas jurídicos, empresariales y creativos.
- Emprendedores, que a través de convocatorias puedan encontrar un espacio, no solo para el desarrollo de sus propuestas creativas, sino también para la validación de contenidos, retroalimentación de públicos y consolidación de propuestas de valor y modelos de negocio.
- Empresarios, ya consolidados, que requieran de nuevo talento y contenidos para su operación y que para ello puedan estar interesados en apoyar procesos de incubación y aceleración de proyectos creativos.
- Entidades del Estado, que tengan dentro de sus funciones el fomento a la creación, el apoyo a iniciativas empresariales y la dinamización

de la economía creativa, y que, más allá del otorgamiento de recursos, puedan cumplir un papel articulador.

- Públicos, audiencias, usuarios y organizaciones de la sociedad civil, que quieran acceder a propuestas creativas innovadoras y tener un rol activo en la generación de contenidos.

La propuesta consiste en relacionar estos actores alrededor de espacios físicos, que funcionen simultáneamente como: 1) laboratorios de creación, 2) incubadoras-aceleradoras de emprendimientos/proyectos creativos y culturales y 3) centros abiertos al público, con programación cultural original y permanente. Esta triple función debe constituirse en un modelo que se pueda llevar a diferentes escalas, de acuerdo con las capacidades instaladas, el talento humano y las vocaciones productivas de cada entorno local. Así, es posible que una casa de la cultura priorice la implementación del modelo alrededor de una práctica musical tradicional, para lo cual tendría que contar como mínimo con una sala de ensayo y un pequeño auditorio para presentaciones públicas, y eventualmente con equipos para grabación y edición de audio. De la misma forma, un Vivero con mayores recursos en una ciudad principal, podría cobijar a diferentes expresiones artísticas bajo un mismo techo, orientándose a propuestas interdisciplinarias innovadoras, con uso de tecnologías de punta.

Los espacios —existentes o nuevos— que cumplan con las condiciones de este modelo podrán denominarse Vivero Creativo y conformar una red nacional de este tipo de instituciones. Las entidades del sector cultural pueden optar por implementar el modelo, lo cual debe permitirles acceder a beneficios (por determinar) y los compromete a una serie de responsabilidades que deben cumplir para mantener el sello. Entre estas responsabilidades deben estar las de compartir buenas prácticas de gestión con otros Viveros y facilitar la circulación de contenidos generados en otros Viveros y en el propio.

El modelo de relacionamiento debe ser al mismo tiempo un modelo de sostenibilidad, en la medida en que establezca los compromisos mínimos a asumir por parte de los diferentes actores, así:

Universidades y entidades académicas: al sumarse a un Vivero Creativo deben asumir el compromiso de dedicar recurso humano, contado en horas de

trabajo, para hacer asesorías y mentorías y realizar actividades de investigación. Así mismo, la entidad académica debe poder encargarse de identificar iniciativas de emprendimiento y proyectos culturales relevantes en una o varias áreas creativas que correspondan con las vocaciones del entorno local, tanto en las propuestas de sus estudiantes, como en las que provengan de otros actores.

Empresas consolidadas e inversionistas: al vincularse a un Vivero Creativo deben comprometerse a aportar recursos para su mantenimiento. A cambio, podrán trabajar cercanamente con los emprendedores tener condiciones privilegiadas para el licenciamiento de contenidos y acceso a la información del talento humano.

Emprendedores: deben pagar una suma mínima por tener derecho a los servicios de acompañamiento y asumir compromisos claros que garanticen la continuidad de participación en los procesos. Es importante que en todo momento mantengan los derechos de propiedad intelectual de sus creaciones, ya que es a partir de estos intangibles que pueden desarrollar sus ideas. Por ello mismo, deben comprometerse, a través de mecanismos claros, a contribuir a la solidez y calidad de la programación cultural del Vivero.

Entidades territoriales: como beneficiarios directos de la dinamización cultural y económica que pueden producir los Viveros, las entidades territoriales tienen la obligación de aportar a su sostenimiento de manera proporcional a los aportes de los privados.

Públicos y usuarios: aunque algunas de las actividades abiertas al público serán gratuitas, el fomento de una cultura de pago por servicios culturales se debe entender como una parte fundamental de la construcción de las industrias culturales y creativas del país. Por ello es deseable que se involucren distintas formas de contraprestación y que se hagan avances hacia la remuneración económica para los artistas por parte de los usuarios que accedan a la programación cultural de los Viveros.

Referencias

Hearn, G., Roodhouse, S., y Blakey, J. (2007). From Value Chain to Value Creating Ecology. *International Journal of Cultural Policy*. 13(4), 419-436.

Financiación

En esta sección se examina la financiación de la CTI en Colombia, se revisan experiencias internacionales de financiación de CTI, se enuncian reglas para la asignación de fondos, se propone una estructura gruesa de los programas que debe administrar un Ministerio de CTI (a partir de una teoría del cambio), se discute el papel de la financiación privada y el destino de las regalías, se efectúa una estimación de orden de magnitud de la inversión que se podría ejecutar en el Ministerio CTI y se discute el papel de la financiación combinada como eje de la estructuración financiera de proyectos de CTI.

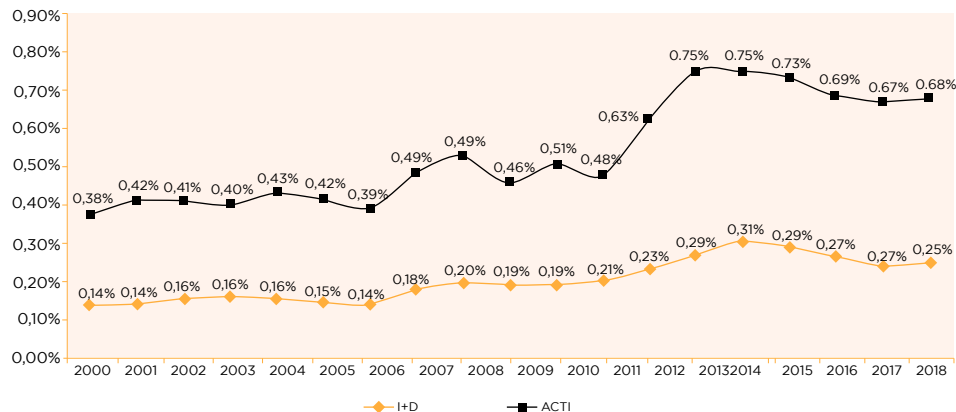
El financiamiento de la CTI en Colombia

El Observatorio de Ciencia y Tecnología (OCT) usa dos indicadores de inversión en CTI:

- Inversión en I+D que varía en 18 años de medición de 0.14 % del PIB a 0.25 %. Este es el indicador que usan OCDE y Unesco para medir el esfuerzo nacional en esta actividad. Es extraordinariamente bajo en comparaciones internacionales, como se mostrará a continuación.
- Inversión en actividades de ciencia, tecnología e innovación (ACTI), que incluye actividades relacionadas indirecta o incidentalmente con el desarrollo en CTI, como becas doctorales, proyectos de difusión científica y otros. En este indicador se aumentó en 18 años de 0.38 % a 0.68 %. Se ve cómo en los últimos seis años la inversión medida en ACTI se estacionó, incluso tuvo un leve decrecimiento.

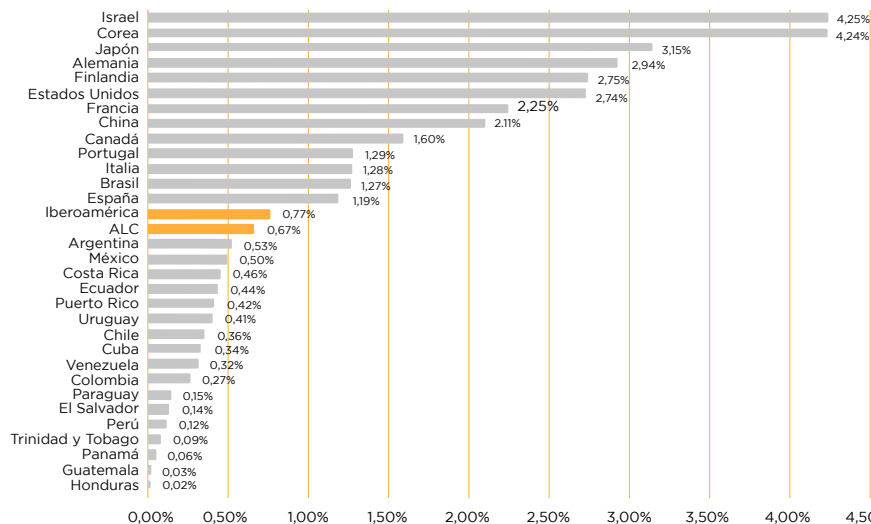
La Figura 8 extraída del Informe de indicadores 2017 del OCT, muestra la evolución de ambos indicadores:

Figura 8. Evolución de dos indicadores de inversión en CTI en Colombia
 fuente: Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología, 2017



La Figura 9 compara la inversión de varios países usando el indicador estándar de I+D. Mientras que Israel y Corea que invierten casi 4.5 % del PIB, y el promedio de la OCDE es de alrededor de 2.5 %, Colombia está apenas en el 0.27 % por debajo de Brasil, Argentina, México, Costa Rica, Ecuador y Uruguay entre otros.

Figura 9. Indicador de inversión en I+D como porcentaje del PIB en países escogidos
 Fuente: Red Iberoamericana de Ciencia y Tecnología, 2018



El actual Gobierno ha reconocido esa situación y la abordó en un capítulo especial de los lineamientos para el Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022, proponiendo la senda de inversión de la Figura 10 (DNP, 2018).

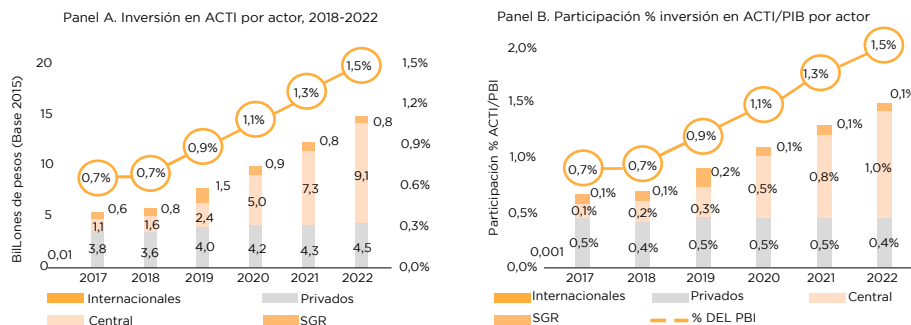


Figura 10. Propuesta del PND 2018-2022 de inversión en ACTI por actor
Fuente: Elaboración propia con base en el MHCP⁴⁶⁹

Algunas experiencias internacionales de financiación de CTI

Los países industrializados han financiado tradicionalmente el grueso de su investigación básica y de investigación y desarrollo (I+D) con recursos públicos. Estos recursos provienen de dos fuentes: impuestos a la actividad económica y al patrimonio (Estados Unidos, Alemania); y rentas de recursos naturales, cuando existen (Noruega, Canadá). Una parte de los fondos generales de los impuestos ha financiado institutos o laboratorios de investigación y otra parte se ha destinado a financiar propuestas competitivas de universidades.

El énfasis de la academia de Estados Unidos, por ejemplo, en conseguir recursos privados desde los ochentas para financiar toda la cadena de producción y comercialización de nuevas ideas, tiene orígenes tanto en la virtud (la autodefinición de MIT y Stanford como universidades emprendedoras) como en la necesidad (reducción de la proporción de la financiación pública en las cuatro últimas décadas). Durante la segunda mitad del siglo XX, la industria de Estados Unidos de todas formas invirtió entre el 2 y el 3 % de sus presupuestos de I+D para financiar la investigación en las universidades (Scotchmer, 2004, 25).

Los actuales debates de las sociedades desarrolladas giran en torno a evaluar los impactos del cambio en las fuentes de financiación sobre los tres productos de la universidad: enseñanza, creación de conocimiento certificado y solución de problemas reales (Just y Huffman, 2009). No debe sorprender el efecto disciplinante de los fondos públicos sobre el aumento de las publicaciones básicas y el positivo aumento de las patentes por interacción con el sector privado. Tampoco debe sorprender que, para universidades que lleven una trayectoria de financiación fundamentalmente pública por muchas décadas y de énfasis en las publicaciones indexadas, se haya detectado un *trade off* entre financiación privada y productividad en publicaciones.

En Estados Unidos las opiniones están divididas en torno al papel financiero de las patentes. Scotchmer (2004, 235) plantea que el sistema de la Universidad de California había recibido USD 13 millones por patentes en 1999 (después de costos), una cantidad inferior al 1 % de los USD 1,500 (mil quinientos) millones recibidos por esta universidad por parte del gobierno federal. Según Scotchmer (2004, 235-236), una universidad norteamericana promedio recibe alrededor de 69 revelaciones de invención (*invention disclosures*) por año, de los cuales patenta la mitad. Las oficinas de licenciamiento de patentes de las universidades recibieron en promedio USD 6,6 millones al año. Este promedio es engañoso porque incluye unos pocos casos excepcionalmente exitosos como Stanford o Berkeley, cuando lo típico es que las oficinas de licenciamiento no cubran sus costos. La lección para Colombia es simple: estimular las patentes, pero no aspirar a que se conviertan en fuente de financiación de CTI.

Reglas de financiación y programas CTI, riesgos de la inversión pública

La literatura económica recomienda (Foray, 2006): (i) que el sector público financie la CTI que no tiene rentabilidad privada alta, pero que tiene beneficios sociales esperados altos; (ii) que el sector público no financie la CTI de baja rentabilidad privada y cuyos aportes sociales, incluyendo todas sus externalidades y potenciales de largo plazo, sean inferiores al costo de los fondos públicos (costo de oportunidad de los impuestos en la

alternativa más rentable socialmente); y que (iii) el sector privado financie la CTI de rentabilidad privada alta (ver Figura 11).

La financiación pública debe cuidarse de los siguientes riesgos: descuidar la ciencia básica; financiar investigación de frontera sin construir al tiempo amplios vínculos internacionales; y desplazar inversiones privadas (*crowding out*): aquellas que se harían de cualquier forma aún sin la inversión estatal.

Una evaluación internacional encontró evidencia de que los incentivos tributarios que se ofrecen en Colombia a las empresas de mayor tamaño generan una renta que no tiene el efecto de aumentar la inversión en I+D, y por lo tanto no se justifican (Parra, 2013). Entrevistas recientes realizadas por miembros de la Misión con algunas de estas empresas confirman esta apreciación.

Se recomiendan cuatro políticas de incentivos:

- Limitar los incentivos tributarios a las pequeñas y medianas empresas (Pymes). Se debe permitir que estos incentivos se otorguen como créditos tributarios sin vencimiento para que las Pymes que no pagan muchos impuestos pero que aspiran a crecer se vean más motivadas.
- La creación de nuevas empresas de base tecnológica y de incubadoras también deben apoyarse, ya sea a través de incentivos tributarios o mediante el apoyo directo del estado como cofinanciador o gestor del capital de riesgo, especialmente cuando tienen vocación exportadora.
- Diseñar líneas especiales de crédito con riesgo compartido para las Pymes.
- Promover el capital de riesgo administrado en delegación por bancos privados experimentados en este tipo de financiación en los proyectos de emprendimiento tecnológico, de alto riesgo y con el potencial de abrir nuevos mercados de productos y servicios.
- Cofinanciar la I+D en las grandes empresas para la investigación básica, los aportes a centros e institutos de investigación y sectoriales y lanzar convocatorias para que las grandes empresas sirvan de ancla en proyectos con Pymes.

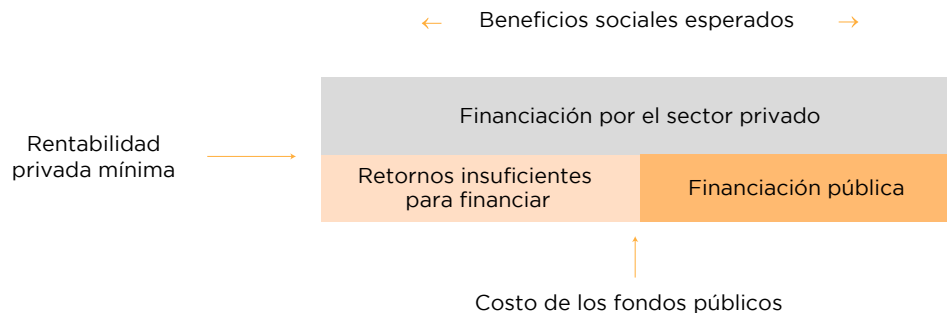


Figura 11. Financiación de CTI
Fuente: Foray (2006, 127).

Teoría del cambio y estructura gruesa de programas en CTI

Correa (2014) plantea el marco lógico general de los propósitos finales de la inversión CTI del Banco Mundial, con el modelo secuencial insumos-productos-resultados-impactos (I-O-O-I, en inglés). Es una estructura útil y práctica para organizar las tareas y la financiación del Ministerio CTI. En el modelo, la meta de la inversión en CTI es aumentar la productividad de la economía a través de mejores productos y servicios, que tienen su origen en una mezcla de inversiones públicas y privadas en cuatro tipos de programas (ver Figura 12).

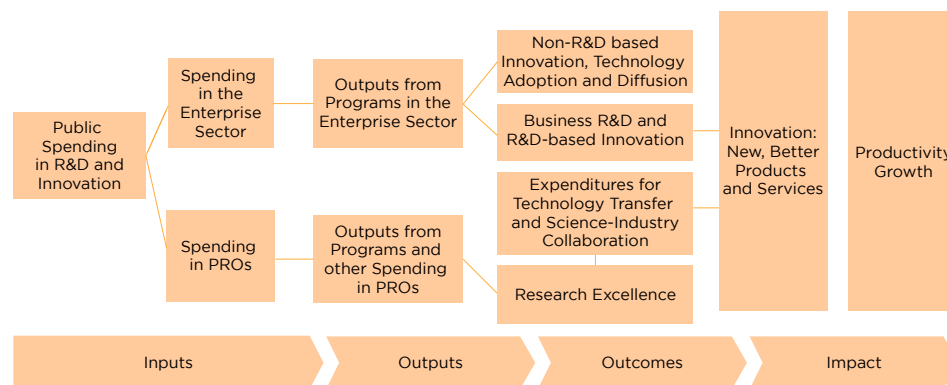


Figura 12. Teoría del cambio por actividades y financiación de CTI
Fuente: Correa, 2014, 10.

Los cuatro canales que deben ser objeto de gestión en el nuevo Ministerio CTI son, de acuerdo con la columna de resultados (*outcomes*) de la Figura 12:

- C1. Investigación de excelencia. Es investigación con fondos públicos enfocada en la creación de conocimiento básico (alta componente de bien público, alto riesgo) con la lógica de “estado emprendedor” (Mazzucato, 2013).
- C2. Colaboración entre industria e investigadores y transferencia de tecnología. Combina la creación de conocimiento aplicado, la comercialización sistemática de esfuerzos público-privados conjuntos, la colaboración de doble vía entre ciencia e industria y la transferencia efectiva de los resultados de la investigación pública. Es un canal que puede gestionarse a través de misiones + centros (cuyas ventajas para Colombia se presentan en otras secciones) cofinanciados.
- C3. Innovación por I+D empresarial. En este canal se agrupan dos tipos de actividades. En primer lugar, inversión privada para aumentar la productividad incremental de las firmas y aumentar su capacidad de absorción de nuevas tecnologías. En segundo lugar, *startups* tecnológicos en cuya financiación pueden usarse mecanismos de cofinanciación y estímulos tributarios.
- C4. Adopción y *startups* no basadas en I+D. La adopción de las tecnologías de frontera que no se producen domésticamente aumenta la productividad. Se puede adoptar tecnología de propósito general para innovar en modelos de negocio (uso de TIC para reconfigurar cadenas de valor). Como se planteó en la anterior subsección, el sector público puede abrir líneas especiales de crédito y cofinanciar las iniciativas con mayores externalidades y transversalidad.

Estos canales, son suficientemente amplios y flexibles para acomodar iniciativas en aspectos novedosos como, por ejemplo, las actividades de (investigación + creación) a partir de las áreas artísticas y creativas.

Usos y fuentes de pago en CTI

La Tabla 7 muestra los cuatro grupos de programas del Ministerio CTI por las filas y las fuentes de pago por las columnas.

La relación entre ciencia básica e innovación

Existen vínculos importantes entre la inversión pública y la innovación. La producción de ciencia básica se comporta como una “opción” en la que la productividad de las publicaciones despega abruptamente en el umbral de 150 publicaciones de 1998 por millón de habitantes, como se mostró en la Figura 4. El umbral se duplica cada ocho años. Al hacer la proyección a Colombia, se requerirían entre 28.000 y 30.000 artículos anuales hoy en día para que la elasticidad del patentamiento a la investigación aumente.

Tabla 7. Usos y fuentes: marco de referencia para la gestión del ministerio

		Fuentes					
		Presupuesto nacional	Recursos públicos regionales y municipales	Bolsas sectoriales	Regalías	Privados	Donantes
Usos	Adopción y difusión de tecnología						
	Innovación por industria (r&d + starups)			{orientación + \$ + incentivos + gerencia}			
	Colaboración academia-industria en centros para misiones						
	Ciencia básica de excelencia (creación)						

Fuente: elaboración propia.

¿Cuál es el papel de la financiación de la industria y qué se debe hacer con las regalías?

Colombia está lejos de la frontera tecnológica mundial. De acuerdo con Acemoglu, Aghion y Zilibotti (2006), un país en desarrollo debe tener una *política simultánea de adopción y transferencia tecnológica para acercarse más rápidamente a la frontera*.

La financiación privada orientada por la política pública es importante: en Noruega, como documentan Gulbrandsen y Smeby (2005), la financiación de la industria conduce a mejores indicadores en colaboración con otros investigadores y con la industria, mayor número de publicaciones científicas y mayor número de resultados emprendedores. Este patrón se explica en buena parte por la implantación de una política pública para transformar una economía de recursos naturales en una economía basada en el conocimiento, mezclando estímulos y obligaciones de transferencia tecnológica a las firmas extranjeras, creando universidades tecnológicas y premiando los resultados industriales de los investigadores. Este caso es mucho más interesante para Colombia que los ejemplos de países industrializados que no han tenido *booms* de recursos naturales.

Las regalías son ingresos no ganados mediante el esfuerzo directo (maná caído del cielo) y pueden capturarse por cazadores de rentas. Hartwick (Hamilton y Hartwick, 2005) deriva una regla simple para el crecimiento sostenible de países que disponen de recursos naturales. La regla plantea que, para mantener tasas de consumo positivas (la definición de desarrollo sostenible) en el largo plazo, todas las rentas del capital natural se deben reinvertir continuamente, a cambio de consumirlas. Como plantea el Banco Mundial (World Bank, 2011, 15), la disponibilidad de recursos no renovables en países pobres presenta una oportunidad irreplicable de financiar el desarrollo y reducir la pobreza. Sin embargo, la experiencia internacional no es alentadora al respecto: cuando no existen instituciones sólidas, es muy probable que se desarrolle la “maldición de los recursos.”¹²

12 La maldición de los recursos ocurre en países institucionalmente débiles que reciben abundantes flujos de dinero por la exportación

Usando un índice de calidad institucional (un número entre 0 y 1, donde 0 es la peor calificación y 1 la mejor), Mehlum, Moene y Torvik (2006) encuentran una relación estrecha entre el incremento de la abundancia de recursos naturales sobre el crecimiento económico, para una muestra de 87 países. Con calidad institucional superior a 0.93, el ingreso de divisas por exportaciones de productos naturales contribuye al crecimiento y, con calidad inferior a 0.93, sucede lo contrario (predomina la rapiña redistributiva).

En el trabajo de estos autores, Colombia aparece con un índice de calidad institucional igual a 0.53, superior a Perú (0.32), similar a México (0.54) y Venezuela (0.56), e inferior a Chile (0.63), Australia (0.94), Noruega (0.96), Canadá (0.97) y Holanda (0.98). En Colombia, un esfuerzo importante deberá orientarse a blindar los procesos de asignación de las regalías para ciencia y tecnología asignando estos recursos al nuevo Ministerio CTI. Los dineros de regalías deben ayudar a resolver problemas de las regiones en el contexto de amplios procesos de consulta para identificar y priorizar necesidades, pero es indispensable que la gestión de recursos se realice de manera centralizada.

Orden de magnitud de las inversiones y asignaciones de usos y fuentes

La Figura 13 presenta un modelo de coordinación de la respuesta del sector privado al esfuerzo público de financiación de CTI y de la respuesta pública al esfuerzo de financiación de CTI por los actores privados. La inversión privada tiene una forma de S: inicialmente, responde lentamente al esfuerzo público y solo despega cuando la inversión pública ha removido riesgos de I+D inicial, en consistencia con la evidencia presentada en la

de productos mineros o hidrocarburos. En un contexto de debilidad institucional, los demás sectores de la economía se contraen, se reduce el esfuerzo por diversificar y por innovar, y se conforma un sistema político inestable a raíz de la lucha entre diferentes grupos por usufructuar las rentas de estos recursos.

Figura 12. Por su parte, la respuesta de la inversión pública adopta la forma aproximada de una línea recta.

La intersección de las dos respuestas en la parte inferior corresponde a la situación actual de Colombia (*trampa de baja calidad*), donde la suma de los aportes del Estado y de los actores privados es ínfima. La intersección en la parte superior derecha corresponde a un *equilibrio de alta calidad*, después que se ha sobrepasado el umbral de inversión pública que activa una respuesta vigorosa del sector privado.

La senda de inversiones en I+D seguiría dos fases. La Fase 1 ('capital público paciente') se caracteriza por un esfuerzo alto del sector público y la Fase 2 ('despegue de I+D privado') por un repunte de la inversión privada. Las Tablas 8 y 9 muestran los niveles y porcentajes de inversión respectivos. Al final de la Fase 1 en 2028, se podría llegar a un 1.20 % de inversión total en I+D como porcentaje del PIB (donde la inversión pública sería 0.80 % y la privada sería 0.40 %) y al final de la Fase 2, se podría llegar a 1.80 % de inversión total en I+D como porcentaje del PIB (donde la inversión pública sería 0.85 % y la privada 0.95 %).

En ausencia de recursos de impuestos y regalías, el sector público debería estar dispuesto a asumir una deuda de por lo menos USD 300 millones en la primera fase mencionada.



Figura 13. Modelo de la inversión privada y pública en CTI
Fuente: Todaro et al., 2013

Tabla 8. Fase 1 de la inversión en I+D

	Fase 1: Capital Público Paciente										
	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
PIB US billones	\$ 330,23	\$ 338,71	\$ 348,88	\$ 360,04	\$ 371,56	\$ 383,83	\$ 396,87	\$ 410,37	\$ 423,91	\$ 437,90	\$ 452,35
I+D % Público del PIB	0,08 %	0,15 %	0,22 %	0,30 %	0,37 %	0,44 %	0,51 %	0,58 %	0,66 %	0,73 %	0,80 %
I+D % Privado del PIB	0,10 %	0,18 %	0,21 %	0,23 %	0,26 %	0,28 %	0,30 %	0,33 %	0,35 %	0,38 %	0,40 %
% del PIB Total I+D	0,24 %	0,34 %	0,43 %	0,53 %	0,62 %	0,72 %	0,82 %	0,91 %	1,01 %	1,10 %	1,20 %
Monto Total US B	\$ 0,79	\$ 1,14	\$ 1,51	\$ 1,90	\$ 2,32	\$ 2,76	\$ 3,24	\$ 3,74	\$ 4,27	\$ 4,83	\$ 5,43
Monto Público US B	\$ 0,26	\$ 0,51	\$ 0,78	\$ 1,07	\$ 1,37	\$ 1,69	\$ 2,03	\$ 2,40	\$ 2,78	\$ 3,19	\$ 3,62
Monto Privado US B	\$ 0,53	\$ 0,62	\$ 0,73	\$ 0,84	\$ 0,95	\$ 1,07	\$ 1,21	\$ 1,35	\$ 1,49	\$ 1,65	\$ 1,81

Fuente: elaboración propia.

Tabla 9. Fase 2 de la inversión en I+D

	Fase 2: Despliegue de I+D Privado									
	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038
PIB US billones	\$ 467,28	\$ 482,70	\$ 496,69	\$ 511,10	\$ 525,92	\$ 541,17	\$ 556,87	\$ 573,02	\$ 589,63	\$ 606,73
I+D % Público del PIB	0,81 %	0,81 %	0,82 %	0,82 %	0,83 %	0,83 %	0,84 %	0,84 %	0,85 %	0,85 %
I+D % Privado del PIB	0,46 %	0,51 %	0,57 %	0,62 %	0,68 %	0,73 %	0,79 %	0,84 %	0,90 %	0,95 %
% del PIB Total I+D	1,26 %	1,32 %	1,38 %	1,44 %	1,50 %	1,56 %	1,62 %	1,68 %	1,74 %	1,80 %
Monto Total US B	\$ 5,89	\$ 6,37	\$ 6,85	\$ 7,36	\$ 7,89	\$ 8,44	\$ 9,02	\$ 9,36	\$ 10,26	\$ 10,92
Monto Público US B	\$ 3,76	\$ 3,91	\$ 4,05	\$ 4,19	\$ 4,34	\$ 4,49	\$ 4,65	\$ 4,81	\$ 4,98	\$ 5,16
Monto Privado US B	\$ 2,13	\$ 2,46	\$ 2,81	\$ 3,17	\$ 3,55	\$ 3,95	\$ 4,37	\$ 4,81	\$ 5,28	\$ 5,76

Fuente: elaboración propia.

Finanzas combinadas y otros instrumentos de financiación

La diversidad de fuentes y apetito por el riesgo exige una ingeniería financiera sofisticada. Se requerirá que el nuevo Ministerio, como un director de orquesta, lidere la estructuración de proyectos mediante financiación combinada (*blended finance*). La Tabla 10 muestra instrumentos de financiación por *objetivo de financiación* (con una fuerte participación de los centros) y la Figura 14 muestra instrumentos de acuerdo con las necesidades de financiación y su riesgo de *proyectos individuales*.

Kremer y Peterson Zwane (2005) plantean que el fondeo público para innovación se puede suplementar con un compromiso de pago público por productos atribuibles en el desarrollo. Este mecanismo premia el desarrollo de tecnologías elegidas por los definidores de políticas. Puede ser exitosa si

Tabla 10. Instrumentos de financiación por objetivo de financiación

Funding objective	Instrument	Potential target groups
Capacity building	Block grant, project, programme (thematic or open), Centre of Excellence (COE)	Research group, organisation
Internationalisation	Stipend, project, programme, COE	Individual, organisation
Commercialisation	Award, expert support, venture capital	Research group, organisation, Individual
Collaboration between public research organisation and industry	Voucher, R&D tax credit, programme, project, COE	SMEs, large firms
Strategic research (e.g. major challenges)	Project, programme, COE	Research group, individuals, UI consortia
Career advancement	Project, stipend	Young scholars usually recently graduated PhDs
Career renewal	Project, stipend	Senior research staff, R&D staff

Fuente: OCDE, 2014.

los pagos se estructuran de forma dependiente de la adopción. Los autores plantean esta alternativa cuando se debe elegir entre programas de tipo “push” o de tipo “pull”. Los programas de tipo “push” financian insumos a la investigación y son apropiados para la investigación básica o cuando no es posible especificar el producto final. Los programas de tipo “pull” pagan por productos y son útiles para cubrir necesidades específicas.

El capital de riesgo es una institución ligada a la necesidad de llevar rápidamente al mercado las innovaciones tecnológicas y redireccionar los flujos de capital hacia negocios de alto rendimiento. Los negocios que se financian mediante el capital de riesgo asumen riesgos para los cuáles los instrumentos de deuda no están diseñados. El capital de riesgo crea valor al conectar financiadores sofisticados, por un lado, y emprendedores que intentan iniciar y hacer crecer sus compañías, por el otro. Los inversionistas en capital de riesgo reducen el tiempo necesario para que un emprendedor entienda que el negocio propuesto no es rentable, o las condiciones bajo las cuales puede serlo y financiarlo.

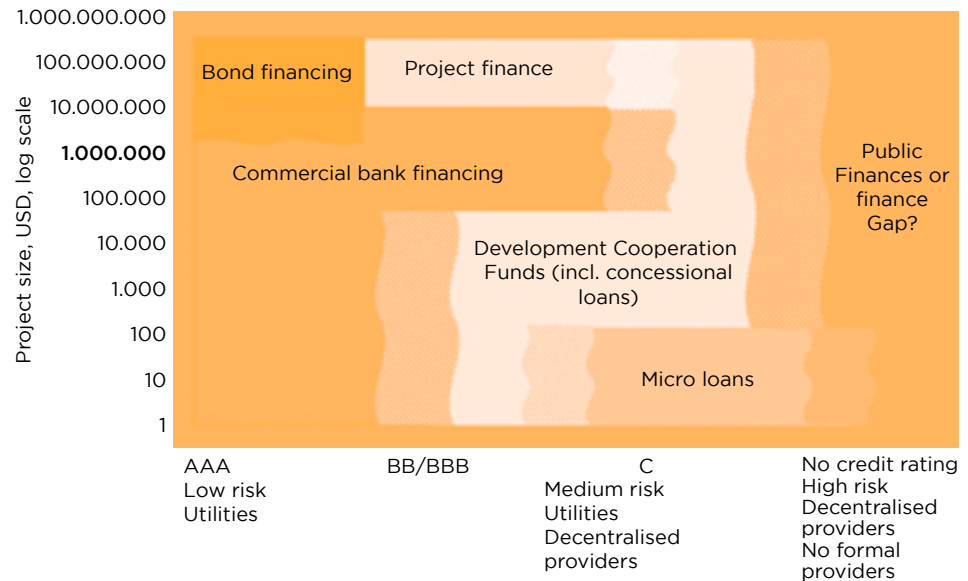


Figura 14. Instrumentos de financiación por tipo de proyecto
 Fuente: Gietema van Oppenraaij and Fonseca (2017) for the 2017 International Amsterdam Water Week

El Ministerio CTI deberá ampliar su arsenal de instrumentos con iniciativas atractivas a nivel internacional. La biodiversidad, el cambio climático, los ODS y otras iniciativas de alta visibilidad tienen el potencial de traer a la mesa los aportes de filántropos y donantes, de carácter catalítico. Por ejemplo: fondos de conservación; bonos de biodiversidad, etc.

Referencias

- Acemoglu, D. Aghion, P. y Zilibotti, F. (2006). Distance to Frontier, Selection, and Economic Growth. *Journal of the European Economic Association* 4(1):37-74.
- Benavides, J. y Cadena, A. (2011). Políticas y capacidades de investigación y desarrollo e innovación (I&D+I) para el desarrollo de biocombustibles en America Latina y el Caribe. En CEPAL (ed). Investigación y desarrollo e innovación para el desarrollo de biocombustibles en America Latina y el Caribe. Santiago de Chile.
- Correa, P. (2014). Public Expenditure Reviews in Science, Technology, and Innovation. World Bank Group. Accedido el 26 de noviembre de 2019 en: <http://documents.worldbank.org/curated/en/561851468165876446/pdf/93076-REPLACEMENT-Public-Expenditure-Reviews-in-Science-Technology-and-Innovation.pdf>
- DNP. (2018). Capítulo V. Pacto por la Ciencia la Tecnología y la Innovación. En *Bases del Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022*. Bogotá.
- Foray, D. (2006). *The Economics of Knowledge*. Cambridge: MIT Press.
- Forero, C. (2018). *Modelos lineales y umbrales en la relación ciencia y tecnología*.
- Guldbransen, M. y Smeby, J-C. (2005). Industry funding and university professors' research performance. *Research Policy* 34(6): 932-950.
- Hamilton, K. y Hartwick, J. (2005). Investing Exhaustible Resource Rents and the Path of Consumption. *Canadian Journal of Economics* 38(2): 615-621.
- Just, R. E. y Huffman, W. E. (2009). The economics of universities in a new age of funding options. *Research Policy* 38(7): 1102-1116.
- Peterson Zwane, A. y Kremer, M. (2006). Encouraging Private Sector Research for Tropical Agricultures. Brookings Report. Accedido en: <https://www.brookings.edu>

- Mazzucato, M. (2013). Building the Entrepreneurial State: A new framework for envisioning and evaluating mission-oriented public investments. Recuperado de <https://marianamazucato.com>
- Mehlum, H., Moene, K. y Torvik, R. (2006). Institutions and the Resource Curse. *The Economic Journal* 116(508): 1-20.
- Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología. (2017). Bogotá Indicadores de Ciencia y Tecnología.
- Parra, M. (2013). *Exenciones Fiscales para la I+D+I, Experiencias en América Latina y Retos Pendientes: Evaluación del Caso Colombiano*. Banco Interamericano de Desarrollo, RG-T1832.
- Peterson Zwane, A. y Kremer, M. (2006). Encouraging Private Sector Research for Tropical Agricultures. Brookings Report. Recuperado de <https://www.brookings.edu>
- RICYT. (2018). *Principales indicadores de Ciencia y Tecnología Iberoamericanos / Interamericanos*. Buenos Aires.
- Scotchmer, S. (2004). *Innovation and Incentives*. Cambridge, MA: The MIT Press.
- Todaro, M. P. y Smith, S. C. (2015). *Economic Development*. 12th edition. Pearson.
- World Bank. (2011). The Changing Wealth of Nations. Recuperado de <https://siteresources.worldbank.org/ENVIRONMENT/Resources/ChangingWealthNations.pdf>

El papel del conocimiento en el desarrollo de las regiones y la articulación de las iniciativas locales de conocimiento y desarrollo

Las brechas de oportunidades educativas y las asimetrías e inequidades en la distribución de recursos, infraestructuras y servicios, muestran que pese a los avances de las últimas décadas¹³, debemos hacer frente común para alcanzar el objetivo de que el progreso de las regiones se cimiente en el conocimiento.

Hoy sabemos que una de las claves para lograr el desarrollo de las regiones está en comprender el vínculo entre el conocimiento y la innovación, con el fin de promover un desarrollo sustentable (Carayannis, E., Barth,

13 La preocupación no es nueva. Ya en 1998, Fernando Chaparro, director de Colciencias presentó el informe “Conocimiento, Innovación y Construcción de Sociedad: una agenda para la Colombia del siglo XXI”. El informe enfatizó la importancia de que los países latinoamericanos garanticen la estabilización de los ecosistemas estratégicos, en un punto que no se ponga en riesgo los servicios ambientales que prestan a nivel global, regional y local, ni debilite su capacidad para producir bienes y servicios requeridos para la satisfacción de las necesidades básicas humanas. De igual manera, este informe resaltó la importancia de la preservación y el desarrollo de políticas de protección del medio ambiente, la necesidad de cambios en las formas de producción y hábitos de consumo, la introducción de tecnologías limpias en muchas áreas de la producción, entre otras. Adicionalmente, el informe destacaba la importancia del conocimiento en el desarrollo regional, la necesidad de fomentar la capacidad científica y tecnológica, la necesidad de centros de pensamiento estratégico y prospectivo, los resultados de los sistemas departamentales de innovación, y la necesidad del fomento de grupos y centros de investigación.

T. & Campbell, D., 2012) y centrar la atención en cómo las sociedades aprenden, y qué hacer para promover el aprendizaje —incluyendo cómo aprender a aprender— (Stiglitz y Greenwald, 2014).

La implementación de un sistema de cooperación y gestión del conocimiento que potencie los vínculos entre universidad, empresa, Estado, sociedad civil y el medio ambiente, resulta necesaria para poner en juego las posibilidades de cada territorio y establecer redes de cooperación de carácter interdisciplinar e intersectorial.

En efecto, la vinculación entre la universidad y la empresa ha ganado terreno en todo el mundo y ha mostrado bondades en innovación y gestión de conocimiento. Las empresas y los gobiernos de todo el mundo cada vez más ven a la universidad como un ente integrador de políticas públicas y como una fuente de creación de contenidos culturales relevantes. Por otra parte, es muy estimulante la vinculación del medio ambiente como uno de los ejes de este modelo de quintuple articulación, pues reconoce sus derechos y su preponderante papel en cualquier diseño de desarrollo.

Crear una cultura de trabajo interregional con estos cinco factores implica conocer las bondades de las redes de conocimiento y las eventuales tensiones que se suelen evidenciar en la práctica, provocadas por tratarse de actores epistémicos distintos situados en diferentes marcos cognitivos y normativos, así como en culturas institucionales eventualmente divergentes. En cualquier caso, este nivel de cooperación —llamado de Quintuple Hélice— tiene la ventaja de permitir reconfigurar permanente los alcances de la red e ir recomponiendo las expectativas de los actores sociales involucrados, especialmente de la sociedad civil.

Hay que hacer notar que la combinación entre conocimiento, saber hacer y medio ambiente en un marco “interinstitucional” y “transdisciplinario”, proporciona un modelo para monitorear el equilibrio con la naturaleza y así procurar el desarrollo sustentable que se requiere. No obstante, el uso del conocimiento acumulado por diferentes disciplinas, actores e instituciones supone no solo retos técnicos, presupuestales y de diseño, sino la comprensión de los rasgos epistémico-políticos que de partida señalan la diferencia geopolítica, sociohistórica y cultural de los diferentes territorios (Escobar, 2014). Solo sobre esta base cultural y

antropológica —habitualmente relegada y desatendida— la construcción de escenarios de futuro que convoquen la voluntad colectiva y los recursos de la sociedad civil, la industria y la universidad, pueden definirse con claridad y justicia.

En ese sentido, el reto para los próximos treinta años es potenciar procesos de crecimiento económico y cambios estructurales a través de la utilización de las potencialidades endógenas de los territorios, estableciendo condiciones para un intercambio social de conocimientos con el resto del país y con la comunidad internacional. La ciencia, la tecnología y la creatividad basadas en el conocimiento son fundamentales en esta empresa. El fomento de esa interrelación, especialmente la interfase entre las creaciones artístico-culturales y los desarrollos de las ciencias y la tecnología, pueden dar lugar a soluciones creativas a los problemas que aquejan la sociedad nacional.

Es necesario, en ese orden de ideas, la promoción de la investigación sobre recursos y patrimonio regional para contribuir al diseño de alternativas sustentables en las regiones, partiendo del reconocimiento de sus visiones de mundo, sus formas de cognición y sus formas de habitar los territorios. Esto es fundamental, puesto que en el trasfondo de muchas de esas cosmovisiones y formas de vida subyacen visiones no dualistas de vivir y cosmovisiones que pueden resultar inspiradoras. Un ejemplo de ello, son las ontologías relacionales de los grupos Kogui, Arhuaco, Wiwa y Kankuamo, que conciben los territorios como entes vivos, como espacios dotados de memoria y como articuladores de lo sagrado y lo cotidiano (Escobar, 2018). Estas cosmovisiones y conocimientos que conciben la vida como un tejido complejo entre lo humano y no-humano y que evidencian fundamentos comunales de sociabilidad, serán fundamentales para encontrar estrategias de transición hacia modelos de desarrollo que permitan nuevas formas de convivencia y un mayor cuidado de la Tierra. Contamos con un patrimonio de conocimiento ancestral vivo y activo, que puede ser muy estimulante para crear otros escenarios de futuro posibles que, aunque parezcan meras utopías irrealizables, son fundamentales para hacerlos muy pronto creíbles y realizables en el conjunto de la sociedad nacional.

Como ha sugerido Escobar, repensar el “país territorial” supone crear estrategias de defensa de los territorios (Escobar, 2014). “En lo ecológico, para disminuir la pérdida de la biodiversidad” y “restaurar su integridad ecosistémica”, incluyendo “el derecho de las comunidades a estrategias socioeconómicas ecológicas y culturalmente apropiadas, centradas en el Buen Vivir” (p.122). “En lo social, para asegurar el respeto de los derechos de las comunidades (DESC), incluyendo el derecho a sus territorios. A nivel político, para la protección de las organizaciones étnico-territoriales, la integridad de la vida de sus líderes y el fortalecimiento de las formas de gobierno propias de las comunidades y su autonomía. En lo cultural, para garantizar las condiciones para el ejercicio de la identidad y las prácticas culturales de las comunidades” (Escobar, 2014, 122).

Por otra parte, se requiere potenciar la especialización inteligente (Smart specialization) mediante políticas contextualizadas y la inversión de recursos en programas que complementen las vocaciones productivas nacionales para crear capacidades domésticas y obtener ventajas inter-regionales potenciando actividades basadas en las capacidades regionales y evitando que todas las regiones apuesten a temas o nichos similares.

Estas políticas pueden enfocarse en la *diversificación relacionada* (incentivando actividades que requieran capacidades similares)¹⁴, en la *diversificación no relacionada* (actividades que requieran capacidades diferenciadas para su implementación)¹⁵, o con la combinación de ambos.

En la siguiente tabla se resumen las condiciones para aplicar cada uno de los enfoques:

El éxito de las políticas en *Smart specialization* depende de la voluntad de los hacedores de política pública, el contexto institucional, el grado de autonomía política, la cultura empresarial y el compromiso del gobierno. Así mismo, para su aplicación se requiere entender la evolución de las regiones, identificar nuevas oportunidades en los entornos cercanos, saber que las capacidades (conocimiento, habilidades, redes e instituciones) condicionan las nuevas actividades regionales, y entender que las regiones tienden a diversificarse en nuevas actividades económicas relacionadas con las actividades preexistentes.

14 Por ejemplo: Carros, motos, tractomulas.

15 Por ejemplo: Agroindustria, Farmacéuticos, sector textil.

Tabla 11.

Características del territorio	Políticas de diversificación relacionada	Políticas de diversificación no relacionada
Grandes regiones urbanas	Brinda oportunidades para moverse en actividades complejas y requiere capacidades similares	Si existe una amplia variedad de actividades no relacionada y una infraestructura de investigación e innovación bien desarrollada
Antiguas regiones industriales	Proporciona oportunidades para romper bloqueos en innovación y moverse en actividades más complejas	Para escapar de la trampa de una economía de baja complejidad. Promover la diversificación no relacionada en actividades más complejas podría ser la única opción.
Regiones periféricas	Brinda oportunidades para desarrollar nuevas actividades.	

Fuente: elaboración propia.

Finalmente, el reconocimiento de que nuestros ecosistemas naturales y culturales se expresan en formas de conocimiento que se revelan tanto en las expresiones artístico culturales (cosmovisiones, formas de vida, expresiones musicales, dancísticas, gastronómicas, poéticas, etc.) como en la producción de bienes, servicios, manufacturas y productos industriales, es la base para la construcción de una nueva narrativa sobre las posibilidades del país y sobre nuestra identidad.

En este sentido, es vital potenciar una *gramática de reconocimiento* que permita comprender nuestra diferencia cultural como riqueza y posibilidad. Para ello será clave el fomento a la generación y circulación de contenidos culturales regionales, necesarios para promover el conocimiento de la diversidad cultural del país, para brindar condiciones de sostenibilidad a la productividad en las culturas locales y para mejorar la autoestima colectiva. La diversidad cultural es una de las claves para la especialización regional inteligente que requiere el país y para reconocer las maneras en que, a través de soluciones propias desde el punto de vista tecnológico, artesanal, cultural, y científico, nuestras regiones pueden ofrecer modelos innovadores de solución a problemas extendidos en el mundo, que pueden ser replicables y aplicables en la generación de nuevos tipos de conocimiento.

Por esto, para posicionar una estrategia de país hacia el futuro se requiere inversión en el desarrollo regional y la movilización de los recursos

locales. La elevación de los niveles de vida y de condición social, el aumento de posibilidades para la realización individual y colectiva, la incorporación de los recursos humanos, económicos y naturales de cada región en procesos productivos más eficientes y de directo beneficio social, son objetivos que se logran asumiendo con decisión la multidimensionalidad del desarrollo regional.

Referencias

- Carayannis, E., Barth, T., & Campbell, D. (2012). The Quintuple Helix innovation model: global warming as a challenge and driver for innovation. *Journal of Innovation and Entrepreneurship*, (12).
- Escobar, A. (2014). *Sentipensar con la tierra. Nuevas lecturas sobre desarrollo, territorio y diferencia*. Medellín: Ediciones AUNAULA.
- Foray, D., & Goenaga, X. (2013). The Goals of Smart Specialisation. *JRC Scientific and Policy Reports, S3 Policy Brief Series*. (1). <https://doi.org/10.2791/20158>
- Stiglitz, J. E., y Greenwald, C. (2014). *La creación de una sociedad del aprendizaje. Una nueva aproximación al crecimiento, el desarrollo y el progreso social*. México: Paidós.

La dimensión internacional del conocimiento: redes, diáspora, colaboraciones

Si bien el conocimiento no tiene fronteras, este se encuentra principalmente en las mentes de personas que residen en un país y con frecuencia se desplazan y migran. Desde hace décadas, los países en desarrollo se han preocupado por el fenómeno de la fuga de cerebros que drena la capacidad de incorporar conocimiento a sus actividades académicas y productivas. Las primeras estrategias para frenar este fenómeno consistieron en establecer regulaciones para que los becarios que estudian en otros países tuvieran la obligación de retornar. En una segunda etapa, se recurrió a incentivos para el regreso de nacionales con altas calificaciones. A partir de los años 1990, se dio un cambio en la forma de enfocar el problema, y se comenzó a ver la ubicación de científicos e ingenieros en el exterior como un activo del país, que podía ayudar a la internacionalización de las actividades científicas locales, a la admisión de estudiantes del país en pasantías o programas doctorales en instituciones destacadas del exterior y a apoyar el desarrollo de iniciativas científicas y grupos de investigación nacientes en el país. Con el advenimiento de las redes digitales, las posibilidades de establecer vínculos productivos con científicos nacionales establecidos en el exterior se potenciaron.

En los años noventa, Colombia tuvo una experiencia destacada, cuando se estableció y consolidó una red de cerca de 1200 nacionales residentes en el exterior, que colaboraban entre ellos y con los grupos de investigación en sus respectivos campos en el país (Meyer *et al.*, 2001). La red impulsó vínculos durables. Las relaciones personales más que virtuales predominaron en sus años más fructíferos. Cambios de política, inflexibilidades y falta de foco en la comunicación de los espacios digitales de la red hicieron que se marchitara y finalmente desapareciera. Pero la red formal había abierto una puerta y señalado un camino a los científicos

colombianos del exterior que quisieran contribuir al desarrollo del país sin que fuera necesario regresar.

Las redes de la diáspora colombiana y las colaboraciones de los colombianos expatriados con los grupos locales que los acogen les permiten a éstos expandir el acceso al conocimiento, a la educación científica de calidad, a las publicaciones y colaboraciones entre pares e inspirar a las futuras generaciones de científicos e innovadores de Colombia, que trabajan en ciencia, tecnología, ingeniería, artes y matemáticas.

Los beneficios de las redes son excepcionales (Arthur Zimmermann, 2016) en el aprovechamiento de las ventajas de distintas clases de actores públicos y privados, permiten potenciar el valor del conocimiento como factor productivo. Los programas que las impulsan pueden esperar darle un valor sistémico a las relaciones que se establecen entre los actores y aprovechar el potencial de la interconectividad de las nuevas tecnologías de información y comunicación.

La gestión de las redes y la diáspora debe caracterizarse por la generación y conservación de confianza entre sus miembros; la comunicación activa y el intercambio de experiencias de interés común; el desarrollo paulatino de la capacidad de aprendizaje y asimilación de nuevas opciones, y la conservación de un entorno adecuado, impulsado por un decidido apoyo institucional.

También se ha experimentado con distintas iniciativas y convocatorias de movilidad de Colciencias, Innpulsa y otras entidades gubernamentales. Así como la convocatoria “Es tiempo de volver”, la cual tuvo como objetivo incorporar doctores colombianos a universidades, centros de investigación, centros de desarrollo tecnológico y empresas vía estancias posdoctorales. Un grupo de colombianos se logró integrar al país, otra parte regresó a su país anfitrión, revelando quizá una insuficiente capacidad de absorción de estos talentos por parte de universidades y empresas, y la ausencia de un programa suficientemente sólido y fundamentado del Gobierno para asegurar la retención, más allá de los subsidios de los primeros meses.

Hoy se vislumbra una función de mayor envergadura para la diáspora y para las asociaciones de ex becarios y egresados de universidades de otros

países: bajo la orientación de los organismos del Estado, estas redes pueden desempeñar una importante labor de diplomacia científica.

Los contactos y relacionamientos de estas redes con fines académicos, laborales y personales abren amplias oportunidades de apoyo a los investigadores que las conforman y a sus proyectos, incluyendo dotación de infraestructura y equipo para la investigación y emprendimientos. La diplomacia científica puede promover la cooperación internacional, las colaboraciones bilaterales y multilaterales en ciencia, investigación, tecnología e innovación para encontrar soluciones a problemas de interés común de orden nacional o internacional, por ejemplo, desastres climáticos, calentamiento global, disminución de la biodiversidad, pandemias, ciberseguridad, entre otros.

La diplomacia científica complementa mas no reemplaza otros mecanismos de internacionalización, muchos de los cuales han sido empleados por instituciones colombianas durante muchos años. La diplomacia científica cuenta con una activa comunidad en diferentes partes del mundo, en lo académico, en lo investigativo y en lo empresarial. Muchos de estos países y sus instituciones estarían en disposición de asistir a Colombia en materia de cooperación y difusión de buenas prácticas.

La Misión propone formalizar y ampliar los mecanismos de cooperación y coordinación para crear y fortalecer las redes, la diáspora científica y las colaboraciones con científicos y expertos colombianos en el exterior, con miras a incrementar la calidad de la investigación científica, así como su contribución e impacto al desarrollo de una economía basada en conocimiento. Existe disposición de los científicos, profesionales y expertos colombianos en el exterior para compartir conocimientos.

De manera paralela, debe establecerse y gestionarse una diplomacia científica colombiana que facilite la apertura de posibilidades al talento colombiano en el exterior, que abra espacios para becas, investigación, pasantías, recursos y nuevas oportunidades laborales para profesionales, científicos y expertos colombianos y que facilite a los investigadores colombianos estar más cerca de las fronteras globales del conocimiento y participar de esos programas de investigación aportando desde lo específico de las condiciones colombianas. Para lograr este propósito, se propone

establecer misiones y cargos diplomáticos especializados en promover intercambios en educación, investigación e innovación con diferentes países y regiones del mundo, con potencial participación del sector privado.

Referencias

- Meyer, J. B., Charum, J., y Kaplan, D. (2001). “ El nomadismo científico y la nueva geopolítica del conocimiento”. *Revista Internacional de Ciencias Sociales* (168). 16p.
- Zimmermann, A. (2016). *Redes y sistemas de cooperación: conceptos y herramientas*. Ecuador: Abya Yala.

La apropiación social del conocimiento

La ciencia es parte de la cultura de una nación. Asegurar que la ciencia y los saberes se intercambien con toda la población es necesario en una sociedad que aspira darle un rol prominente al conocimiento y a la vez hacerle frente a la invasión de la cultura por las posverdades.

En Colombia la infraestructura de apropiación social para la ciencia es escasa, son pocos los planetarios y centros de ciencia construidos en los últimos cincuenta años; si bien se pueden encontrar algunos en las principales ciudades (Planetario de Bogotá, Maloka y Parque Explora), en el resto del país no hay infraestructura significativa para la divulgación de la ciencia (Puerta, 2019).

La Misión considera que el acceso de los niños a interactuar con la ciencia debería ser un derecho. En algunos países se ha establecido este derecho, en particular sobre temas como el origen de mundo y de la vida o las causas del cambio climático. En cuanto a infraestructura y en contraste con nuestro país, Japón tiene 950 planetarios, Estados Unidos 350, Alemania 95, Francia 75 y Brasil 45.

La integración de la ciencia en el conocimiento general contribuye a los individuos y a las familias en sus procesos diarios de toma de decisiones y análisis de información, también es importante para ampliar sus opciones y mejorar sus condiciones de vida personales (Puerta, 2019). La ciencia y la tecnología son inspiradoras en edades tempranas, cuando comienzan a gestarse las vocaciones científicas y el aprecio por el conocimiento. La conciencia de la sociedad acerca de la estrecha relación entre la generación de conocimiento y el desarrollo social y económico, ambientalmente sostenible, debe desarrollarse desde la infancia.

Propuestas comunicación - divulgación - cultura

Es necesario que haya una real inserción social del conocimiento para su uso efectivo en los problemas del país. Es indispensable que toda la sociedad

conozca y se apropie en particular de los ODS y de la responsabilidad de su cumplimiento para la supervivencia del planeta y de la humanidad.

Para lograr mejorar la divulgación de la ciencia y la cultura científica se necesita una postura incluyente en todas las instancias y actores de la sociedad, para cada caso se presentan propuestas a continuación:

a. Comunidad en general

- Inversión en producción de medios masivos de calidad con contenidos originales, culturales y científicos (especialmente los audiovisuales). Es interesante comprobar como a veces una novela, bien fundamentada científicamente, puede contribuir más a la divulgación científica o a la protección del medio ambiente que cualquier normativa. En Brasil, por ejemplo, la telenovela Pantanal causó un despertar de la conciencia ambiental. Estos esfuerzos pueden estar acompañados por el Ministerio de Cultura y las universidades.
- Mejorar la infraestructura para la circulación de contenidos culturales y científicos generados en todo el país, garantizando así su amplia circulación interregional. Solo el 5.7 % de los municipios del país cuenta con salas de cine¹⁶. Es estratégico aprovechar la televisión y la radio que son medios con mucho alcance. Lo mismo ocurre con espacios para presentaciones escénicas que cuenten con un mínimo de dotación y recursos técnicos. Es importante generar procesos de acercamiento y entrecruzamiento entre arte y ciencia pues potencia las experiencias en las áreas específicas del conocimiento y abre nuevos campos de investigación, exploración y experimentación. P. ej. La Música del Genoma. Por otro lado, con la propuesta emblemática Viveros Creativos planteada por las Industrias Culturales y Creativas, se pueden generar experiencias conjuntas entre arte y la ciencia, puntos de encuentro, debates y conferencias.

¹⁶ Encuesta de Consumo Cultural 2016.

- Crear una red de planetarios y otros centros de ciencia en el país, como el Museo de historia cultural y natural. Entre los instrumentos más eficientes de la divulgación y apropiación social de la ciencia se encuentran las colecciones, los museos de historia natural, los jardines botánicos, los planetarios, los centros interactivos, las ferias y eventos con participación ciudadana y los buenos programas de divulgación científica de cubrimiento nacional.
- En Colombia se adelantan programas de divulgación científica, pero su cobertura es limitada. Se trata de llegar con la cultura y la ciencia al mayor número de personas en todo el país y esto requiere construir planetarios y centros de ciencia. En estos lugares, las familias y los escolares pueden asistir cotidianamente y lograr un acercamiento a la ciencia, la tecnología y la cultura (Puerta, 2019).

Promover programas de ciencia ciudadana. Contar con mecanismos eficientes para que los ciudadanos e investigadores de la sociedad civil —mediante el diálogo y foros virtuales de *ciencia ciudadana*— puedan participar directamente en los procesos de generación de conocimiento. Una opción es promover estas estrategias desde los parques científicos y el Museo de historia natural y cultural, gracias a las múltiples herramientas que nos ponen a disposición las nuevas tecnologías de la comunicación y la computación para la exploración, por ejemplo, de los recursos naturales y de los sistemas de soporte a la vida en las diferentes regiones; también, temas que son cercanos a la vida diaria de los ciudadanos como la química y cocina.

b. Instituciones educativas e instituciones de educación superior

- Transformaciones curriculares que permitan insertar en todos los niveles, incluida la primera infancia, el concepto de la ciencia como una forma de construcción de conocimiento. Debe abarcar los doce años de enseñanza escolar.

Existen antecedentes, dos proyectos de la misión anterior: el programa de jóvenes científicos y el programa de educación general llamado ‘cosmología’, que fracasaron por falta de continuidad y

apoyo por parte del Gobierno. El objetivo es crear desde la base una verdadera cultura científica en los alumnos que permita desde una edad temprana entender cómo funciona el mundo y la vida, así como la utilidad de la ciencia para el desarrollo de nuestra sociedad y nuestro futuro. Igualmente, crear programas de “enamoramiento, apasionamiento, fascinación” alrededor de la ciencia para maestros. Más allá del campo disciplinar, es importante propiciar experiencias basadas en la sensibilidad y en una apropiación contextualizada en la experiencia, la vivencia en el contexto emocional. P. ej. Proyecto Viajeros de la Música, del cual se crearon redes de más de 1000 maestros en Bogotá. Se debe apoyar la creación de programas conjuntos entre las instituciones educativas e instituciones dedicadas a la formación científica a través de rutas pedagógicas, desarrollo de material, participación en actividades de campo e inserción de los estudiantes en las prácticas institucionales, acciones que fortalecen la apropiación de cualquier área de conocimiento; un ejemplo de ello es el Proyecto Maleta Pedagógica. Es importante crear redes de trabajo en equipo entre los Ministerios de educación y CTI, que permitan el fortalecimiento de modelos similares a los implementados en programas como escuela ciudad – ciudad escuela.

- Fondos del Gobierno para que las universidades apadrinen instituciones de educación básica y media en el acompañamiento científico y cultural. Lo cual puede fomentar el trabajo de campo en instituciones educativas al incluir científicos realizando diferentes actividades en colegios, como diálogos sobre temas de interés o promoción de ferias de la ciencia.

Más allá de las transformaciones curriculares se debe reforzar el relacionamiento continuo entre científicos y educadores. Para fomentar los vínculos entre investigadores y maestros y estudiantes de educación básica y media, es posible poner en marcha programas en los que participen investigadores, estudiantes de maestría y doctorado en diferentes actividades de las instituciones educativas, tales como diálogos sobre temas de interés (por ejemplo siguiendo el

programa “Los científicos vuelven a la escuela” del Parque Explora) o la promoción de ferias de la ciencia; para el cual se debe consolidar el modelo de la investigación como estrategia pedagógica que ha sido liderado por el Programa Ondas, y que debe ser renovado y reforzado.

- Mejorar la comunicación de la ciencia.
 - Introducir en los currículos generales de periodismo cursos de ciencias y de comprensión de la estadística.
 - Crear cursos de especialización y maestría en la comunicación de la ciencia, cursos cortos o diplomados en ciencia para los periodistas, y creación de cursos cortos o diplomados de periodismo a los científicos.
 - Pasantías financiadas para la incorporación de comunicadores de la ciencia, calificados en los centros de investigación y las universidades.

c. Tomadores de decisión y empresarios

- El Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación debe establecer canales de comunicación con tomadores de decisiones de otros sectores del Gobierno. Por ejemplo, encuentros frecuentes con senadores.

Desde el Ministerio de Ciencia y Tecnología establecer canales ágiles y oportunos de comunicación científica con aquellas personas que tienen la capacidad y posibilidad de desarrollar normativas, tomar decisiones o de aplicar la innovación.

- El Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación debe exigirle a los tomadores de decisiones y autoridades políticas una rendición de cuentas sobre la incorporación en sus agendas y programas políticos temas de ciencia, investigación y cultura como motores de desarrollo.

Un ejemplo pueden ser las decisiones y acciones relacionadas con la búsqueda de soluciones para enfrentar la crisis climática, el calentamiento global y la reducción de biodiversidad, todas ocasionadas por las actividades humanas. Igualmente, deben estar

informados para contribuir al cumplimiento de los compromisos adquiridos en el Acuerdo de París, principalmente en relación con el logro de los ODS.

d. Comunidad científica

El Sistema de Ciencia, Tecnología e Innovación del país debería incluir en todas sus convocatorias públicas, y preferiblemente también las privadas, un requisito por el que el investigador y su equipo se comprometan a realizar tareas de difusión y divulgación científica a través de canales no científicos.

Esto con el fin de explicar de manera sencilla y con un lenguaje accesible al público en general la importancia y la necesidad de la investigación propuesta, junto con sus resultados. Entre 2012 y 2016 menos del 1 % de los productos de grupos de investigación del país fueron compartidos y socializados en espacios de participación ciudadana en CTI. Esto es de especial preocupación ya que países referentes tuvieron un mayor número de publicaciones indexadas con colaboración de empresas y un mayor número de impacto científico en las mismas (PND, 2019). La comunidad científica también debe participar más activamente en el debate público sobre sus temas de especialidad y con la sensibilización a los miembros de la sociedad hacia la sostenibilidad.

Transferencia

Al promover la relación entre las universidades/centros de investigación, el Gobierno y el sector privado se facilita que, poco a poco, la sociedad perciba la importancia de la ciencia y tecnología a través de evidenciar cómo los resultados de la investigación tienen unas importantes aplicaciones en el mediano y largo plazo, y que el crecimiento del tejido productivo en innovaciones repercute directamente en la población a través de empleo y el bienestar ambiental, social y económico de las regiones. El gran desafío es que estos beneficios lleguen a toda la sociedad a través de la apropiación social y cultural de la CTI entendida en un sentido amplio. Debemos aprovechar la disponibilidad de tecnologías con potencial para impactar positivamente diversas dimensiones de la calidad de vida de las personas.

Propuestas

- a) Implementar un sistema de incentivos para las empresas, por ejemplo, a través de beneficios tributarios (reforzando los que ya existen), que no solo provengan de inversión por innovación tecnológica, sino también por financiación de estudios en universidades, por contratar personas con doctorados, entre otros.
- b) Formular una serie de acciones para acercar la universidad a las organizaciones y viceversa, diseñar el esquema de gobernanza y los esquemas de financiación de la investigación dirigida a empresas. Por ejemplo, entre esas acciones, rescatar las “mesas de negocios” que se organizan en las regiones (en su mayoría anualmente) como un mecanismo de encuentro y de generación de planes conjuntos empresa-universidad. Estas iniciativas deben ser apoyadas con más instrumentos estatales. Existen unas pocas iniciativas Universidad-Empresa-Estado que han surgido como lugares de encuentro, pero es necesario reforzarlas y ampliarlas. Se requieren instrumentos de financiación directa por parte del Estado, así que es necesario diseñar distintos planes a partir de fondos de cofinanciación o de préstamos para procesos de innovación basados en conocimiento.

Referencias

- Puerta G. (2019). Integración de la ciencia en la cultura con infraestructura de planetarios. Bogotá: documento sin publicar.
- PND, (2019). Plan Nacional de Desarrollo: “Pacto por Colombia, pacto por la equidad”. Gobierno de Colombia.

Fallas y cambios necesarios en la formación y ejecución de políticas

El Gobierno tiene la oportunidad de liderar la agenda de CTI con cuatro grupos de medidas: (i) definiendo políticas y programas con horizontes superiores a los de un período de gobierno, asegurando un diálogo continuo y amplio con actores, e implementando la medición de impacto para lograr apoyo y legitimidad social; (ii) aumentando la financiación pública en ciencia básica y en cofinanciación de investigación y desarrollo precompetitivo y *startups*; (iii) creando una gobernanza del Ministerio CTI que genere espacios de diálogo entre actores para definir agendas de investigación, incorpore vehículos para desarrollar los proyectos (centros + misiones), y disponga de una fuerte función de consecución de fondos, incentivos y estructuración de proyectos; y (iv) reduciendo las barreras normativas que inhiben el desarrollo de los proyectos.

La primera medida lleva a que las políticas públicas y su normatividad excluya el esquema de políticas sectoriales de corto plazo, que son de más fácil implementación que las políticas integradoras multisectoriales y de largo plazo, cuyas metas fundamentales son la sostenibilidad de la sociedad. Las políticas regionales y nacionales de largo plazo deben ser el resultado de un proceso de gestión y planificación con la sociedad, lo que permite la participación y la concertación entre los diferentes actores, con el propósito de garantizar su legitimidad (Guhl & Leyva, 2014). Adicionalmente, el hecho de que los planes nacionales de desarrollo no estén bien articulados entre las diferentes dimensiones espaciales de un país, lleva que se piense que estos responden a intereses políticos coyunturales y que, han sido impuestos autoritariamente a las regiones y a los municipios (Guimarães, 2003). La segunda medida debe surgir del entendimiento de que no hay alternativa para crecer y que tomar riesgos tiene rentabilidades sociales grandes, como argumenta Mariana Mazzucato. El tercer grupo de medidas

está presentado en buena parte en otras secciones. En esta sección se desarrollan propuestas focalizadas en el marco general de actuación del Estado en CTI y en proponer medidas para reducir las barreras reglamentarias.

Marco general de actuación para el desarrollo de la CTI

Dado que cada gobierno tiene un horizonte de cuatro años, existe el riesgo de que actividades en CTI de alto valor social, que tienen tiempos de gestación largos, queden desatendidas. Las estrategias que pueden ayudar a que la CTI adquiera una perspectiva de largo plazo incluyen:

- a) *El uso de las misiones con metas ambiciosas y concatenadas*, que podrían estar atadas a los ODS; esto les daría a las actividades de ciencia, tecnología e innovación (ACTI), además, una visibilidad internacional. El Conpes–ODS, en el que se priorizan las metas nacionales al 2030, trasciende el presente Gobierno y deberá articularse con al menos los dos próximos planes nacionales de desarrollo. De esta forma, se consolida en un modelo de gestión ambiental que integra la responsabilidad, no solo desde la perspectiva del sector público sino también desde el sector privado y la sociedad civil, si se quieren alcanzar las metas de desarrollo sostenible para el país. De hecho, los ODS plantean –al igual que compromisos suscritos de tiempo atrás y que en esencia son la reivindicación de lo incumplido a escala global–, dos retos fundamentales: (i) la vinculación de las políticas ambientales y sectoriales con objetivos comunes de desarrollo sostenible en la perspectiva de los próximos 12 años, y (ii) la regionalización de los ODS para tener en cuenta las necesidades de desarrollo sostenible particulares de cada región. Es de resaltar que el documento Conpes–ODS prioriza 156 indicadores ODS y 147 metas, pero realmente el compromiso con los ODS es más ético que cualquier otra cosa, pues ya se ha pasado por encima y sin asombro por muchas promesas ambientales signadas pero incumplidas.
- b) *La implementación de mecanismos de diálogo con amplios sectores sociales y económicos para acordar programas de largo plazo*, de acuerdo con la propuesta de estructura del Ministerio CTI que se presenta en

la sección de gobernanza. Estos programas deben responder a las necesidades u objetivos colectivos de las regiones del país, lo que implica, como lo plantea Muñoz-Gaviria (2011) un consenso de los actores en el reconocimiento de esos objetivos y para lo cual deberán generarse espacios democráticos, donde el Estado participa como orientador. Así, el Gobierno debe estar en la capacidad de adelantar en la agenda política las necesidades identificadas como prioritarias por la sociedad o proponer otras, teniendo como premisa fundamental la participación y el consenso, para que la política pública resultante goce de legitimidad (Muñoz-Gaviria, 2011). Es oportuno volver a mencionar que estos programas no pueden estar ligados a políticas de gobierno de cuatro años. En términos de solución de los problemas, este es un lapso muy corto que en el caso colombiano no ha permitido generar soluciones, pues los gobernantes de turno y sus agentes se vuelven cortoplacistas o generan soluciones apropiadas a intereses en la mayoría de los casos coyunturales, lo que origina, cada cuatro años, cambios atados a los intereses particulares del actual gobernante o el supuesto cumplimiento de su plan de gobierno.

c) *La evaluación y medición de impacto de las políticas e inversiones en CTI es indispensable para garantizar su legitimidad y continuidad.* Los tipos de evaluación pueden cubrir una amplia gama de asuntos¹⁷. Como los recursos son escasos, es crucial centrarse en tres aspectos fundamentales de los que dependerá la supervivencia del Ministerio y de los programas en CTI: (i) generación de conocimiento científico, (ii) impacto sobre la productividad económica y (iii) habilidad de multiplicar y gestionar recursos mediante financiación combinada. Esto, a su vez, dará lugar a recomendaciones que busquen incrementar la eficacia y la eficiencia de las acciones del Ministerio o Gobierno de turno. Los procesos de evaluación deben salirse del esquema tradicional de ser el último paso en el ciclo de vida de la política implementada. Por el contrario, deben ser transversales y realizarse

17 Evaluación de diseño; de consistencia y resultados; de procesos; de impacto; complementaria; estratégica; de desempeño; de costo-efectividad; de percepción de beneficiarios; de perspectiva de género.

antes, durante y después de la fase de implementación. Colombia tradicionalmente mide acciones, pero no impactos, siendo esto último lo más relevante. Teniendo el Ministerio del Ambiente y el Desarrollo Sostenible (MADS) como ejemplo y su reporte al DNP en el 2018, sobre el avance de sus políticas ambientales en el 2017 expresa:

El análisis del avance de las acciones asociadas a las metas o estrategias de trece políticas presentadas en el segundo semestre de 2017, presentó un promedio del 94 % de avance frente a lo que han programado en la vigencia. Se observa que cada una de las políticas ha venido presentando gestiones en las acciones. Sin embargo, cabe anotar que a los reportes de seguimiento les hace falta el impacto donde estén los beneficiados (población, sectores, territorios, entre otros), así como la finalidad de la normatividad por qué se hace y para qué se hace.

La falta de conocimiento del impacto a los beneficiados (población, sectores, territorios, entre otros) puede llevar a un deterioro de las instituciones estatales, de los recursos naturales y a insalvables enfrentamientos entre diferentes actores de la sociedad en general. Como si fuera una radiografía actual, Carrizosa (2014) señala frente a la problemática de la gestión ambiental que:

En los últimos veinte años, esta se deterioró por dos tipos de enriquecimiento, el ilegal y el fácil: el primero afectó desde las actividades de control de la deforestación en sitios específicos hasta el funcionamiento normal de Corporaciones enteras, y hoy es todavía factor principal y directo del deterioro ambiental en las regiones afectadas por la extracción de oro o por la deforestación para desarrollar cultivos o convertir la coca en cocaína; el enriquecimiento fácil continúa influyendo en los continuos enfrentamientos entre proyectos económicos conducentes a la utilización del capital natural para obtener rápidos y altos rendimientos y los encargados de hacer cumplir las normas que protegen el patrimonio ecológico.

- d) *Racionalización e integración* de documentos Conpes, que permitan una mejor articulación de los diferentes instrumentos de política pública, así como de las entidades de distintos sectores que llevarán a

su implementación. Por ejemplo, entre 1967 y el 30 de junio de 2019, se han expedido 4144 documentos Conpes (ver Figuras 15 y 16)¹⁸. Entre el 2016 y el 2019, se han expedido 194 documentos Conpes de carácter económico y entre el 2011 y el 2015, se han expedido 90 documentos Conpes sociales¹⁹. Mientras que el MADs, en su página web registra que entre el 2006 y el 2018 la expedición de 19 documentos Conpes sobre temas medioambientales y recursos naturales renovables.

Figura 15. documentos conpes aprobados entre 1967 y 2019
Fuente: <https://sisconpes.dnp.gov.co/SisCONPESWeb/>.

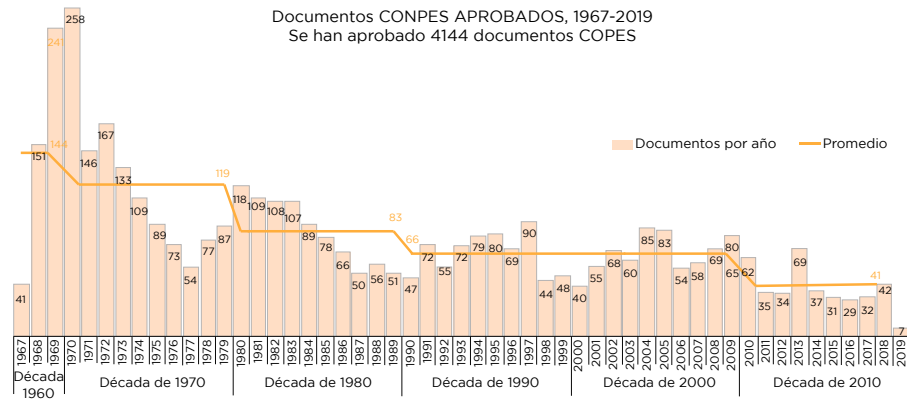
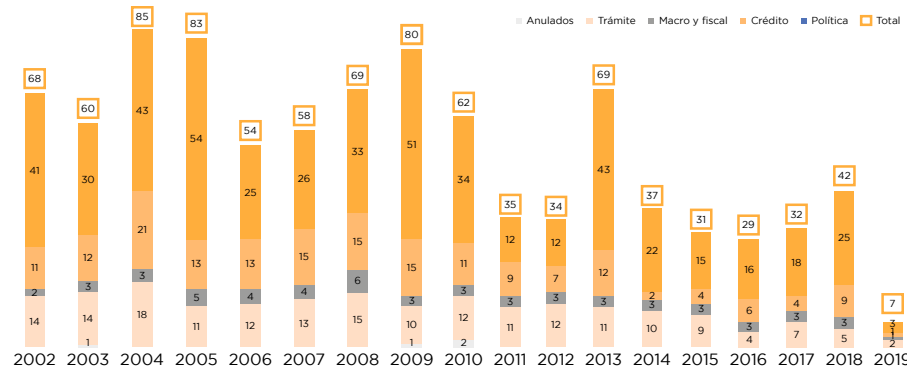


Figura 16. Documentos CONPES aprobados entre 1967 y 2019
Fuente: <https://sisconpes.dnp.gov.co/SisCONPESWeb/>.



¹⁸ Consultar en <https://sisconpes.dnp.gov.co/SisCONPESWeb/>
¹⁹ Consultar en <https://www.dnp.gov.co/CONPES/documentos-conpes/Paginas/documentos-conpes.aspx>.

Referencias

- Carrizosa, J. (2014). Colombia compleja. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C., Colombia, 295.
- Guhl, E. & Leyva, P. (2014). La gestión ambiental en Colombia, 1994-2014: ¿un esfuerzo insostenible? Friedrich-Ebert-Stiftung en Colombia (Fescol). Foro Nacional Ambiental. Quinaxis. Bogotá, D.C., 223.
- Guimarães, R.P. (2003). Tierra de sombras: desafíos de la sustentabilidad y del desarrollo territorial y local ante la globalización corporativa. Naciones Unidas, CEPAL. División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos. Santiago de Chile, 62.
- Muñoz Gaviria, G. A. (2011). Análisis de la política ambiental colombiana en la década 2000-2010. Semestre Económico, 14(30), 122-134.
- PND. (2019). Plan Nacional de Desarrollo: “Pacto por Colombia, pacto por la equidad”. Gobierno de Colombia.
- Puerta G. (2019). Integración de la ciencia en la cultura con infraestructura de planetarios. Bogotá: documento sin publicar.

Reducción de barreras normativas para el desarrollo de la ciencia en Colombia

En prácticamente todas las consultas y foros que ha llevado a cabo la “Misión de Sabios” con la comunidad científica y con otros agentes de la sociedad civil se ha señalado como impedimento serio para las actividades de I+D a la normatividad inadecuada y a la consiguiente burocratización de los procesos administrativos. La falta de una tradición de investigación científica en la administración pública colombiana, y el hecho de que quienes generan las normas y las aplican no tienen experiencia en el campo de las ciencias ni conocen modelos extranjeros exitosos, ha llevado a una normatividad farragosa y a unas costumbres y usos que complican aún más esa administración. Esto se agrava con el hecho de que en Colombia el acercamiento a la administración pública busca más la prevención de las incorrecciones y de los delitos que la promoción de la eficiencia.

En un ambiente de gran temor por la corrupción, puede parecer contradictorio abogar por la confianza y la eficiencia como parámetros rectores. Sin embargo, en algún momento hay que reconocer que sin confianza la promoción de la ciencia tendrá obstáculos insalvables, y sin eficiencia en su administración no será competitiva en un ambiente global que promueve la invención y la innovación como fundamentos de la competitividad económica de naciones, regiones y comunidades.

Por esta razón creemos que es importante señalarle al país aquellos procedimientos que disminuyen nuestra capacidad para investigar y que por ende nos ponen en una situación de desventaja competitiva con el resto del mundo. En un ambiente de desconfianza, se promueve la ineficiencia, las grandes ventajas se diluyen, y en ocasiones se convierten paradójicamente en impedimentos adicionales, como sucede con las restricciones para usar muestras naturales, recurso genético de la biodiversidad, en investigaciones de carácter científico. Intentaremos después de la descripción de diferentes barreras normativas proponer algunas modificaciones para superarlas. Intentaremos después de la descripción de diferentes barreras normativas proponer algunas modificaciones para superarlas.

- a) Régimen aplicable a la administración de proyectos y programas científicos. Las leyes de C y T (Ley 29 de 1990 y decretos reglamentarios y Ley 1286 de 2009) han abierto la posibilidad de que se aplique el régimen privado de administración a los proyectos de ciencia, tecnología e innovación. Algunas instituciones se han acogido a esta prerrogativa que les otorga mayor agilidad en operaciones que estarían gravemente entrabadas si se vieran sujetas a las limitaciones de la administración pública.

No se trata de aspirar a un privilegio exorbitante sino de reconocer una especificidad de la actividad de investigación. No es lo mismo un contrato de obra, en el cual habrá centenares de ofertas equivalentes a la compra de insumos sofisticados frecuentemente con un solo proveedor, o con diferencias sutiles que se le pueden escapar al no especialista pero que pueden hacer de una adquisición una pérdida total. En ocasiones es más importante la compatibilidad

de un equipo de marca con un oferente único, el grado de pureza de un reactivo, la confianza en un servicio de mantenimiento, que el análisis usual de costos y especificaciones. La oportunidad de una adquisición puede ser la diferencia entre el éxito o el fracaso.

Sin embargo el uso de estas disposiciones se ha visto muy limitado. La misma Colciencias no lo ha usado más que parcialmente, y universidades e instituciones públicas han sido más que tímidas para usarla. Una de las causas es la poca comprensión de esta norma por los organismos de control, procuradurías, contralorías y personerías que la ven como una forma para escaparse al control y como un factor de riesgo de corrupción, más que como una necesidad para que la labor sea eficiente y competitiva.

Esta desconfianza que se concreta a veces en investigaciones disciplinarias, fiscales y hasta penales intimida al administrador, que prefiere no arriesgarse, renunciando a la opción de mayor eficiencia y competitividad. El mismo temor genera dificultades para tomar decisiones que muchas veces se ven traducidas en consultas internas innecesarias y en la exigencia de vistos buenos que tienen como objetivo compartir responsabilidades (o inculpaciones).

De esta forma un instrumento que simplemente igualaría a nuestros investigadores con sus colegas (y competidores) de otros países se deja de usar.

Recomendación 1. Retomar la disposición de la Ley 29 de 1990 (desarrollada en el decreto-ley 591 de 1991), Ley 1286 de 2009 y decretos reglamentarios, y la ley ochenta (artículo 24c permite la contratación directa para C&T) de aplicar el régimen privado de contratación a los proyectos de ciencia, tecnología e innovación. Reglamentar en forma explícita y detallada esta disposición. Es necesario que la reglamentación sea tan explícita que no quede ninguna duda a los organismos de control sobre la factibilidad de su uso.

- b) Periodo presupuestal. El Fondo “Francisco José de Caldas” no está sujeto a las vigencias presupuestales anuales. El fondo del

Sistema General de Regalías para C y T adoptó vigencias bianuales (algo mejor que las anuales, pero aún insuficientes). La razón de estas disposiciones es que las actividades de ciencia, tecnología e innovación no pueden ser sujetas a periodos tan cortos. Las investigaciones muy rara vez tienen duraciones de un año, por lo general se extienden por varios años. Los programas de impacto nacional o regional con mucha mayor razón. Las vigencias anuales no aseguran la ejecución, sino que, con frecuencia, generan una mala ejecución. La necesidad de tener que contratar o comprar apresuradamente antes de que expire la vigencia induce al mal gasto. Con frecuencia hay periodos de parálisis al principio del año que llegan a meses y que son altamente desperdiciadores en tiempo de trabajo profesional y en pérdida de oportunidades. El trabajo científico exige una continuidad, sin la cual muchas veces grandes esfuerzos se ven perdidos y es necesario reiniciar.

A pesar de estas consideraciones la mayoría de los presupuestos del Estado dedicados a ciencia, tecnología e innovación están sujetos a periodos presupuestales de una sola vigencia anual. Esto sucede con los presupuestos de los ministerios, de las gobernaciones y de los municipios, de los institutos y centros nacionales y regionales, incluso de muchas instituciones de educación superior que hacen investigación que además, aplican el sistema de contratación de obras civiles, prohíben los anticipos y a veces exigen contrapartidas en dinero.

Nuevamente no se trata de solicitar un privilegio exorbitante sino de reconocer la especificidad de una actividad que se ve entorpecida con periodos de ejecución presupuestal cortos que a la larga le generan pérdidas directas y pérdidas en competitividad y oportunidad.

Recomendación 2. Reglamentar períodos de ejecución plurianuales para las actividades de investigación científica y para las instituciones públicas que las llevan a cabo y aplicar en todas las instituciones públicas las normas de contratación para ciencia y tecnología.

- c) Presentación de proyectos, términos de convocatorias. Las convocatorias y las modalidades de presentación responderán a políticas y se fijarán por guías o instructivos que no son normas de carácter general. Posiblemente una excepción hasta ahora han sido los proyectos de ciencia, tecnología e innovación financiados por regalías. Esos proyectos que generalmente son de alta complejidad deben ser formulados con la Metodología General Ajustada (MGA).

La MGA posiblemente es apropiada para proyectos de inversión del Departamento Nacional de Planeación que tienen un carácter muy diferente a los proyectos de ciencia, tecnología e innovación. La imposición de un sistema extraño a esta actividad genera restricciones serias de manejo, y a la larga perjudica al proyecto en lugar de organizarlo. Reduce la flexibilidad de los proyectos, y su capacidad para una respuesta rápida e imaginativa a los problemas que se presentan, que en investigación son usualmente inesperados. El seguimiento de la ejecución es igualmente engorroso y totalmente incapaz de distinguir entre lo que es un incumplimiento y lo que solo es un cambio recursivo ante problemas imprevisibles. De hecho, la ejecución deficiente de estos recursos (que llevó a que se hiciera en el pasado cercano una reforma temporal de la Constitución para asignar una parte de esos recursos a la construcción de vías terciarias) no se debió a falta de proyectos e ideas. El porcentaje de aprobación de proyectos en el sistema normal de Colciencias es muy bajo, inferior al 8 % y en muchas convocatorias han quedado proyectos aprobados técnicamente pero no financiados por falta de recursos. La razón principal para la baja ejecución es sin duda el formato de presentación de proyectos y de seguimiento, que es totalmente ajeno a la formación de los investigadores quienes se sienten abrumados e intimidados por él y prefieren no hacer propuestas.

Recomendación 3. Ajustar la normatividad de presentación de proyectos estrictamente a aquellas que son específicas para actividades de ciencia, tecnología e innovación. Modificar el sistema MGA usado en los proyectos

financiados por regalías, con el acuerdo del Ministerio CTI. Establecer que los equipos e insumos que se adquieran son propiedad de la entidad ejecutora.

- d) Seguimiento de proyectos. El seguimiento de los proyectos financiados por Colciencias y otras instituciones estatales es inconveniente, generalmente contradictorio con los propósitos mismos del proyecto. Hay dos evaluaciones que se hacen por separado, la primera es una evaluación técnica hecha por la entidad financiadora que estudia en forma superficial si los compromisos “medibles” se han cumplido. No hay análisis sobre la calidad de los resultados y por otro lado se introducen restricciones que podrían generar situaciones inconvenientes, incluso con implicaciones éticas negativas. Por ejemplo, si un proyecto propone la formación de un estudiante a nivel doctoral o de maestría, el investigador prácticamente se ve obligado a aprobar su tesis aunque el estudiante no cumpla con requisitos, porque de otra forma quien incumple es el investigador. Si propuso un número determinado de artículos, se ve obligado a publicar ese número, incluso si en otras circunstancias preferiría no hacerlo hasta consolidar mejor los resultados. Por otro lado un resultado realmente notable y que en otros ámbitos tendría alto reconocimiento, en esta evaluación no compensaría la ausencia de un compromiso menor.

La segunda evaluación es financiera y la hace un organismo independiente que maneja los fondos: una fiducia o un fondo de administración. Esta evaluación usa el presupuesto inicial no como un indicador sino como un compromiso contractual del gasto. Esto lleva a absurdos como que se exija la compra de un equipo obsoleto porque ese se propuso años antes, cuando se escribía el proyecto, sin saber que se iba a desarrollar otro equipo mejor, o la desaprobación de insumos no previstos porque las necesidades de la investigación cambiaron a raíz de los resultados que se iban obteniendo. En resumen, el análisis es de una gran rigidez, sin comprender los altos niveles de incertidumbre que tiene

una investigación, sobre todo si esta es realmente de frontera. El sistema actualmente usado desestimula la presentación de ideas originales (que conllevan un riesgo mayor) y estimula las propuestas rutinarias y repetitivas.

Recomendación 4. Modificación del esquema de seguimiento y evaluación de los proyectos de investigación de acuerdo con la flexibilidad que deben tener los procesos de investigación científica. El proyecto debe ser evaluado por la calidad de sus resultados pero en forma muy flexible, considerando el riesgo implícito en esta clase de investigaciones. El presupuesto inicial se debe usar en la evaluación para constatar el realismo y la seriedad de la propuesta, pero no debe ser usado en la evaluación como un compromiso de gasto inflexible.

- e) **Contrapartidas y “overheads”.** El *overhead* es una figura que se introdujo en Estados Unidos y en Europa para estimular la actividad de investigación. Consiste en que las agencias financiadoras (sobre todo del gobierno, pero también otras de fondos privados) adicionan una suma que puede estar entre el 40-60 % del costo real de la investigación y que puede ser usada por la institución ejecutora para cubrir gastos indirectos, pero también para reinvertir en infraestructura común (edificios, bibliotecas, equipos, redes, etc.) que va a beneficiar la actividad científica en general y no solo la del proyecto específico. Esta iniciativa aunque encarece los proyectos notoriamente ha logrado que el investigador se vuelva muy atractivo para la institución porque mejora sus finanzas y su potencial científico y académico.

En préstamos y aportes no reembolsables de fondos transnacionales y en proyectos de cooperación internacional, frecuentemente se exige que el país recipiente cubra parte de los gastos del proyecto, generalmente los gastos de personal y los costos indirectos. Eso se define como una contrapartida de la nación.

Los primeros esfuerzos investigativos organizados desde Colciencias en la segunda mitad del siglo XX se apoyaron en préstamos del BID y del Banco Mundial, y se adoptó la figura de contrapartida

pero se aplicó a la institución que recibía el financiamiento. La figura de *overhead* no ha sido usada, apenas muy recientemente los proyectos de Colciencias reconocen algunos costos indirectos, inferiores al 10 % del valor del proyecto y que en la mayoría de los casos ni siquiera cubren el costo indirecto real.

De esta forma, una figura que en los países desarrollados impulsó la ciencia haciendo a los investigadores muy deseados por las instituciones, nuestro sistema por el contrario hace del investigador alguien mucho menos atractivo porque está solicitando fondos adicionales y contrapartidas para completar el costo de sus proyectos. La figura del *overhead* es de un éxito indudable. A pesar de que hace que los proyectos sean más costosos, genera un estímulo que en muy poco tiempo compensa los costos mayores con desarrollos e innovaciones.

Recomendación 5. Adoptar normativamente la figura del *overhead* (en montos que cubran en forma realista, al menos los costos indirectos) para los proyectos financiados por el Estado desde sus diferentes fondos.

- f) El concepto de inversión de riesgo en la investigación. Nuestra legislación no contempla la posibilidad de asumir un riesgo. Un funcionario que lo asume puede ser investigado por los órganos de control y castigado muy severamente. A toda empresa estatal se le exige un estudio previo, y si los resultados son diferentes el responsable puede ser acusado de haber hecho un mal estudio. Esto puede ser conveniente en contratos de obra, pero está fundamentalmente opuesto a la naturaleza misma de la investigación que es una actividad de riesgo. Si uno pudiera predecir con un estudio previo el resultado de la investigación esta no sería necesaria.

La única forma de proponer proyectos de investigación seguros es renunciando a la originalidad y a las ideas revolucionarias. Un proyecto que repite acá lo que se ha hecho en otros lugares puede ser útil porque da algunos resultados específicos para el lugar, una modificación parcial a algo desarrollado en otro lado puede ser útil

porque representa un avance. Pero algo totalmente novedoso y diferente es siempre de alto riesgo. Una innovación radical puede ser excluida completamente por este sistema.

Algo similar sucede con el financiamiento y la inversión en innovaciones e inventos. Antes de hacer la inversión no es posible saber si funcionan. De hecho hay campos, como el desarrollo de moléculas terapéuticas, en los que se sabe que una fracción muy pequeña de las moléculas probadas llega a constituirse en un producto mercadeable. Por supuesto, la ganancia en ellas es considerable y compensa a largo término el costo de los intentos fallidos, pero no hay forma de saber cuál es el intento exitoso sin probar muchos que no lo van a ser.

Esto lleva necesariamente a la conclusión de que las normas de seguridad a las que se someten los proyectos de obra del Estado no son las apropiadas para los proyectos de investigación y de innovación, por el contrario son un impedimento muy serio para su éxito.

Recomendación 6. Revisión de las normas o de las guías que exigen estudios previos para el caso de proyectos de investigación y de innovación. Considerar el establecimiento de fondos de riesgo para el apoyo de proyectos de ciencia, tecnología e innovación.

- g) Régimen de propiedad intelectual. En 1980 se promulgó en los Estados Unidos la Ley Bayh-Dole, según la cual los beneficiarios de fondos estatales para actividades de investigación y desarrollo tienen derecho a patentar invenciones y conceder licencias a empresas. Estos beneficiarios son fundamentalmente las universidades, los institutos y centros de investigación y los investigadores mismos. La finalidad de esa ley era promover la explotación de los resultados de las investigaciones financiadas por el Estado transfiriendo su titularidad a las instituciones que hicieron la investigación, que quedaban libres para negociar esa titularidad con la empresa. La ley ha sido objeto de debate y debe ser evaluada.

Recomendación 7. Analizar y replantear el régimen de propiedad intelectual tomando en cuenta los siguientes parámetros:

- Se debe reevaluar el papel de la protección por propiedad intelectual para permitir la transferencia de conocimiento a la sociedad de manera efectiva.
 - Los incentivos a las patentes producidas en Universidades y Centros de Investigación deben estar atados a buscar la transferencia vía mecanismos como el licenciamiento, la creación de *Spin-Off* y otros. Los incentivos permanentes a patentes sin buscar la transferencia deben ser reevaluados.
 - Las políticas de propiedad intelectual deben fomentar la Ciencia Abierta, que es la tendencia mundial ante el surgimiento de multinacionales que hacen uso de datos producidos con recursos públicos.
 - Las Instituciones de Educación Superior deben ofrecer capacitaciones permanentes en propiedad intelectual y derechos de autor.
 - El Gobierno Nacional debe incentivar la creación de Oficinas de Transferencia de Conocimiento, evitando los monopolios e incentivando la competencia, en las Instituciones de Educación Superior y en las regiones para apoyar el proceso de convertir al país en una sociedad basada en el conocimiento.
- h) Manejo y licencia de recursos genéticos. Contratos de acceso a recurso genético o producto derivado para la ciencia básica en biodiversidad sin fines comerciales. La normatividad colombiana para estudios de la biodiversidad ha acorralado a las ciencias básicas sin fines comerciales dedicadas al estudio de los recursos genéticos y/o productos derivados de especies silvestres, ordenando la obligatoriedad de firmar antes de iniciar actividades de investigación, un contrato de acceso. Este contrato expedido por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) que no está diseñado para el ejercicio de actividades científicas básicas, es usualmente ineficaz, enredado, su expedición toma mucho tiempo (uno o

varios años) a pesar de las modulaciones hechas últimamente en el sentido de usar contratos marco institucionales, e impide el ejercicio de la investigación, so pena de drásticas sanciones como costosas multas, desprestigio público e inclusive cárcel para los científicos infractores.

El diligenciamiento y aprobación de este contrato de acceso a recursos genéticos y productos derivados, aplica a todas las áreas del conocimiento básico sin fines comerciales, con excepción de la sistemática molecular, ecología molecular, evolución y biogeografía (Decretos 1375 y 1376 de 2013, artículo 4, parágrafo 1 y artículo 2, parágrafo 5, respectivamente), sin embargo, paso seguido en una Resolución posterior del MADS, la 1348 de 2014, se expresa la prohibición tácita para los investigadores de incursionar en las dos primeras áreas mencionadas (contradicción en la ley), señalando que no se puede hacer investigación básica (la sistemática y la ecología molecular son áreas básicas), sin el contrato mencionado en especies nativas (silvestres, domesticadas, cultivadas o escapadas de domesticación), ni acceder a los productos derivados de ellas como ADN, ARN, micro y macromoléculas producidas en su metabolismo. No se entiende, como estudiar sistemática y ecología molecular, sin incursionar en el aislamiento de los productos del metabolismo de las especies.

Tampoco se entiende cómo se limita la participación de la ciencia colombiana en la frontera del conocimiento si no se firma el contrato mencionado, por ejemplo en el uso de las ómicas, a partir de las cuales accedando material genético (DNA y RNA), proteínas, enzimas, micro o macromoléculas se llega al conocimiento del genoma, proteoma o metaboloma de las especies y a la genómica funcional, donde con base en este conocimiento se optimizan estrategias y planes de conservación y manejo de las especies. Adicionalmente, tampoco se comprende por qué no usar sin contrato de acceso a recurso genético, modelos tridimensionales que permitan predecir la estructura y función de las proteínas para entender las interacciones gen-enfermedad, entre otras y el valioso aporte

del conocimiento sobre las rutas biogénicas en las especies, las cuales proveen las bases para el tan anhelado uso sostenible de nuestras especies. Estas son solo algunas de las etapas anteriores al inicio del proceso de bioprospección, en pos de una bioeconomía sostenible, a la que el país se ha comprometido en el Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022. Son trabajos de ciencia básica que pueden sustentar la plataforma de arranque de la bioeconomía sostenible, pero que no necesitan los trámites de acceso a recursos genéticos. Simplemente, sin ciencia básica en bioquímica, biología, química, química farmacéutica, microbiología entre otras (adelantos en la química de los compuestos naturales), no habrá contribuciones al conocimiento científico global, por parte del país que tiene una de las mayores biodiversidades del planeta. ¡Qué contradicción! Hay megabiodiversidad pero su estudio es una tarea titánica.

Recomendación 8. Reformar el decreto del MADS 1375 de 2013, artículo 4, párrafo 1, por el cual se reglamenta el permiso de recolección de especímenes de especies silvestres de la diversidad de las colecciones biológicas con fines de investigación científica no comercial, y el decreto 1376 de 2013, artículo 2, párrafo 5, por el cual se reglamentan las investigaciones científicas básicas que se adelantan en el marco de un permiso de recolección de especímenes de especies silvestres de la diversidad biológica con fines no comerciales, y aclarar en el párrafo 2, del artículo 2 de la Resolución 1348 de 2014, que no configuran acceso a recursos genéticos o productos derivados las investigaciones científicas de ciencia básica con fines no comerciales.

- d) Trabas en importación de reactivos, equipos e insumos para la investigación. Una de las iniciativas de bajo costo para el Estado y que podría ser un apoyo significativo para la investigación científica sería la racionalización de normas relacionadas con la importación de elementos necesarios para la investigación científica y la coordinación institucional de las entidades responsables de esas normas. Hoy puede haber varias diferentes: Dian, aduanas

nacionales, Invima, INS, etc. que hagan exigencias de diverso orden que entran, hacen más costosa y menos competitiva a nuestra investigación, y que ponen a personas con pocos conocimientos específicos a juzgar sobre asuntos técnicos que requieren gran especialidad.

Recomendación 9. Racionalización de requisitos para importación de materiales y equipos de laboratorio. Se deben crear mecanismos efectivos para la nacionalización de equipos dedicados a la investigación científica y las exenciones a los mismos. La DIAN debería tener un mecanismo de enlace con contacto directo con las Universidades y las Instituciones Científicas. Dicha oficina debe tener la capacidad técnica para entender tanto la parte científica como la parte administrativa de las nacionalizaciones. La importación de equipos científicos debe tener una prioridad diferente. Los mecanismos de exención de impuestos deben hacerse antes del pago de estos, no después del pago, ya que esto origina un desbalance financiero en los proyectos. La exención debe ser total y automática al ser recursos del Estado para un proyecto de investigación.

Se debe tener una apertura a la importación de insumos controlados, en la actualidad tenemos límites a un promedio de 500 sustancias en litros y gramos, la importación debe ser más abierta al ser hecha por las Universidades y centros e institutos de investigación y sustentada en proyectos de investigación.

- » Licencias y normas técnicas para producción. Las empresas que hacen desarrollos tecnológicos, especialmente las farmacéuticas y algunas pocas que producen equipos especiales encuentran una inmensa barrera, que las hace perder toda posibilidad de ser competitivas nacional e internacionalmente en la dificultad para obtener licencias. En el caso de las industrias farmacéuticas y biotecnológicas las licencias y registros del Invima sobre todo para productos nuevos son extraordinariamente difíciles de obtener y su expedición toma un tiempo muy largo. Para el caso de industrias que producen

equipos nuevos de alta tecnología, electrónicos y mecánicos, se encuentran con el obstáculo serio de que por definición las normas técnicas no existen para algo novedoso y que no está en el mercado, y al no existir la norma no pueden certificar cumplimiento. El proceso de construir y aprobar una norma es tan prolongado que los empresarios no lo emprenden, y si lo hacen cuando se expide la norma perdieron toda ventaja competitiva.

Recomendación 10. Revisar los procesos de registro y licenciamiento por parte del Estado para productos nuevos. En el caso del Invima para productos farmacéuticos y biotecnológicos, y en el caso de la Industria tecnológica revisar la expedición y obligatoriedad de normas técnicas para equipos nuevos y la forma como estas se expiden.

k) Régimen de asociación público privado

Recomendación 11. Los mecanismos de asociación público privada han sido muy poco explorados para la creación de consorcios en el desarrollo de programas estratégicos, como las misiones mismas. Desde el Decreto-Ley 393 de 1991 esa posibilidad está reglamentada. Se deben establecer mecanismos efectivos para incentivar este tipo de asociaciones por medio de exenciones tributarias y seguridad jurídica. La participación en grandes proyectos internacionales y nacionales con asociaciones público-privadas no puede seguir las mismas reglas aplicadas a proyectos de infraestructura.

- l) Estatuto del Investigador. Los investigadores que trabajan en Institutos y Centros Públicos que tienen como una de sus misiones principales la investigación científica están sujetos al régimen de los funcionarios públicos definido por el Departamento Nacional de la Función Pública. Eso implica en primer lugar que sus salarios son muy bajos, mucho más bajos que los de universidades públicas y privadas, que no tienen una carrera que les permita ser evaluados para avanzar con base en su productividad, y que no haya ninguna equivalencia ni real ni normativa con quienes ejercen funciones similares en

ámbitos académicos públicos. Varias veces se ha propuesto crear la carrera de investigador con características diferentes a las del empleado público, características que respondan a la especificidad de ese trabajo y que estimulen la vinculación a instituciones del Estado que investigan. Hoy la situación desestimula a estos investigadores que migran, en cuanto pueden, a otros sectores sociales, muchas veces abandonando promisorias carreras y perdiendo esfuerzos de formación importantes.

Recomendación 12. Conformar la carrera de investigador en instituciones públicas de CTI, que incluya una categoría para técnicos de apoyo, con todas sus especificidades salariales y de avances en la carrera por evaluación de productividad, dentro del sistema nacional de la Función Pública.

- m) Inversión de los ministerios y otras entidades públicas en investigación científica. La posibilidad de aumentar la asignación de presupuestos del Estado para investigación científica se ve dificultada por la crónica falta de recursos (que no va a cambiar en los próximos años). La mayoría de los ministerios tienen la necesidad de llevar a cabo investigaciones serias en su campo, algunos las hacen esporádicamente, otros esperan que sean financiadas por recursos diferentes a los propios, y que posiblemente no existen, o que restarían al financiamiento de otros temas también importantes. Los ministerios pueden entenderse como grandes empresas con objetivos complejos. En cualquier lugar, una empresa de esa característica está destinada al fracaso si no dedica una parte de su presupuesto de inversión a la investigación. Posiblemente no sería demasiado gravoso estipular que un porcentaje del presupuesto de inversión en forma obligatoria se dedique a resolver problemas de los ministerios y otras entidades, que requieren un aumento en el conocimiento. Ocurre con frecuencia que un desarrollo tecnológico se deba presentar como una compra de equipo con las dificultades que eso conlleva. Esta asignación no implicaría más que un porcentaje pequeño del presupuesto y con la coordinación del ministerio CTI se podría

potenciar seriamente al sumarse al de otros que tengan problemas similares o complementarios. La Ley 29 de 1990 en sus artículos 4 y 7 le da herramientas al Minciencias para actuar en esa dirección.

Recomendación 13. Establecer por norma la obligatoriedad de que un porcentaje del presupuesto de inversión de los ministerios y otras entidades públicas sea dedicado a investigación científica.

Recomendación 14 Revisar los indicadores utilizados por Colciencias, el Observatorio de Ciencia y Tecnología y otras entidades para adaptarlos a la realidad nacional y a los cambios del mundo moderno.

cin

Reflexiones y propuestas de reformas de los focos de la Misión

Reflexiones y propuestas de reformas del Foco de Bioeconomía, Biotecnología y Medio Ambiente

Principales conclusiones y recomendaciones del foco de Biotecnología, Bioeconomía y Medio Ambiente (BBMA):

- a) La bioeconomía constituye el marco conceptual y político, así como el soporte del desarrollo socioeconómico sostenible de Colombia con enfoque territorial, mediante el uso de las biotecnologías que agreguen alto valor a la extraordinaria biodiversidad del país.
- b) Los pilares fundamentales de la gestión ambiental y el desarrollo de la bioeconomía son el conocimiento científico para la implementación de los ODS, el enfoque territorial, la conservación de la biodiversidad y el uso sostenible de los ecosistemas.
- c) La biotecnología es la herramienta fundamental para descubrir, conocer y desarrollar una extraordinaria gama de procesos, bioproductos e innovaciones; también, para potenciar la productividad y la eficiencia de la agricultura, la bioenergía, garantizar la seguridad nutricional de los colombianos y resolver problemas ambientales, en salud e industriales.
- d) El cambio climático, la destrucción y degradación de los ecosistemas son la razón principal de la pérdida de la biodiversidad, así como una amenaza para el desarrollo y la calidad de vida, por tanto

es necesario promover la CTI con el fin de entender las causas y consecuencias, y proponer las soluciones a estos retos.

- e) La inversión en CTI debe incrementarse en los temas de BBMA, con énfasis en el apoyo a los institutos de investigación del Sistema Nacional Ambiental, los grupos de investigación en las universidades, los centros de investigación públicos y privados nacionales y regionales.
- f) La búsqueda de soluciones a los problemas ambientales de Colombia requiere el establecimiento de Programas de Investigación específicos orientados en temas tan relevantes como el agua, los bosques y la reducción de la deforestación.

Contexto

Para el foco de Bioeconomía, Biotecnología y Medio Ambiente (BBMA) el desarrollo de la Bioeconomía debe ser la política pública clave para el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), así como para el logro del desarrollo integral sostenible e inclusivo de las distintas regiones del país y para el bienestar de sus comunidades. Este enfoque incluye no solo el uso sostenible de los recursos naturales de Colombia, sino que también requiere del conocimiento de la biodiversidad para la conservación y restauración de los ecosistemas del país, y la implementación de sistemas productivos sostenibles de base biotecnológica mediante procesos en cascada que maximicen las potencialidades de la biodiversidad.

El foco BBMA considera la bioeconomía como “la producción, utilización y conservación de recursos biológicos, incluyendo los conocimientos, la ciencia, la tecnología y la innovación relacionados, para proporcionar información, productos, procesos y servicios en todos los sectores económicos, con el propósito de avanzar hacia una economía sostenible” (GBS, 2018). Como política de Estado, esta estrategia proporciona el mecanismo requerido para aprovechar todos los recursos naturales disponibles mediante la incorporación del conocimiento y la innovación en el mundo productivo, como acelerador del desarrollo territorial en el país. Este enfoque engloba

por tanto el medio ambiente y las soluciones basadas en la naturaleza, cuya principal herramienta es la biotecnología (uso de organismos, procesos o sistemas biológicos para la obtención de bienes y servicios).

La adopción del marco de la bioeconomía es estratégico y oportuno para integrar los objetivos de sostenibilidad ambiental y bienestar humano, fundamentados y guiados por avances del conocimiento científico y la tecnología. La bioeconomía constituye un modelo de desarrollo socioeconómico y productivo que reduce la dependencia de los combustibles fósiles y promueve la producción mediante el uso del conocimiento sobre los recursos, procesos y principios biológicos en todos los sectores de la economía: agricultura y bioinsumos, alimentos, fibras, nuevos materiales y compuestos, farmacología y productos para la salud, cosméticos, bioproductos industriales y bioplásticos, productos basados en la biomimética, la bioingeniería y la bioenergía entre otros.

La bioeconomía requiere un cambio transformativo acelerado que combine los avances de las ciencias ambientales, biológicas, químicas, físicas y digitales (World Economic Forum, 2018), mediante seis vías de acción: (1) aprovechamiento, valoración y conservación sostenible de los recursos de la biodiversidad; (2) ecointensificación para la agricultura sostenible; (3) aplicaciones biotecnológicas (productos y procesos); (4) servicios ecosistémicos; (5) eficiencia en las cadenas de valor; y (6) biorrefinerías y bioproductos. Para lograr este cambio, es fundamental garantizar la articulación entre las instituciones estatales, el sistema de CTI, el Gobierno, la industria y la sociedad civil.

Paralelamente, el enfoque bioeconómico mejorará la calidad del medio ambiente y fomentará el bienestar de la población, lo que otorga un valor social añadido al conocimiento. El fundamento de este enfoque integral para el aprovechamiento y la gestión sostenible de los recursos naturales es la profunda comprensión de la dinámica espaciotemporal de los ecosistemas y organismos vivos del país (incluidos los sistemas sociales) y sus interacciones. Dicho conocimiento debe constituir la base de un proceso científicamente informado de toma de decisiones y definición de políticas públicas que permita la sostenibilidad social, ambiental y económica en Colombia.

Alcance

El capital natural de Colombia, con su inmensa biodiversidad, constituye el principal activo y la más extraordinaria riqueza presente y futura del país. En consecuencia, es esencial fortalecer la investigación científica y la innovación para mejorar el conocimiento de este capital natural y utilizarlo en la restauración, conservación y uso sostenible. Como tal, la piedra angular del grupo BBMA es por tanto mantener la salud, la diversidad y los servicios de los ecosistemas, y de soporte a la vida, al tiempo que se garantiza su sostenibilidad. La investigación científica que se requiere para desarrollar el cambio productivo dentro de la bioeconomía involucra un amplio conjunto de ciencias fundamentales (hidrología, climatología, oceanografía, meteorología, biogeoquímica, geomorfología, pedología, ciencias del sistema terrestre, ecología, biología, genética, física, química, bioingeniería, matemáticas, probabilidad y procesos estocásticos e informática), ciencias socioeconómicas, así como un amplio rango de ingenierías y herramientas de investigación que incluyen las tecnologíasómicas (secuenciación de ADN y ARN, proteómica, metabolómica, etc.), *big data*, inteligencia artificial, *machine learning*, *deep learning*, internet de las cosas, informática, robótica, nanotecnología y biología sintética entre otras.

El enfoque interdisciplinario implica una agenda de investigación científica que incluye: (1) seguimiento, recopilación, almacenamiento y control de calidad de datos, además de inventarios y colecciones de los recursos naturales; (2) diagnóstico y comprensión de los mecanismos, procesos y cadenas de causalidad, así como sus retroalimentaciones; (3) capacidad de predicción/pronóstico y diseño de nuevos procesos y productos; (4) herramientas, modelos, y capacidad de cooperación en ciencia y tecnología para transformar los conocimientos básicos en procesos productivos; (5) proyectos piloto; y (6) interacción y articulación con la empresa privada y las agencias del Estado en el tema para incorporar los conocimientos a los sistemas productivos sostenibles.

Regionalización

Por su misma definición, el desarrollo de la bioeconomía exige el conocimiento del medio geofísico y de la biodiversidad que este soporta a escalas regionales y locales. Ello demanda el apoyo decidido mediante la financiación de programas de investigación científica, de desarrollo tecnológico y de innovación en las distintas regiones y territorios de Colombia por parte de los gobiernos nacionales, departamentales y municipales. Además, se deberán involucrar activamente la academia, el sector privado y la sociedad. Un mecanismo de cooperación eficaz sería la puesta en marcha de comités academia-empresa-Estado-sociedad para ayudar a definir la agenda de CTI en las distintas regiones del país.

Internacionalización

La ciencia, tecnología e innovación no tienen fronteras. Por ello es necesario avanzar en la participación activa de Colombia en redes y grupos de investigación científica de punta en el mundo, dada la complejidad y la naturaleza global de los problemas ambientales. Es fundamental el establecimiento y fortalecimiento de convenios de cooperación internacional entre Colombia y otros países, con centros de investigación y laboratorios de primer nivel en el mundo. Esto fomentará la transferencia de conocimiento otorgándole un valor añadido: la discusión científica entre pares y la potenciación de los resultados de las investigaciones, además de afianzar el desarrollo tecnológico y la innovación en los temas de BBMA. También, se abren posibilidades para Colombia en la investigación de adaptación de productos nuevos o herramientas o procesos desarrollados para países del norte, y adaptarlos a las condiciones y demandas del trópico con el potencial de exportación a otros países tropicales.

Propuestas y acciones

Adoptar los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la ONU como marco para la Misión y establecer una agenda en Bioeconomía, Biotecnología y Medio Ambiente

Trascendencia de la propuesta: asegurar la incorporación de los ODS a la agenda de investigación de Colombia es un compromiso ineludible y urgente para la conservación de la biodiversidad, la gestión del medio ambiente y el desarrollo sostenible. Esta acción promoverá el desarrollo en el contexto de la bioeconomía. El apoyo a las energías renovables, con estrategias de valorización de la biomasa en sistemas en cascada y a la investigación fundamental que le da soporte, constituyen un elemento para la mitigación del cambio climático y, particularmente, la deforestación y la reducción de la biodiversidad colombiana en todas sus formas y hábitats.

Objetivos: establecer agendas de investigación orientada por misiones, combinada con investigación fundamental sobre los recursos naturales.

Mecanismos para lograr los objetivos: para conseguir lo anterior se hace necesario: i) Fortalecer el conocimiento del funcionamiento de los ecosistemas colombianos y sus componentes, la biodiversidad, con el fin de establecer herramientas de prevención y de acción para mitigar el cambio global y ii) Definir prioridades regionalizadas a partir del conocimiento de los hábitats clave de las diferentes regiones para su desarrollo sostenible. Además, se hace imprescindible definir la agenda de investigación (hoja de ruta de políticas y tecnologías) del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación y, particularmente, generar estrategias de financiación estables y sostenibles a través del Fondo Caldas para favorecer la investigación traslacional en los temas trascendentales para Colombia, específicamente en los temas de BBMA (ODS + Bioeconomía, Biotecnología y Medio Ambiente).

Relación con los otros focos disciplinares: la orientación fundamental de la investigación, basada tanto en curiosidad como en misiones, es de interés de todos los focos.

Financiación

a. Incentivos para la inversión del sector privado en bioeconomía, biotecnología y medio ambiente

Trascendencia de la propuesta: el fortalecimiento de la investigación en las áreas de importancia capital para Colombia como son las biotecnologías y el medio ambiente.

Objetivos: establecer incentivos claros y atractivos para la inversión del sector privado en bioeconomía, y en proyectos de conservación y restauración ambiental.

Mecanismos para lograr los objetivos: bonos verdes, exenciones tributarias, bonos de innovación, apoyo y asesoría para emprendimientos (*spin offs* y *start-ups*), facilidad para trabajar en plantas piloto y plantas demostrativas; lo cual puede ser llevado a cabo en centros siguiendo el modelo de los institutos Fraunhofer, de tal manera que pequeñas empresas puedan socializar los riesgos de las inversiones necesarias para determinar si el proceso funciona.

Relacionamiento con los otros focos disciplinares: iniciativa de interés de los focos de Tecnologías Convergentes, de Océanos y Recursos Hidrobiológicos, y de Ciencias Básicas por el conocimiento que se obtenga sobre el tema.

b. Destinar un porcentaje del costo de proyectos con licencias ambientales a temas ambientales regionales o utilizar mecanismos como los previstos por las Regiones Autónomas de Planificación (RAP) para proyectos de interés regional.

Trascendencia de la propuesta: fortalecimiento de la toma de decisiones informadas y basadas en la evidencia científica de la investigación en temas ambientales.

Objetivos: destinar un porcentaje del costo de proyectos que requieran licencias ambientales a la financiación de proyectos y programas de investigación ambiental en las regiones.

Mecanismos para lograr los objetivos: tramitación de leyes en el Congreso y ordenanzas en las asambleas y concejos municipales.

Relación con los otros focos disciplinares: esta iniciativa también es de interés del foco de Océanos y Recursos Hidrobiológicos y el de Ciencias Básicas.

Regulación

Trascendencia de la propuesta: la promoción de la investigación sobre la biodiversidad y los ecosistemas.

Objetivos: revisión y ajuste de las regulaciones relacionadas con el conocimiento de los ecosistemas, la biodiversidad, su conservación y su aprovechamiento: seguimiento, recolección, acceso a recursos genéticos y productos derivados.

Mecanismos para lograr los objetivos: ajuste de los decretos de recolección de material biológico y de los contratos de acceso a recursos genéticos y productos derivados (propuesta en documentos anexos de focos y su uso). De manera ideal, los investigadores tendrían un solo punto de entrada al sistema y a todos los requerimientos que necesitan para una investigación en particular.

Relación con los otros focos disciplinares: iniciativa de interés de todos los focos que estudien y aprovechen de manera sostenible la biodiversidad colombiana.

Regionalización

Trascendencia de la propuesta: fortalecimiento de la capacidad regional para una bioeconomía orientada por el conocimiento a través de la investigación en biotecnología y medio ambiente.

Objetivos: definir las prioridades de investigación regionales en temas de medio ambiente y biotecnología de acuerdo con sus capacidades y necesidades para ser integradas en las prioridades nacionales de CTI.

Mecanismos para lograr los objetivos: definición de la estructura del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación y, particularmente, de la agencia de financiación que gestionará el Fondo Caldas para favorecer el avance de la investigación en temas futuros y traslacionales para Colombia (biotecnología y medio ambiente) en las regiones (mecanismo RAP).

Relación con los otros focos disciplinares: iniciativa de interés de los focos de Océanos y Recursos Hidrobiológicos y de Ciencias Básicas.

Institucionalidad y gobernanza

a. Fortalecimiento de los institutos SINA, los Jardines Botánicos y las Colecciones Biológicas

Trascendencia de la propuesta: fortalecimiento de las capacidades del sistema para la investigación y la conservación *ex situ* de la biodiversidad. Esta acción es fundamental para la mejora del trabajo de investigación sobre ecosistemas, los sistemas de soporte a la vida (agua, aire, suelo, bosques, biomas), la biodiversidad y su preservación y la apropiación social.

Objetivos: fortalecer el trabajo de investigación de los institutos de investigación del Sistema Nacional Ambiental (SINA), de los jardines botánicos y la gestión de las colecciones biológicas con fines de conservación *ex situ*

y conocimiento de la biodiversidad utilizando las herramientas biológicas e informáticas avanzadas.

Mecanismos para lograr los objetivos: asignación presupuestaria suficiente para la creación de una estructura de investigación de punta con investigadores con grado de Ph.D., laboratorios, herramientas de seguimiento y altas capacidades computacionales. Se considera fundamental la colaboración entre universidades y centros de investigación del país, así como la firma de convenios internacionales con países e instituciones de investigación de punta en estos temas. P. ej. instituto centralizado de ómicas con dependencias descentralizadas

Relación con los otros focos disciplinares: esta iniciativa es de interés de los focos de Océanos y Recursos Hidrobiológicos, Ciencias Básicas, Industrias Creativas y Culturales, y Ciencias Sociales, Desarrollo Humano y Equidad.

Actores institucionales: el foco de BBMA propone la participación de una o varias de las instituciones y sus metas

Institutos de Investigación

- Participar en la elaboración de agendas de investigación para las misiones emblemáticas propuestas.
- Establecer alianzas con las universidades para la formación de investigadores.
- Crear y fortalecer bases de datos (biológicos y ambientales) disponibles de manera abierta y en tiempo real.
- Establecer alianzas con centros de investigación en Colombia y otros países para promover agendas de alcance regional y global.
- Promover programas de ciencia ciudadana para el estudio de la biodiversidad y el medio ambiente, estimulando así la conciencia pública y el avance hacia una “sociedad del conocimiento”.

- Involucrar el conocimiento ancestral de comunidades tradicionales sobre temas medioambientales en los programas de investigación y promover el diálogo de saberes.
- Crear una red de oficinas de transferencia tecnológica eficientes y oportunas ligadas a los centros de investigación y las universidades.
- Establecer laboratorios robustos y sistemas de instrumentación y de monitoreo de ecosistemas en las regiones (regiones, gradientes, biomas).

Colegios y centros educativos

- Incluir la dimensión ambiental y los ODS en cursos de formación de estudiantes desde la primera infancia.
- Capacitar maestros en temas de medio ambiente, ciencia y tecnología.
- Participar en programas de ciencia ciudadana para el estudio de la biodiversidad y el medio ambiente, y para tomar acciones (p. ej. colecciones, plantaciones, restauración de bosques, etc.).
- Involucrar el conocimiento ancestral de comunidades tradicionales sobre temas medioambientales en los currículos educativos de la educación básica primaria y secundaria.
- Fortalecer programas de educación sobre conocimiento, conservación y aprovechamiento sostenible de RRNN que inicien desde la primaria, la secundaria y la educación superior. Actualizar e incorporar las tecnologías de información, imaginería satelital, cursos universitarios *on-line* (MIT, Harvard, iDiv, etc.) para fortalecer los contenidos curriculares en ciencias ambientales.

Universidades

- Implementar programas de posgrado en ciencias ambientales y en general programas de educación sobre conocimiento, conservación y aprovechamiento sostenible de RRNN y de los sistemas de soporte a la vida.
- Involucrar el concepto de la bioeconomía en el contexto del proceso educativo, con profesionales docentes entrenados y calificados en

temas como: biotecnología, ingeniería, economía, bionegocios, legislación ambiental, entre otros. Cursos en gestión de bioeconomía.

- Potenciar un programa mixto de doctorado universidad/empresa y facilitar la incorporación de doctores en las plantillas.
- Fomentar la creación de programas de maestría y doctorado en comunicación de la ciencia para facilitar la transferencia de conocimiento desde los investigadores a los tomadores de decisión y a la sociedad.
- Apoyar la adquisición de sistemas de cómputo de alta capacidad (modelación y pronóstico de procesos ecológicos, hidrológicos y climáticos).

Empresas del sector privado

- Participar en la elaboración de agendas de investigación para las misiones emblemáticas propuestas.
- Identificar y apoyar proyectos de CTI para el desarrollo de las misiones propuestas.
- Establecer programas de pasantías para estudiantes de pregrado y posgrado en universidades. Enviar personal a las universidades o centros de investigación para cursos de entrenamiento en tecnologías de punta (educación para toda la vida).
- Apoyar la divulgación de la importancia de la biodiversidad y el medio ambiente para Colombia.

Como parte de las tareas del foco de BBMA se llevaron a cabo seis talleres regionales con el propósito de identificar oportunidades y barreras, y generar propuestas y recomendaciones. Los talleres se realizaron en Quibdó (22 de abril), Villavicencio (13 de mayo), Pereira (24 de mayo), Bogotá (5 de junio), Tibaitatá – Bogotá (27 de junio) y Leticia – Amazonas (16 de agosto). En los talleres participaron representantes de entidades gubernamentales del orden nacional, departamental y municipal, instituciones académicas públicas y privadas, asociaciones campesinas, comunidades indígenas, gremios, empresas y empresarios, y representantes de la sociedad civil. Allí se discutieron una amplia gama de temas relevantes con el

propósito de generar propuestas para la construcción de una política de ciencia, tecnología e innovación en BBMA. En el documento central del foco de BBMA se sintetizan los resultados de los talleres regionales.

Los integrantes del foco de BBMA agradecen la colaboración de los siguientes estudiantes de la Universidad de los Andes en la preparación de la síntesis de los talleres: Wilmar Camilo Fonseca González, Laura Vanesa Rodríguez Arcila, Catalina María Bernal Murcia, Laura Bibiana Zuluaga Pineda, Lina María Rubiano Arias, Édgar Francisco Otálora Bohórquez y Martín Ramírez.

Referencias

- Global Bioeconomy Summit (GBS). (2018). Communiqué. Global Bioeconomy Summit 2018 - Innovation in the Global Bioeconomy for Sustainable and Inclusive Transformation and Wellbeing. Recuperado de http://gbs2018.com/fileadmin/gbs2018/Downloads/GBS_2018_Communique.pdf
- Organization for Economic Cooperation and Development (OECD). (2009): The Bioeconomy to 2030: Designing a Policy Agenda, Main Findings; Organization for Economic Cooperation and Development: Paris, France.
- World Economic Forum. (2018). Harnessing the Fourth Industrial Revolution for Life on Land: Towards an Inclusive Bio-Economy. Fourth Industrial Revolution for the Earth Series. Recuperado de http://www3.weforum.org/docs/WEF_Harnessing_4IR_Life_on_Land.pdf.

Reflexiones y propuestas de reformas del Foco de Ciencias Básicas y del Espacio

Contexto y alcances

La ciencia básica es fundamental en el proceso de construcción del conocimiento científico, y también en su aplicación para el desarrollo de tecnologías e innovaciones. Hoy son impensables las ciencias aplicadas, incluso las sociales, sin teorías fundamentales derivadas de las ciencias básicas que las soporten. La naturaleza se expresa en el idioma de las ciencias básicas y las matemáticas, y nuestra relación con ella depende de la capacidad que tengamos para entenderla. El conocimiento genera en las sociedades una capacidad de respuesta a problemas que se van a presentar, pero que posiblemente aún no imaginamos. Las sociedades que más éxito han tenido solucionando sus problemas son las que han desarrollado una alta capacidad para generar conocimiento básico fundamental. Los ciudadanos y gobernantes ilustrados en ciencia toman generalmente decisiones informadas y aciertan más.

Sin embargo, mucha gente en Colombia aún se pregunta si un país no desarrollado como este, con tantas necesidades apremiantes insatisfechas, puede darse el lujo de invertir esfuerzos y recursos aparentemente no dirigidos a resolver alguna de esas carencias desatendidas. Con este cuestionamiento en mente, decidimos iniciar nuestra tarea en la Misión escribiendo una declaración en la que argumentamos por qué para Colombia es importante desarrollar y fortalecer sus capacidades en las ciencias básicas. Luego, continuando con nuestro trabajo en la Misión, recogimos en forma amplia, a través de dos encuestas y consultas en foros y reuniones de distinta índole, la opinión y las expectativas de los colombianos para el desarrollo de las ciencias básicas. Intercambiamos ideas con empresarios

interesados en la investigación y la innovación en dos foros y con rectores de universidades, investigadores de centros autónomos, miembros de la fuerza aérea que pusieron en órbita el satélite colombiano, una astronauta de la Nasa y numerosos académicos de diversas ciudades y regiones del país.

Con estos insumos, con la experiencia de los miembros del foco y analizando múltiples documentos que muestran nuestra realidad en ciencia, tecnología e innovación (CTI) en el marco nacional y global, definimos problemas y oportunidades de las ciencias básicas y del espacio en el país, y aquellos caminos que debemos recorrer para conseguir desarrollo económico, cultural y social basado en el conocimiento. Planteamos políticas de Estado que impulsen al país hacia una ruta acelerada de desarrollo que marque el comienzo de la solución a enormes problemas de inequidad y carencias de todo tipo que hoy sufrimos.

Estado del campo de las ciencias básicas en Colombia

En Colombia las capacidades para desarrollar investigación y la producción científica en ciencias básicas²⁰ se concentran solo en cuatro regiones: Distrito Capital, región del Eje Cafetero, región Pacífico y región Caribe, con Bogotá, Antioquia, Valle del Cauca y Atlántico albergando a la inmensa mayoría de los grupos e instituciones que hacen ciencia. Los Grupos de investigación de estas regiones (clasificados y reconocidos) son 778. De ellos 247 en Bogotá, 123 en Antioquia, 65 en el Valle del Cauca y 28 en el Atlántico. Los investigadores que trabajan en este campo de estudio son en total 2467 clasificados. Investigadores eméritos son 38, investigadores senior 498, investigadores asociados 541, e investigadores junior 1390. La producción científica en el período de 2008 a 2017 (de acuerdo con los servicios de indexación de Scopus²¹ en el área de ciencias naturales y exactas – OCDE) muestra una tendencia de ascenso, de 2656 artículos y 3487 documentos en 2008, a 8651 artículos y 11.130 documentos en 2017.

20 Plataforma Scienti, convocatoria 781 de 2017.

21 Análisis bibliométrico de la producción científica colombiana 2003-2015, capítulo 4, Scimago.

Los temas de estas publicaciones estuvieron enfocados principalmente en ciencias de la tierra y medio ambiente, ciencias biológicas, matemáticas, computación y ciencias de la información, ciencias químicas, ciencias físicas y ciencias multidisciplinarias.

Propuestas y convocatorias

Teniendo en cuenta las consideraciones anteriores, analizando nuestras fortalezas, debilidades y potencialidades, y las necesidades del país llegamos a las propuestas que se exponen a continuación y que cubren diferentes temas que consideramos críticos para la nación.

1. Propuestas en educación

El primer tema que abordamos y que es transversal a toda la Misión fue la educación. Sin acciones decididas que cambien el rumbo de la educación en el país el impacto de la ciencia será menor. Las disciplinas en las que se concentra este foco de la Misión serán siempre necesarias, independientemente del marco profesional en el que se apliquen. No habrá una nueva ciencia que no use las matemáticas ni surgirán tecnologías que no dependan de la física, química, biología, o de ciencias de la tierra, la atmósfera y el espacio.

Estas ciencias deben estar presentes desde la educación en la primera infancia y a lo largo del proceso formativo, es importante también en la educación continua en el transcurso de la vida, y en la formación de criterios y capacidades de decisión en la sociedad amplia. Las propuestas en educación están organizadas en cinco grupos, medidas para: a) impactar en la calidad de los maestros; b) para generar impactos mutuos entre la educación y la investigación; c) para incidir en la calidad de la educación; d) para promover la equidad en el acceso a la educación, y e) para promover el impacto de la educación en ciencias en la sociedad en general.

Los dos primeros grupos de medidas están acogidos en la parte general de este documento, sección 3 y se refieren a cómo incidir en la calidad de la formación de los maestros y a cómo generar impactos mutuos entre la educación y la investigación. Estos problemas definen en buena medida

la calidad final de la educación, particularmente la de la educación rural, en la que a veces una escuela cuenta apenas con uno o dos maestros; caso en el que sus limitaciones (si las tienen) afectan la formación de todos los niños de la comunidad por mucho tiempo. Así mismo, se plantea promover la interconexión entre la investigación y la educación en ciencias.

El tercer grupo de recomendaciones se refiere a la formulación de medidas para generar impacto en la calidad de la educación en ciencias, por ejemplo la construcción de instrumentos (como comités asesores conjuntos) para armonizar las iniciativas de los Ministerios de Educación y de Ciencia, Tecnología e Innovación; la construcción de redes de educadores y de instituciones educativas; la creación de un consejo o comité para la conciliación de los currículos de ciencia en los niveles de preescolar, básico, medio, secundario y superior; el establecimiento de programas bien financiados y de largo término para promover la cooperación y la movilidad nacional e internacional de profesores y estudiantes; el diseño de planes y objetivos educativos diferenciados según niveles —para educación básica: desarrollar curiosidad sobre la naturaleza y la tecnología, y para la secundaria: generar una visión científica del mundo y unas capacidades complejas de raciocinio—.

El cuarto grupo de propuestas en educación se refiere a medidas que buscan promover la equidad en el acceso. Los objetivos de la ciencia para lograr un mayor desarrollo social, económico y cultural y los de la educación que aspira a formar ciudadanos morales y felices, no son posibles sin una política decidida para promover el acceso igualitario a la educación en todos sus niveles. Tales razones llevaron a este foco a proponer que se haga explícito un programa —también en el presupuesto de la Nación— para abordar los problemas de disparidad regional en educación en matemáticas, ciencias naturales, manejo de una segunda lengua, sistemas y nuevas tecnologías. Se propone en forma particular robustecer a la educación pública, financieramente y en otras condiciones que definen su potencial de crecimiento. Se plantea la necesidad de fortalecer el sistema de acompañamiento a los estudiantes, y para estudiantes con pocos recursos la financiación de su sostenibilidad por parte del Estado y las regiones. Adicionalmente, se plantea la necesidad de convocar a las universidades a

considerar un cambio en los sistemas de admisiones de las instituciones de educación superior para compensar desigualdades que vienen desde la educación previa. Se convoca a la sociedad y al Gobierno a abrir la discusión sobre la conveniencia y la posibilidad de establecer acciones afirmativas que compensen inequidades étnicas, de género y regionales.

En nuestro quinto grupo de propuestas en educación consideramos las medidas necesarias para promover el impacto de la educación en ciencias en la sociedad en general. Estimamos que es necesaria la creación de nuevos centros e institutos de investigación que se acrediten para desarrollar tesis de doctorado y maestría. Se propone que algunos de estos centros investiguen problemas y estén orientados por misiones y no solo por disciplinas como sucede generalmente. Se plantea la necesidad de tener un programa de apoyo financiero continuo para los centros autónomos de excelencia, que viven, trabajan, sobreviven y tienen éxitos en Colombia casi de milagro. Se sugiere construir un plan de retorno para doctores colombianos en el exterior y extenderlo también a extranjeros que quieran vincularse a instituciones colombianas. Se señala la importancia de promover las relaciones empresa-universidad-Estado-sociedad, tanto con aporte económico directo como con pasantías de estudiantes en las empresas y con la disponibilidad de capitales de riesgo para apoyar iniciativas provenientes de esas interacciones; será indispensable además estudiar las normas actuales de administración pública que tratan al riesgo como delito.

De igual manera, se propone establecer un proyecto que promueva la difusión de trabajos científicos desarrollados en el país, en colegios y entre el público en general. Se plantea la necesidad de adelantar programas de educación general para el público, de cátedras de ciencia y de estadística para facultades de periodismo y comunicación social, y de mantener un sistema de educación continua en ciencia para periodistas activos. Se enfatiza la importancia de contar con planetarios y museos en las regiones del país que no los tienen. Finalmente, hay que desarrollar estrategias educativas para imprimir una dimensión ética y ciudadana a la educación, mediante seminarios itinerantes, publicaciones científicas, filosóficas y literarias y creaciones artísticas, con apoyo de universidades, investigadores y escuelas de periodismo y comunicación social.

2. Propuestas generales en diferentes áreas

A continuación presentamos brevemente y sin argumentación (esta se encuentra en documentos ampliados del foco), propuestas generales de largo término y proyectos específicos más inmediatos.

Entre las propuestas generales y de largo término resaltamos la necesidad de una financiación sostenida y creciente de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación (CTI) por parte del Estado (sin restar la importancia de aportes de otros sectores). Resaltamos la construcción del nuevo ministerio configurando sólidamente el sistema de CTI y en él la creación de dos figuras utilizadas en el mundo para generar un impacto positivo de la ciencia en las decisiones políticas: la de asesor presidencial de alto nivel (*Chief Scientific Officer*) y la de un comité asesor permanente de asuntos científicos para el Congreso.

En este marco es indispensable desarrollar y fortalecer la institucionalidad regional de CTI. Planteamos propuestas para reestructurar normas administrativas que entorpecen el manejo de actividades de CTI. Nos parece importante ampliar la capacidad investigativa estratégica con centros e institutos disciplinares y transdisciplinares y con un programa nacional para la renovación de equipos de laboratorio robustos. Colombia debe crear interfaces de trabajo entre la universidad y la empresa como los llamados “institutos de investigación sectorial por demanda”, los cuales tendrían a su cargo la generación del conocimiento científico y tecnológico, y la innovación de productos y procesos que necesitan las empresas para mejorar su productividad y competitividad. Planteamos la necesidad de crear la Agencia Colombiana del Espacio y, finalmente, consideramos que daría una fuerte señal de compromiso al país y una garantía de continuidad en el tiempo, que el Gobierno decidiera presentar para su aprobación ante el Congreso un proyecto de “Ley de la Misión” que contemplara algunos de estos puntos críticos y que requieren cambios normativos.

Un segundo grupo de propuestas con un nivel menor de generalidad contempla la existencia formal de un programa de ciencias básicas y del espacio en la estructuración del sistema nacional de CTI; la consolidación de un programa de diplomacia científica; el mantenimiento de un programa amplio y permanente de becas doctorales, así como uno de movilidad y

cooperación nacional e internacional. Se propone también un sistema que facilite nacionalmente el acceso a bases de datos bibliográficas (hoy limitadas a pocas universidades que cubren su oneroso costo) y el establecimiento de programas que apoyen a los investigadores en procesos de propiedad intelectual y de patentes.

Entre los proyectos específicos de más inmediata ejecución hemos propuesto: revisar currículos educativos que integren ciencia, sociedad, tecnología y medio ambiente; reforzar los proyectos de ciencia básica que conducen a la transición energética del país a sistemas menos contaminantes; retomar proyectos espaciales de posibles satélites y estaciones terrestres; y revisar el impacto del programa de difusión científica Ondas para su fortalecimiento y mejoramiento.

3. Propuestas relacionadas con gobernanza y con normas obsoletas e ineficientes

En prácticamente todas las consultas y foros que ha llevado a cabo la Misión Internacional de Sabios con la comunidad científica y con otros agentes de la sociedad civil, se ha señalado la normatividad inadecuada como un impedimento serio para las actividades CTI. La falta de una tradición de investigación científica en la administración pública ha llevado a una normatividad farragosa que complica y en muchos casos paraliza la ejecución de proyectos de investigación.

Se recogieron muchas de estas inquietudes y se propusieron eventuales soluciones (ver documentos anexos del foco); las de mayor importancia son las relacionadas con el régimen aplicable a la administración de proyectos y programas científicos, el periodo presupuestal y los procesos para presentación de proyectos y términos de las convocatorias.

De particular importancia son las observaciones sobre normatividad en el estudio y uso de organismos vivos, en el sentido de que no sean necesarios los contratos de acceso a recursos genéticos y productos derivados de la biodiversidad para las investigaciones de ciencia básica sin fines comerciales. Adicionalmente, simplificación para movilizar y exportar material biológico si se llegaren a necesitar servicios técnicos de análisis, solo con informe al MADS y la radicación del oficio. Se señalaron las trabas

en importación de reactivos, equipos e insumos para la investigación, la necesidad de un régimen de asociación público privado y de un estatuto especial para el investigador funcionario de un organismo gubernamental no universitario.

Relación con otros focos

El foco de Ciencias Básicas y del Espacio estará presente en prácticamente todas las propuestas de investigación por misiones y proyectos emblemáticos que se presenten. Es difícil imaginar, por ejemplo, propuestas biotecnológicas y de bioeconomía sin el soporte de la biología molecular y la genética, de propuestas de energía y de industrias convergentes sin hacer partícipes a la física, la química y la geología o de ciencias marinas sin química, biología y ciencias de la tierra y de la atmósfera.

Así, no es de extrañar que muchas de las propuestas de este foco coinciden con las de los otros. Eso refuerza su importancia y relevancia. Se comparten también las inquietudes en normas que interfieren con la ejecución de proyectos, como aquellas que problematizan el acceso a recursos genéticos y productos derivados, y que solo se han resuelto para algunas de las áreas básicas sin fines comerciales.

Proyecto específico de fortalecimiento de áreas en las que el país no tiene desarrollo

El profesor Serge Haroche, Premio Nobel en Física y miembro internacional de la Misión, ha presentado la propuesta de un programa en el que podrían participar varios de los focos y dirigido especialmente a crear focos de excelencia en áreas de la ciencia en las que somos débiles, pero que serán fundamentales para el futuro desarrollo del país. Muy brevemente, en palabras del profesor Haroche:

En todos los países de excelencia científica se insta a jóvenes estudiantes en alguna etapa de su vida a visitar otras universidades en su país o en el extranjero para ampliar su experiencia, exponerse a otras formas de hacer ciencia y fomentar su creatividad. Para los países que están enviando a

sus mentes brillantes al extranjero, estos programas son rentables solo si ellos regresan a casa y finalmente contribuyen localmente al desarrollo de la ciencia y la educación. En Colombia, muchos de los científicos de excelencia que han sido becados en el extranjero, se han quedado en el país donde estudiaron, en lugar de regresar a casa por la falta de medios para iniciar aquí una investigación independiente y competitiva. A fin de cambiar este estado de cosas, la Misión propone la estructuración de un ambicioso programa que capacite a un grupo de estudiantes universitarios de pregrado o posgrado para que trabajen en prestigiosas universidades en el extranjero, a nivel de maestría o doctorado en áreas estratégicas para nuestro país bajo la supervisión de mentores nacionales y extranjeros. Luego de su grado, los estudiantes colombianos deben recibir ayuda para la selección de un puesto posdoctoral, ya sea en el mismo país de sus estudios o en otro diferente. Una vez terminada esta etapa, el Gobierno colombiano debe comprometerse a brindar el dinero de apoyo a la universidad o empresa colombiana que eventualmente contratará al joven científico cuando retorne al país. De esta forma este dispondrá de un empleo y de fondos iniciales adecuados para construir un laboratorio e iniciar su carrera científica. Este programa toma entre siete u ocho años, pero fue probado como altamente beneficioso para el desarrollo en países de Europa, en India, Israel, Corea del Sur y Brasil. Más detalles del programa pueden consultarse en los documentos del foco de Ciencias Básicas.

Reflexiones y propuestas de reformas del Foco de Ciencias Sociales y Desarrollo Humano con Equidad

Contexto y enfoque

El desarrollo humano no es solamente el progreso económico medido por el crecimiento del ingreso, la industrialización o la modernización social. El desarrollo humano se refiere a lo que las personas pueden ser y hacer, a las actividades en las que pueden participar y a los estados sociales que pueden darles bienestar. Amartya Sen, Premio Nobel de Economía en 1998, propuso abordar el desarrollo humano como “el proceso de expansión de las libertades que la gente realmente disfruta” (Sen, 1999). Desde esta perspectiva, el desarrollo humano debe tener en cuenta, además de las oportunidades, las circunstancias que afectan la capacidad de las personas para transformar las oportunidades en bienestar propio y de su comunidad.

Consideramos que la misión encomendada al foco de Ciencias Sociales y Desarrollo Humano con Equidad (CSDHE) es la de identificar desafíos críticos para el desarrollo humano en Colombia, que puedan abordarse desde la educación, las ciencias sociales y la innovación.

Objetivo

El foco de CSDHE hace hincapié en algunos elementos que se consideran cruciales para las propuestas enfocadas en el desarrollo humano colombiano: la equidad; el desarrollo humano y el avance en el logro de los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS); el crecimiento económico; y el bienestar individual, la ciudadanía democrática y la cohesión social (Nussbaum, 2000).

Con el propósito de contribuir a este objetivo, el foco de CSDHE propone cuatro ejes estratégicos de intervención:

- Reducción de las brechas educativas y las que afectan el acceso a la ciencia y la tecnología, instrumentos que pueden contribuir a que la equidad sociocultural y el crecimiento económico, dos componentes fundamentales del desarrollo humano, sean compatibles.
- Desarrollo de las ciencias sociales, consecuente con la magnitud de los problemas que enfrentamos a nivel nacional y global, como ámbitos de comprensión de los fenómenos sociales, políticos y culturales y de generación de innovaciones transformativas en los territorios.
- Fortalecimiento de un sistema de innovación transformativa sostenible como principal herramienta de los actores sociales para un desarrollo local desde el conocimiento.
- Fortalecimiento de un sistema nacional integral de jalonamiento de la innovación que incremente la demanda de innovación por parte de los sectores productivos.

Propuestas y convocatorias

Las propuestas de este grupo para el desarrollo de estos ejes estratégicos se centran en el fortalecimiento de individuos, organizaciones y comunidades, como agentes descentralizados y autoorganizados del sistema de conocimiento. Las propuestas parten del reconocimiento del papel fundamental que juega el Estado en la iniciación y orientación del desarrollo, al igual que en la creación de incentivos que promuevan la participación de los individuos, las organizaciones y las comunidades, teniendo en cuenta sus saberes, prácticas y aspiraciones.

Cerrar las brechas de acceso y calidad de la educación

La educación equitativa y de calidad es una de las herramientas centrales para que la sociedad colombiana logre el desarrollo humano, en ese sentido amplio que implica una expansión de las oportunidades y capacidades de las personas para que estas alcancen su bienestar. Si bien la educación en

Colombia enfrenta múltiples retos que merecen atención, proponemos enfocarnos en cuatro de ellos por considerar su importancia radical en la construcción de equidad y superación de brechas, con la conciencia de que hay que ir procesualmente, con implementaciones piloto que puedan escalarse, pero que logren metas importantes en plazos cortos:

a. Acceso y calidad en la atención integral a primera infancia

La primera infancia es una etapa crucial en el desarrollo humano. Como señala Fraser Mustard (2002, 2003), el 90 % de las conexiones neuronales en el cerebro se establecen entre la gestación y la edad de 5 años. En el caso colombiano, se enfrentan múltiples desafíos dado que el 11.7 % de los niños y niñas menores de 5 años vive en extrema pobreza (ICBF 2018), el 65 % no recibe educación inicial de carácter formal en ninguna modalidad y quienes sí lo hacen, reciben educación de baja calidad y solo el 48 % asisten a un Centro de Desarrollo Infantil.

El foco CSDHE propone potenciar el desarrollo y la implementación adecuada de la política de Estado De Cero a Siempre (Ley 1804 de 2016), a través de estrategias centradas en la familia y en la comunidad. Se plantea la creación de Centros de Investigación, Educación y Desarrollo Familiar y Comunitario, como espacios de articulación intersectorial (educación, salud, cultura, atención, ICBF) entre la academia, el Gobierno, la empresa privada y la comunidad, y entre los distintos actores sociales e institucionales que se ocupan hoy de la primera infancia, para promover la producción de conocimiento hacia una caracterización de las necesidades de la población con el fin de resolverlas con intervención innovativa, que reconozcan las buenas prácticas locales. Se iniciará con cinco pilotos en regiones con características muy diferentes y se escalonará.

b. Universalización y diversificación de la educación media

Dado que los problemas en materia de educación son tanto de diversidad como de cobertura, desde el foco de CSDHE se propone aumentar las opciones que tienen los jóvenes para acceder a la educación media de forma flexible y diversa. La manera específica en que se cree la flexibilización y la diversificación se determinará según las características y capacidades

locales, regionales y nacionales, de modo que la educación media sea de calidad, impacte lo local, fomente la innovación e impulse el aprendizaje permanente.

Para lograr este objetivo, se propone retomar y ampliar experiencias de innovación regional que articulen educación-conocimiento-desarrollo, como los centros Innovar, de tal manera que sean los encargados de brindar los estudios presenciales, semipresenciales y a distancia, como también educación vocacional, técnica, tecnológica y universitaria. Además, se deben garantizar los canales de transferencia, las TIC y las alianzas con el sector productivo para que los Innovar y sus aliados y otras experiencias puedan brindar educación de calidad para el desarrollo local y reducir la deserción. Los Innovar se desarrollarán articulados a los Centros Regionales de Investigación, Innovación y Educación.

c. Promoción de habilidades socioemocionales, competencias ciudadanas y educación en memoria histórica

El grueso de las políticas educativas alrededor del mundo se enfoca en desarrollar habilidades cognitivas, es decir, aquellas que involucran procesos mentales como razonar, aprender y memorizar. No obstante, investigación en psicología, neurociencias, educación y economía ha demostrado que las habilidades socioemocionales, incluidas las competencias ciudadanas, son cruciales no solo en sí mismas, sino también porque afectan positivamente muchos logros deseables en la vida, incluyendo el bienestar individual, el desarrollo cognitivo y el éxito laboral. El desarrollo de estas habilidades es particularmente relevante en países que han sido víctimas de conflictos armados, donde la educación en memoria histórica puede reducir las secuelas de las violencias. Algunos de estos programas harán parte de los currículos de las escuelas normales y las instituciones educativas con licenciaturas para formar a los nuevos educadores; otros programas estarán orientados a la formación continua de los maestros en servicio, agentes educativos, familias y personas de la comunidad.

d. Expansión significativa de los programas de educación de maestros

La diversificación y el acceso universal a la enseñanza secundaria, así como el acceso de calidad a la educación inicial y la necesidad de romper los ciclos de violencia desde la infancia, implican una expansión significativa de la formación de profesores basada en la nueva evidencia y en pedagogías experimentales. Para ello, el grupo CSDHE propone un sistema paralelo de formación docente, junto con la promoción de redes de profesores dispuestos a actualizar sus conocimientos, desarrollado en la siguiente doble estrategia:

- Para la formación de lo que serían los “maestros de maestros”, este grupo propone la creación del Instituto Superior de Investigación en Educación y Alta Formación de Maestros (ISIE), en el cual se adelanten programas de investigación en educación y se eduquen maestros que irrigen una cultura de investigación de calidad en todo el sistema. Sus egresados serán multiplicadores de la más estrecha relación entre investigación, innovación, fortalecimiento de redes y formación.
- Para el desarrollo permanente de las capacidades de los maestros en ejercicio, se propone la estrategia de conformar redes subregionales articuladas en los Centros Regionales de Investigación, Innovación y Educación. Estos tendrán el objetivo de proporcionar los espacios para intercambio de conocimientos entre maestros en investigación e innovación en pedagogía y didáctica.

Las ciencias sociales en el tránsito hacia la sociedad del conocimiento

Las ciencias sociales en Colombia presentan desarticulación entre la producción de conocimiento, su uso y apropiación social, su difusión y discusión con otros actores, y la formación de los investigadores que el país requiere para enfrentar sus desafíos.

Las ciencias sociales han venido cumpliendo un acompañamiento cercano al desarrollo del país y a entender y confrontar los problemas de la sociedad. Durante los años noventa, la producción de artículos y libros creció significativamente. Un estudio de entonces demostró la estrecha

correlación entre las temáticas de los proyectos de ciencias sociales financiados por Colciencias, el Instituto Colombiano de Antropología y el Fondo de Salud con el contenido de los documentos del Consejo Nacional de Política Económica y Social, Conpes (Velasco *et al.*, 2007). En las dos últimas décadas se ha observado un declive sostenido de la producción tanto de artículos como de libros. No obstante, las condiciones están dadas para que las ciencias sociales amplíen su alcance y consoliden su avance. Además de su contribución a la formación de subjetividades políticas críticas, las ciencias sociales han venido desarrollando nichos importantes de investigación. Colombia ha venido convirtiéndose en centro de interés de científicos sociales de todo el mundo interesados en los estudios de conflicto y posconflicto; una comunidad de investigadores nacionales de distintas disciplinas se ha venido conformando alrededor de esta temática. En otras áreas puntuales también se observan avances importantes.

En el camino que plantea la misión hacia una sociedad basada en la educación y el conocimiento —objetivo último este de la propuesta que la Misión le hace a las sociedad colombiana— aparece un nuevo campo de las ciencias sociales, abordable desde las distintas disciplinas y sobre todo desde la interdisciplinariedad, que es el de comprender los fenómenos personales y sociales relacionados con el conocimiento y sus flujos, y los impactos que distintas tendencias y tecnologías pueden tener en la vida de las personas y las comunidades. El enfoque crítico de las ciencias sociales es indispensable para apaciguar los riesgos que para las identidades y la privacidad de las personas, para los lazos de las comunidades y para la estabilidad y resiliencia de las sociedades nacionales plantean los cambios de paradigma tecnológico y los escenarios económicos y políticos mutantes.

La misión hace un llamado a los científicos sociales de Colombia a revertir la tendencia descendente de la investigación y las publicaciones en este campo, observada en las últimas dos décadas, a profundizar en el estudio de las secuelas de largos períodos de violencia que enfrentan muchas regiones, y a abrir nuevos campos de estudio alrededor de las transformaciones que implica la construcción de una sociedad que adopta la educación y el conocimiento como bases de su crecimiento económico y de su desarrollo.

Para la dinamización de las ciencias sociales se propone:

- a) Realizar convocatorias periódicas en educación, desarrollo humano y ODS, que involucren los grupos de investigación, los maestros y las comunidades. La historia reciente de Colombia la convierte en un laboratorio de interés universal y las comunidades de las ciencias sociales del país pueden compartir el conocimiento proveniente de sus investigaciones.
- b) Apoyar a las redes de profesores en la apropiación de conocimientos y en su participación en procesos masivos de investigación.
- c) Generar nuevos mecanismos de medición de la producción coherentes con su naturaleza, en una perspectiva de ciencia abierta, ciencia situada, ciencia transformadora.
- d) Proyectar convocatorias específicas a la formación de investigadores en ciencias sociales y apertura de espacios laborales para los investigadores en la gestación de innovaciones transformativas en las regiones.
- e) Abrir convocatorias específicas para investigar los riesgos de las tecnologías convergentes sobre la identidad y la privacidad de las personas, el medio ambiente y la vida de las comunidades.
- f) Articular los programas de responsabilidad social de las empresas, en algunos casos con el acompañamiento y las investigaciones en ciencias sociales de las universidades, de manera que se racionalicen y se haga visible su impacto.
- g) Cuando se lleva la educación técnica a las regiones, es importante contextualizarla localmente y en ello las ciencias sociales pueden cumplir un valioso papel.

Fortalecimiento de un sistema de innovación transformativa para el desarrollo local desde el conocimiento

La Misión de Sabios propone crear misiones emblemáticas relacionadas con tres grandes desafíos: Colombia bio, Colombia productiva y Colombia equitativa. Sin embargo, para desarrollar estas misiones, no es suficiente enfocarse solo en la producción de conocimiento académico. Es así como la implementación de estrategias desde las bases (*bottom-up*) es importante

para generar transformaciones acordes con los diferentes contextos regionales en Colombia. El conocimiento y las capacidades científicas son relevantes para direccionar desafíos y los ODS, sin embargo, sugerimos que estas necesitan ser integradas con el conocimiento, actores y necesidades locales para tener un mayor impacto.

Por lo tanto, proponemos complementar el enfoque de misiones con principios *bottom-up* de la innovación transformadora (Schot y Steinmueller, 2018). Esto puede ser implementado las misiones a través de experimentos (pilotos) como semillas para la transformación. Los experimentos pueden ser casos de estudio como los discutidos en este informe, liderados por la sociedad civil y pequeños productores, así como proyectos de alta tecnología liderados por empresarios, por ejemplo, la transformación digital. Para que la transformación tome lugar, es importante que los experimentos estén conectados y coordinados a través de las regiones. El nuevo Ministerio debería asumir la responsabilidad de generar estas conexiones entre proyectos de diferentes regiones, coordinando actividades, organizando el aprendizaje a través de las misiones y proyectos, y soportando el entrenamiento en el manejo de proyectos transformativos y la evaluación formativa en transformaciones. Esto puede ser desarrollado creando un programa nacional de experimentación con un fuerte enfoque regional. Aquí, el Ministerio puede trabajar con varias universidades colombianas las cuales han comenzado a explorar principios de la innovación transformadora y con el consorcio de política de innovación transformativa (TIPC) del cual el Gobierno colombiano es parte.

El país no puede crecer ni resolver sus actuales problemáticas sin una innovación que comprenda, aunque no se reduzca, al ámbito tecnológico. La innovación transformativa se plantea como complemento de la tecnológica, de manera que los contextos socioambientales se conviertan en orientadores dinámicos y estratégicos del crecimiento y la competitividad a largo plazo. Se propone una serie de intervenciones para el desarrollo humano de los ciudadanos, el crecimiento económico regional y la competitividad con base en un concepto de innovación multisectorial y multidimensional. El desarrollo de la innovación transformativa permite la articulación del conocimiento generado desde la academia, con las experiencias exitosas

y los saberes locales en respuesta a los desafíos del desarrollo regional y, por ende, del desarrollo sostenible del país. Desde esta perspectiva de la innovación, se busca contribuir al avance y logro progresivo de los ODS en Colombia.

La innovación transformativa propone tres estrategias en el marco de un Programa nacional y regional para la implementación de los ODS:

- a) Las iniciativas participativas y empoderadas de abajo hacia arriba (*bottom-up*) son definitivas para producir transformaciones en los diferentes contextos locales o regionales.
- b) La evaluación de los proyectos piloto a nivel local es parte del proceso de aprendizaje de las comunidades.
- c) El análisis de la relación entre el conocimiento científico y las necesidades sociales puede guiar al sistema de investigación científica, a la vez que contribuye a resolver las necesidades sociales recurrentes.

Sistema regional de innovación por actores sociales

A través de la innovación transformativa sostenible, se busca llegar a sistemas sociotécnicos que aborden funciones sociales y contextos socioambientales regionales, a escala de nicho, para convertirlos en directores dinámicos y estratégicos del crecimiento y la competitividad a largo plazo. Esta política debe estar encaminada por la direccionalidad y las prioridades colectivas, con múltiples vías potenciales de desarrollo y permitir un proceso continuo de aprendizaje y evaluación crítica. Esta estrategia encuentra su lugar en los Centros de investigación e innovación regional.

Innovación

El foco de CSDHE propone un sistema nacional integral de jalonamiento de la innovación que incremente la demanda de innovación por parte de los sectores productivos. Para que las ideas se desarrollen como oportunidades productivas y se conviertan en valor agregado, el sector privado debe ser capaz y debe ver su interés en innovar. Colombia necesita reequilibrar los recursos y el enfoque de sus instituciones de innovación para mejorar la competitividad del sector privado. El nuevo Ministerio de CTI deberá impulsar el cambio institucional que necesita el país para fomentar la

innovación, organizando sus esfuerzos en torno a los siguientes ejes: 1) El sector privado como objetivo central de la política de innovación; 2) Visión amplia de la innovación que tenga en cuenta las oportunidades no solo nacionales sino internacionales; 3) Garantizar la claridad de los institutos de investigación y ofrecerles apoyo con una estructura de incentivos; y 4) Asegurar la integración de los diferentes elementos del sistema. Las instituciones que buscan promover la innovación deben tener financiamiento adecuado y centrarse en la resolución de las barreras a la innovación por parte del sector privado; en la generación de investigaciones de alta calidad, tanto básica como aplicada, en universidades y grupos de expertos, y promover espacios de interfase para el emparejamiento de investigadores universitarios con las empresas.

- a) Instituciones para la innovación: integración y armonización de sistemas. Se propone generar un proceso de coordinación entre los principales actores del sistema actual, en que el nuevo Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación deberá trabajar estrechamente con los ministerios relacionados para crear una red de instituciones públicas de investigación, diseñadas de manera tal que los incentivos que se brindan, estén encaminados a producir investigación de alta calidad para la industria, no solo en desarrollo de capital físico sino también de capital humano.
- b) Incrementar la demanda de innovación por parte de sectores productivos. Desde una visión de la combinación de competitividad, educación, infraestructura, regulación y promoción comercial, se busca que Colombia pase a ser un país generador de nuevo conocimiento y nuevas prácticas productivas. Para esto, se propone una serie de políticas de entrenamiento con el fin de mejorar la calidad gerencial, desarrollar la capacidad técnica en las empresas que permita integrar y reconocer nuevas tecnologías, innovar alrededor de ellas y reequilibrar los recursos institucionales para asegurar que las empresas colombianas demanden nuevas tecnologías y desarrollen procesos de innovación que les permitan competir con una mayor autonomía.

- c) Desarrollo del Recurso Humano (DRH). Con el fin de impulsar la innovación tecnológica y la competitividad corporativa en la industria, el DRH es un componente clave. Sin embargo, el Gobierno colombiano debe fomentar la educación en DRH por medio de un sistema sociocultural que reconozca los valores del conocimiento y garantice sus beneficios. Para ello, se proponen las cuatro estrategias siguientes:
 - Establecer un sistema de estrategias de DRH a nivel nacional (Misión/Visión/Metas estratégicas), con un desarrollo proactivo de políticas gubernamentales que apoye las actividades corporativas para DRH e instituciones especializadas en la administración de DRH.
 - Propender por el fortalecimiento del sistema cooperativo entre la industria y la academia.
 - Inducir a las empresas a participar en la innovación voluntaria de DRH.
 - Contar con amplio programa de formación gerencial para la innovación junto con la universalización de la educación en desarrollo, segunda lengua y ética empresarial.

Relaciones con las propuestas de otros focos

Las propuestas del foco de Ciencias Sociales y Desarrollo Humano con Equidad se concentraron en educación y en innovación. Hay una relación estrecha y de complementariedad con las propuestas de educación de otros focos, especialmente los focos de Ciencias Básicas y del Espacio y de Tecnologías Convergentes e Industria 4.0. Las propuestas sobre políticas e instrumentos de promoción de la innovación se relacionan especialmente con Tecnologías convergentes e Industria 4.0, Bioeconomía, Biotecnología y Medio Ambiente, Energía y Océanos.

Referencias

- ICBF. (2018). Lineamiento técnico para la atención de niños, niñas y adolescentes con sus derechos inobservados, amenazados o vulnerados por causa de la violencia. Bogotá.
- Mustard, F. (2002). Early child development and the brain. The base for health, learning and behavior through life. En: *From early child development*. Editora. Young, M. Washington: Banco Mundial.
- Mustard, F. (2003). *Qué es el desarrollo infantil? Primera Infancia y Desarrollo. El desafío de la década*. Center of the Developing Child at Harvard University.
- Nussbaum, M. (2000). *Women and human development: the capabilities approach*. Cambridge New York: Cambridge University Press.
- Johan Schot, W. Edward Steinmueller, Three frames for innovation policy: R&D, systems of innovation systems, and transformative change, *Research Policy* 47 (2018), 1554-1567.
- Sen, A. (1999). "Introduction". In: *Development as freedom*. Oxford: Oxford University Press.
- Velasco, M., J. Ruiz, S. Riaga, A. M. Villa, C. Forero-Pineda (2007). El acompañamiento de las ciencias sociales a las políticas públicas y al cambio cultural. VII Congreso Iberoamericano de Indicadores de Ciencia y Tecnología, Ricyt, Sao Paulo, 23-25.

Reflexiones y propuestas de reformas del Foco de Ciencias de la Vida y de la Salud

Contexto y alcance

El gran objetivo en salud para Colombia es crear las condiciones para que todos los colombianos de todas las edades disfruten de una vida saludable y niveles óptimos de bienestar dentro de los próximos 25 años, gracias al uso sabio y generoso de la ciencia, la tecnología y la innovación (CTI) por parte de diferentes grupos de interés.

Como condición, debemos superar los niveles de inequidad, corrupción y falta de confianza. En Colombia persisten condiciones de pobreza y necesidades básicas insatisfechas que hacen de nuestro país uno de los más inequitativos del continente, lo que evita que todos los colombianos tengan niveles de salud y bienestar acordes con los principios de equidad y justicia social.

Para resolver este reto, es necesario adoptar la ciencia y la tecnología y ampliar el concepto de innovación en salud, que se entienda como un proceso de cambio, basado en el uso del mejor conocimiento disponible, para generar transformaciones de gran calado en el sistema de salud, en el bienestar y en la sociedad misma, a todo nivel.

Para el foco es necesario hacer explícitas las conceptualizaciones empleadas y guiar los esfuerzos de país:

- La salud es considerada como “la habilidad para adaptarse y auto manejar los desafíos físicos, emocionales o sociales que se presenten durante la vida” (Huber *et al*, 2011).
- El bienestar es considerado como “la habilidad para juzgar que nuestra vida va o está bien” (Sumner, 1996; Molyneux, 2007).

Estado del arte de la CTI en salud y bienestar en Colombia

En el país se encuentran experiencias de innovación que permiten la creación de salud y la promoción de niveles óptimos de bienestar para todas las personas en todas las edades. En 2018, una red integrada de servicios de salud ofrecidos por 35 organizaciones en Bogotá (Compensar), logró que el 88.6 % y el 93.1 % de sus 1.3 millones de afiliados pudieran autoreportar niveles positivos de salud y bienestar, ocupando así el primer lugar en comparación con el rendimiento de los sistemas de salud de los 36 países que son miembros de la OCDE. La confianza entre las instituciones proveedoras de servicios, los profesionales y los usuarios de estos servicios de salud fue la clave para lograr estos resultados con solo el 25 % del gasto promedio en la OCDE (USD 500 por persona anualmente. Esto es equivalente a USD 860 cuando se ajusta para lograr paridad del poder adquisitivo).

Si bien experiencias como esta establecen la base para que el país se encuentre a la vanguardia de la innovación en salud y bienestar a nivel mundial, el panorama nacional, en general, aún está muy lejos de ser óptimo. El recorrido por diferentes regiones del país nos ha permitido poner de presente los extremos de la inequidad entre regiones y en particular entre lo urbano y lo rural. Existen zonas donde los determinantes sociales de la salud y bienestar pasan bien sea por suministro insuficiente de agua potable, inadecuado saneamiento básico, ausencia de energía eléctrica, limitado acceso a las tecnologías actuales de comunicación e información, baja cobertura educativa o educación de baja calidad, pérdida de conocimientos ancestrales, inseguridad y falta de soberanía alimentaria, además de vías precarias de comunicación terrestre o fluvial. Corregir estos determinantes sociales de la salud es una tarea que está en mora de hacerse para tener una sociedad con bienestar.

Si bien las enfermedades crónicas representan el 69 % de la carga de la enfermedad en Colombia, en las zonas rurales y suburbanas una buena parte de la población sigue padeciendo enfermedades infectocontagiosas y olvidadas, casi todas prevenibles mediante abordajes socio y ecoepidemiológicos y la aplicación de medidas sencillas de saneamiento o protección ante las condiciones ambientales (ciencia y tecnología del siglo XX).

Por lo anterior, es poco realista pensar que la consolidación de un sistema de CTI en salud, por más robusto y sólido que sea, pueda resolver estas y otras condiciones. Lo que se requiere es una presencia del Estado y la puesta en marcha de programas y estrategias que cumplan los principios de igualdad y justicia que decimos defender, que la búsqueda de la equidad social deje de ser solo un discurso. No obstante, lo que sí puede hacer el sistema de CTI en salud es utilizar el mejor conocimiento disponible, además de producir conocimiento pertinente, contextualizado e interdisciplinario, para disminuir las brechas y apoyar al máximo a los tomadores de decisiones y al sistema de salud.

Propuesta

Se propone consolidar el sistema de salud dentro de un modelo enfocado en el bienestar basado en el uso del conocimiento científico, que promueva una transformación de ese sistema y responda a las necesidades mencionadas. Las propuestas buscan contribuir a la disminución de la desigualdad e inequidad, y a promover vidas plenas para todas las personas.

Con estas propuestas deseamos que ocurra la conversación entre los sistemas de salud y el sistema de CTI en salud, con el fin de unificar los discursos que en la práctica ocurren en espacios separados y con trayectorias diferentes. El sistema de salud, como parte de un sistema más amplio de bienestar, debe ser la fuente de las preguntas, problemas o desafíos que requieren nuevo conocimiento para su solución, mientras el sistema de CTI puede producir el nuevo conocimiento y promover el uso del mejor conocimiento generado en cualquier parte del mundo, recurriendo a los principios fundamentales de la actividad científica y a la infraestructura tecnológica hoy disponible y la que emergerá en los siguientes 25 años, para aprovechar las oportunidades existentes o resolver problemas y necesidades apremiantes.

En la siguiente sección presentamos las propuestas del foco de Ciencias de la Vida y de la Salud (CVS) en cinco líneas programáticas para lograr este objetivo, basados en deliberaciones y documentos generados por sus miembros, el análisis de la Gran Encuesta en Salud y los resultados de

ocho conversatorios nacionales con actores claves del sector salud. Las propuestas buscan que en los siguientes 25 años Colombia esté en el decil superior mundial de todos los indicadores seleccionados, considerando la autopercepción de la salud y el bienestar, como los principales.

Líneas programáticas

Determinantes de la salud y el bienestar para todos (medio ambiente, infraestructura, equidad de género, seguridad alimentaria, tranquilidad)

Es fundamental investigar y abordar los determinantes ambientales y sociales de la salud. Este enfoque nos permite tener una visión integral de las comunidades ya que la salud y el bienestar dependen no solo del progreso de la investigación científica y tecnológica, sino también de factores psicosociales, culturales y ambientales. La CTI contribuirá a acabar la inequidad en Colombia mejorando el bienestar de la población colombiana.

a. Objetivos

Reducir los determinantes considerados negativos y aumentar los positivos para la salud y el bienestar a través de la generación de datos basales, su estudio en el tiempo, los mecanismos que las producen y reproducen, y la formulación de estrategias para abordarlos. En términos de salud pública, las prioridades propuestas son: i) la salud mental, tanto en la población general como en los profesionales de la salud; ii) los programas y campañas de promoción integral de la salud y la prevención de las enfermedades; iii) equidad y aumento del acceso a las tecnologías de salud. Se debe regular y fomentar el empoderamiento de las asociaciones de pacientes para la toma de decisiones compartidas. También se debe promover el fortalecimiento comunitario en salud partiendo de un reconocimiento de los saberes y prácticas locales.

b. Acciones

- Desarrollar un programa nacional para los próximos quince años que aborde los determinantes de la salud e incluya: i) Definir los

determinantes de la salud específicos al país y sus territorios; ii) Seleccionar los indicadores y metas iii) Estandarizar la obtención de datos de referencia; iv) Caracterizar y evaluar la estructura y la capacidad de los servicios de salud; v) Identificar las mejores experiencias nacionales e internacionales; vi) Definir un modelo específicamente dedicado al bienestar, que complemente al sistema de salud existente con acciones y metas para su implementación.

- Fortalecer el Programa Nacional de Salud y Medicina Familiar y Comunitaria.
- Relacionar la atención primaria en salud con los avances de CTI, así como los saberes y prácticas ancestrales en salud.
- Desarrollar una infraestructura de *hardware* (centros de computación, acceso remoto con PC o tabletas) y *software*, a través de redes de comunicación de alta velocidad, que conectarán áreas remotas de Colombia a los principales centros y grupos de innovadores, así como médicos y científicos del país.
- Optimizar el Modelo de Acción Integral Territorial (MAITE) mediante la eficiente gestión para mejorar las condiciones de salud y bienestar a través de acciones coordinadas entre los agentes del sistema de salud y bienestar.

Creación de redes de atención y de producción de conocimiento en salud y bienestar

Proponemos un modelo centrado en las personas tanto a nivel individual como comunitario. Este modelo cambia el paradigma centrado en la enfermedad hacia una nueva visión del sistema que considere a la salud como una habilidad y un componente importante del bienestar de la población.

a. Objetivos

Lograr que al menos 90 % de la población reporte niveles autoevaluados positivos de salud y bienestar autoinformados a partir del desarrollo de capacidades para adaptarse y gestionar los desafíos físicos, mentales y sociales que se presenten en la vida. Para esto, el sistema de salud debe orientarse a prevenir lo prevenible, controlar lo controlable, aliviar lo

aliviable, curar lo curable, trascender lo inevitable y acompañar siempre. El sistema de bienestar, por su parte, deberá enfocarse en todos los aspectos de la vida que van más allá del campo médico.

b. Acciones

- Implementar el modelo de redes integradas de atención en salud, con base en la confianza desarrollado en Bogotá. Se requiere: i) acordar con todas las EPS e IPS la adopción de dicho modelo para la prestación de servicios de salud y bienestar a todas las personas en el país; ii) seleccionar un conjunto común de indicadores que todos los actores utilizarán; iii) desarrollar y aprobar un código para promover y recompensar la transparencia y el comportamiento ético, y castigar con muerte social a quienes participen en actos de corrupción e impunidad; iv) implementar acciones conjuntas entre los actores de salud; v) evaluar la implementación del modelo de redes de atención integradas para reorientar el modelo del sistema de salud hacia una atención integral holística que contribuya a niveles óptimos de bienestar.
- Involucrar y empoderar a las personas y comunidades, al brindarles la oportunidad, las habilidades y los recursos que necesitan para ser actores conocedores y corresponsables con respecto al uso de los servicios del sistema.

Política nacional de investigación para la salud y otras políticas en salud

Los lineamientos de una Política Nacional de Investigación en Salud en Colombia, aún pendiente, deberán convertirse en la hoja de ruta de un instrumento socialmente legitimado, que permita concertar intereses, movilizar recursos, coordinar acciones de las diferentes instituciones, públicas y privadas, y de otros actores y sectores sociales comprometidos con los procesos de investigación, innovación en salud y bienestar, y la diseminación y uso de sus resultados en el país.

El enfoque de la política de CTI no solo debe centrarse en las innovaciones o productividad del sistema, sino sobre todo en el uso del

conocimiento para lograr la garantía efectiva del derecho a la salud, así como lograr transformaciones reales en los sistemas sociales y permitirles a todas las personas, en todas las edades, gozar de una vida plena.

a. Objetivos

La política debe aumentar el nivel y el impacto en la salud y el bienestar de los esfuerzos de investigación e innovación multidisciplinarios al involucrar a científicos, profesionales y población, en proyectos ambiciosos comunes; reinventando la medicina para que se posicione como una parte de un sistema verdaderamente orientado a la salud y dentro de un marco más amplio de bienestar para todos.

Líneas de la política

- Investigación en salud pública.
- Investigación básica, interdisciplinaria y convergente.
- Nuevas tecnologías y redes digitales para una asistencia sanitaria de alto nivel.
- Investigación clínica.
- Innovación social.
- Fortalecimiento de la innovación en salud y bienestar.
- Diálogo de saberes en salud y buen vivir.
- Investigación traslacional con el fin de promover niveles óptimos de salud y bienestar.

b. Acciones

- Evaluar y caracterizar las políticas sanitarias en Colombia y generar recomendaciones para modificarlas cuando sea necesario.
- Formular la política nacional (proyecto de ley, Conpes y Confis) de investigación e innovación para la salud y el bienestar (PIISB) de manera colaborativa con todos los actores del sistema. La política debe dirigir la agenda de investigación e innovación en salud y bienestar con el fin de promover la articulación y creación de redes. La política debe facilitar la participación en la comunidad mundial, evitando una visión aislada e introspectiva de la investigación, la tecnología y la innovación.

- Crear el estatuto del investigador y del innovador en salud y bienestar.
- Crear e implementar mecanismos eficaces y efectivos para reducir el impacto de la corrupción y otros factores sistémicos con efectos perversos sobre los presupuestos y su ejecución, y la prestación de servicios.
- Configurar una política y sistema de salud que incorpore la interculturalidad como uno de sus pilares.
- Crear programas nacionales basados en el modelo traslacional 5P (Población, Predicción, Prevención, Personalización y Participación) para el estudio y manejo de diferentes condiciones o situaciones que afectan la salud individual o colectiva.
- Reformar el Decreto 1437 de 2014. Se debe definir claramente el papel del Consejo Nacional del Programa de Salud de CTI y se debe incluir el bienestar. Investigadores e innovadores con credibilidad y reconocimiento deben ser parte del Consejo Nacional.
- Hacer seguimiento a los esfuerzos anteriores para que Colombia sea reconocida en América Latina como uno de los tres primeros países en investigación e innovación en salud y bienestar.
- Evaluar y diseminar dichos esfuerzos para que produzcan en los siguientes 25 años el mejor modelo de política estatal en investigación e innovación en salud y bienestar para el mundo.

Soberanía para la salud y el bienestar

Muchas personas sufren innecesariamente y mueren prematuramente por falta tecnologías sanitarias, como medicamentos, vacunas o medios de diagnóstico eficaces o por la insistencia en darles respuestas médicas a problemas sociales. Las razones van desde los altos costos de los productos hasta el desabastecimiento de los mismos, debido a la falta de incentivos de mercado a los productores para mantener sus productos en el mercado. Estas circunstancias hacen que los países tomen medidas para asegurar el acceso a las tecnologías vitales en salud de sus habitantes asegurando acceso y disponibilidad de productos.

a. Objetivo

Lograr una soberanía sanitaria en tecnologías de la salud, lo que permite controlar las amenazas a la salud derivadas de eventos externos que pueden afectar el suministro de productos esenciales para la salud y el gasto innecesario de recursos que podrían contribuir al bienestar.

b. Acciones

- Formular e implementar una *política industrial en salud* que fomente la producción y el desarrollo de productos innovadores (medicamentos de síntesis químicas y biológicas, fitomedicamentos, terapias avanzadas, dispositivos médicos) de interés de salud pública, que evite la dependencia tecnológica del país. La política debe incluir: i) la actualización tecnológica; ii) la transferencia e intercambio de conocimiento entre actores del sistema; iii) fortalecer todo el sistema de innovación y producción; iv) constituir un fondo para la innovación en salud y bienestar de acuerdo con las mejores referencias nacionales (Fundación Nacional para la Innovación, Canadá). La financiación de la innovación en salud y el bienestar debe contemplar las diferentes fases de desarrollo de productos, que incluyen los procesos de evaluación preclínica, evaluación clínica, escalamiento, producción y seguro de investigación, así como esfuerzos paralelos en áreas que requieren esfuerzos sociales, más allá de los límites de la medicina.
- Consolidar las unidades de innovación en universidades y centros de investigación en diferentes regiones del país que faciliten la transferencia tecnológica en áreas de salud y bienestar.
- En casos de interés público, el país debe utilizar la compra pública de tecnologías para la salud y bienestar incluyendo medicamentos.
- Diseñar instrumentos con el fin de lograr acuerdos de transferencia de tecnología con empresas internacionales para producir medicamentos u otros productos localmente en los cuales hay desabastecimiento, se proyecte desabastecimiento en los siguientes cinco años o sean de interés público, con garantía de compra pública de los productos.

- Promover la producción de productos magistrales en hospitales e institutos públicos.
- La actualización de la resolución de investigación clínica 2378 de 2008 y de la resolución de investigación de salud 8430 de 1993, tiene que definir reglas claras para la evaluación clínica, Buenas Prácticas de Manufactura y solicitud de registro sanitario de dispositivos médicos (incluyendo *software*), nutracéuticos, fitoterapéuticos, terapias avanzadas y derivados de biología sintética desarrollados en el país. El proceso debe incluir a la comunidad para evaluar las consecuencias de la regulación, la cual debe ser eficiente y garantizar la confianza jurídica, técnica y social.
- Crear un marco regulatorio para la fabricación local y validación de reactivos y kits diagnósticos.

Reformar el modelo educativo, de la enseñanza al aprendizaje contextualizado. Énfasis en áreas de salud y bienestar

La transformación del sistema de salud colombiano a partir de la CTI solo será posible si los profesionales de la salud y los ciudadanos de todas las regiones se hacen partícipes de las oportunidades que el conocimiento ofrece para la promoción de vidas humanas plenas como parte de un planeta en el que se respetan los derechos de los otros seres vivos.

Por lo tanto, los currículos y estrategias pedagógicas del proceso de formación en salud y bienestar deben ajustarse o reinventarse para dar respuesta a las nuevas oportunidades, los nuevos retos y desarrollos sociales y tecnológicos, para lo cual se requieren espacios abiertos de discusión y construcción.

a. Objetivo

Desarrollar en los ciudadanos y actores de los sistemas de salud las habilidades para ser cocreadores y corresponsables de la salud y bienestar de todos, a partir de modelos de aprendizaje que integren, alineen y armonicen el conocimiento en salud producido local y globalmente.

b. Acciones

- Implementar el “Proyecto Cosmología” propuesto por la anterior Misión de Sabios, adaptándolo a la salud y el bienestar.
- Crear el observatorio para la formación del talento humano nacional en salud y bienestar a todos los niveles, permitiendo el análisis de la distribución del talento humano en el territorio nacional, el diseño de estrategias para su actualización, distribución en áreas estratégicas y creación de actividades para promover el bienestar de esta población.
- Desarrollar programas de aprendizaje a todo nivel, incluyendo la transformación de los modelos educativos actuales para que promuevan la salud y el bienestar en todas las personas de todas las edades, y que vayan dirigidos a profesionales, asociaciones de pacientes, grupos comunitarios y líderes sociales.
- Implementar las recomendaciones de Ascofame en educación médica para pregrado, posgrados médico-quirúrgicos y desarrollo profesional permanente (Ascofame, 2018), con el fin de apoyarlas para que se conviertan en modelos de aprendizaje de punta, yendo más allá de la visión clínica de la salud.
- Apoyar la implementación de programas interinstitucionales para crear capacitadores de salud y bienestar comunitarios, especialmente a nivel rural.
- Desarrollar un programa para la primera infancia, primaria, secundaria y preparatoria que permita la transformación de las percepciones de los niños y jóvenes sobre su participación como ciudadanos responsables de una sociedad sostenible y un sistema de salud y bienestar.
- Construir parques o centros didácticos interactivos en salud, sobre todo en aquellas regiones con limitada participación y acceso al conocimiento.
- Implementar una estrategia para que todos los hospitales vinculados a las universidades se acrediten como hospitales universitarios (resolución N.º 3409 de 2012, del Ministerio de Salud y Protección Social).

Referencias

- Asociación Colombiana de Facultades de Medicina (ASCOFAME). (2018). *Recomendaciones para el futuro de la educación médica en Colombia*.
- Huber M., Knottnerus J.A., Green L., van der Horst H., Jadad AR, Kromhout D., *et al.* (2011). How should we define health? En *BMJ* 26(343), 4163.
- Molyneux D. (2007). And how is life going for you? An account of subjective welfare in medicine. En *J Med Ethics*. 33(568), 72.
- Serra, M., Palacio, D., Espinal, S., Rodríguez, D.G., Jadad, A.R. (2018). *Redes de confianza: La clave para lograr resultados de clase mundial con un presupuesto reducido*. Beati Inc.
- Sumner L.W. (1996). *Welfare, Happiness, and Ethics*. Oxford University Press.

Reflexiones y propuestas de reformas del Foco de Energías Sostenibles

Política pública en CTI para energía sostenible

La transición energética mundial está dinamizada por nuevos negocios originados en los ecosistemas de capital de riesgo. Los dinamizadores son, ante todo, actores externos al sector que aportan plataformas (no solo productos); servicios (antes que activos); capacidades (no solo estrategia); un enfoque *pull* (oferta de productos no regulados, a diferencia del enfoque *push* de vender kWh o MMBTU protegidos por la regulación); economías de alcance (con las que pueden superar las ventajas de las economías de escala de los establecidos); y flexibilidad (no solo eficiencia).

La *política energética* del país debe migrar hacia la Planificación Integrada de Recursos para construir un portafolio balanceado de fuentes energéticas primarias e integrar el lado de la demanda con principios de economía circular. Dentro de las responsabilidades adquiridas en COP21, el país no debe descartar los aportes de ninguna fuente primaria. La explotación responsable y técnica de recursos no renovables presentan una oportunidad de convertir capital natural en capital humano e industrias de base tecnológica.

La *regulación* debe diseñar incentivos, experimentar (*'sandboxing'*) y propiciar el cambio de arquitecturas de mercado para eliminar barreras a la entrada de nuevas tecnologías y modelos de negocios, estimular la competencia en los mercados y facilitar la adopción de arquitecturas descentralizadas en energía.

La *política de ciencia, tecnología e innovación (CTI) en energía* tiene como objetivo impulsar de manera simultánea tanto la adopción acelerada como el desarrollo y la transferencia para acercarse a la frontera tecnológica, siguiendo a Acemoglu, Aghion y Zilibotti (2006). Para ello debe apoyar la investigación básica, la adopción, transferencia y desarrollo de tecnologías

en la gestión de la demanda en los sectores grandes de consumidores (transporte, industria y sector residencial); la creación de industrias de base tecnológica con vocación exportadora a nivel latinoamericano en nichos donde existen ventajas y oportunidades; el optimizar tecnologías de producción de energías convencionales y desarrollar capacidades de computación avanzada para simular procesos, nuevos modelos de negocios y alternativas regulatorias.

La adopción se dará en tecnologías con patrones de costo descendiente (solar, eólica, almacenamiento). La transferencia y desarrollo se darán en industrias con potencial de exportación de tecnología a países tropicales. La adopción y desarrollo de tecnologías más limpias y costos decrecientes reducirá naturalmente las emisiones de gases de efecto invernadero, en un país que consume poca energía y que posee una generación eléctrica excepcionalmente limpia a nivel mundial.

Los vehículos para desarrollar la política de CTI que propone la Misión Internacional de Sabios 2019 son las *misiones* y los *centros*, cuyas características y ventajas se presentan en otra parte del documento central.

Se propone la creación de un Centro de Energía, que desarrollará proyectos o misiones alineados con los objetivos de política de CTI coincidentes en buena medida con los aspectos que requieren acción inmediata (círculos en azul) en energía en Colombia, en un entorno de incertidumbre, identificados por el World Energy Council. Los cuales se presentan en la Figura 17.

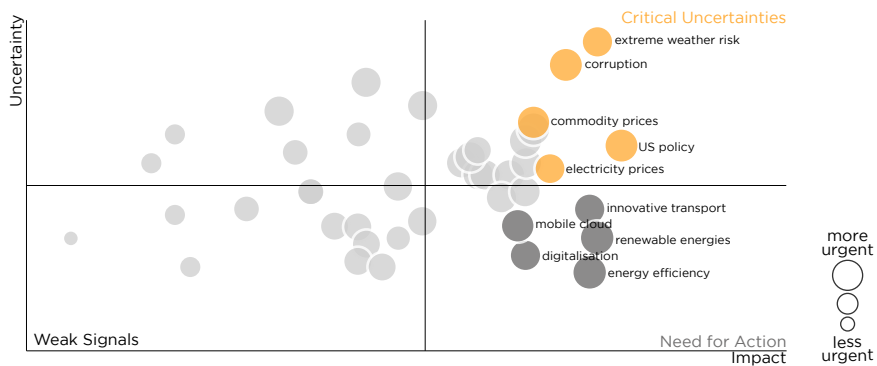


Figura 17. Problemas y perspectivas de la energía para Colombia
Fuente: World Energy Issues Monitor (2019) Colombia.

Las tendencias mundiales

Las tendencias mundiales en energía se desenvuelven en medio de las siguientes circunstancias: (i) los impactos del cambio climático; (ii) el avance tecnológico ‘inevitable’ en energía solar, eólica, almacenamiento e inteligencia artificial; (iii) la irrupción de nuevos modelos de negocio financiados por capital privado e intensivos en inteligencia de datos en tiempo real; (iv) la convergencia entre descentralización de soluciones energéticas, uso de las tecnologías de información y comunicaciones (internet de las cosas), y electrificación de procesos; (v) el avance en la intercambiabilidad de las componentes de portadores energéticos (*energy carriers*), que permite a los residuos de biomasa tener un mayor papel en el portafolio energético que debe desarrollarse; (vi) los avances en tecnología y creación de mercados mundiales en gas natural, que lo convierten en el ‘hidrocarburo del sistema energético’ y (vii) el gran potencial del hidrógeno para proveer energía densa y limpia.

El foco de Energías Sostenibles revisó el estado de las tecnologías que compiten por el liderazgo en el abastecimiento energético internacional con soluciones cada vez más limpias y económicas. Para ello solicitó la opinión de expertos en diferentes áreas, cuyos aportes se incluyen más adelante. Las dos únicas tendencias claras de mediano plazo en el contexto energético mundial son la convergencia entre digitalización, electrificación y descentralización, y la reducción del uso de carbón que no combine tecnologías supercríticas y secuestro y captura del CO₂. La mayoría de los recursos primarios de energía tienen *trade-off* entre sí (en costo, continuidad, densidad, contaminación, disponibilidad local). Diferentes tecnologías compiten en celdas solares y baterías.

En el futuro, los sistemas centralizados y descentralizados deben convivir bajo arquitecturas de mercado alternativas. Por lo pronto, no hay externalidades de red similares a las de las telecomunicaciones que generen convergencia rápida y única a la electricidad, así como las hubo en la migración de la telefonía fija a la móvil. No hay solución mágica a la vista. No se percibe una “singularidad”.

Por lo pronto, no hay revolución, sino evolución. Sin embargo, el avance imprevisible en tecnologías de relevo definitivo, como el hidrógeno, la fusión nuclear y las nuevas modalidades de energía nuclear de fisión pueden alterar de manera profunda toda la matriz energética, como complemento de las fuentes no convencionales de energía renovable (FNCER), que carecen de densidad.

En el largo plazo, no hay claridad en el mundo sobre cuál será la mezcla de fuentes primarias en el largo plazo ni la proporción entre recursos centralizados y descentralizados en ningún país. La regulación debe tener un enfoque flexible, que permita la experimentación y que anticipe el cambio de arquitectura de mercados para que los recursos energéticos descentralizados (RED) y las nuevas tecnologías puedan aportar su valor, proponiendo regulaciones que minimicen la oposición de los intereses establecidos.

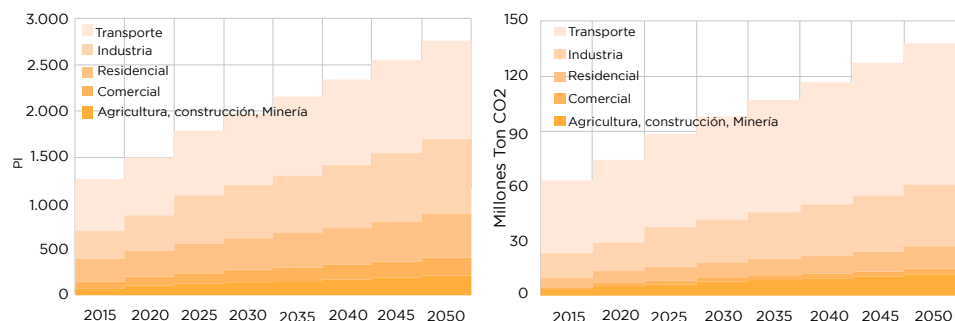
Colombia en energía²²

Colombia posee reservas pequeñas en petróleo (1800 millones de barriles de reservas probadas, el 1 por mil del mundo) y gas natural (3.7 trillones americanos, también el 1 por mil del mundo), pero tiene reservas de carbón 4881 millones de toneladas que representan el 0.5 % del mundo. Asimismo, posee un amplio potencial de recursos hidroeléctricos pequeños y medianos, y ventajas comparativas en FNCER y biomasa.

El consumo energético per cápita de Colombia es muy bajo: 39.7 GJ/cápita, en comparación con 79.7 GJ/cápita en Argentina, 59.1 GJ/cápita en Brasil y 92.3 GJ/cápita en Chile. El consumo total de Colombia es de 46.9 MTOE, descompuesto en 16.6 MTOE en petróleo, 11.2 MTOE en gas natural, 5.8 MTOE en carbón, 12.8 MTOE en hidroelectricidad y 0.5 MTOE en renovables. A pesar del bajo consumo de energía per cápita, Colombia se destaca en hidroelectricidad a nivel mundial (representa el 0.6 % del consumo total).

22 Cifras tomadas del bp Statistical Review of World Energy 2019. Disponible en: <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2019-full-report.pdf>

Figura 18. Escenario base COP21 por sector de consumo
 Fuente: UPME, 2019



La transición energética de los países desarrollados es hacia la “descarbonización radical”. Nuestras dotaciones, problemas y oportunidades son diferentes a las de los países industrializados y altamente consumidores de combustibles fósiles. En Colombia, dentro de las obligaciones de COP21, la política energética debe ayudar a crear un portafolio eficiente en costos y riesgos, y facilitar la adopción de tecnologías de frontera en comercio, industria, viviendas y transporte, aprovechando los abundantes recursos primarios limpios.

A nivel de consumo y emisiones de gases de efecto invernadero a nivel sectorial, el escenario base de COP21 según la UPME (2019) muestra la evolución de la Figura 18. La gestión de la demanda, el uso de artefactos más eficientes y la penetración de los RED pueden explicar la reducción de las emisiones más que proporcional en los sectores comercial y residencial en el futuro, mientras que las emisiones del sector transporte representan un gran reto y oportunidad para el transporte eléctrico y a base de hidrógeno.

Los problemas más importantes de la oferta del sector eléctrico de Colombia son la presencia de un mercado de generación concentrado, precios crecientes y subsidios mal diseñados. Existe un rezago regulatorio para adoptar nuevos modelos de negocio y riesgo sistémico en generación (matriz concentrada en hidroelectricidad). Además, falta lograr la cobertura universal en electricidad (aproximadamente 1.5 % de la población carece del servicio).

Los problemas más importantes del sector de hidrocarburos son la dominancia de Ecopetrol en todos los eslabones de la cadena, los precios distorsionados al consumidor final de combustibles líquidos y la baja inversión en tecnología propia. Los principales problemas del gas natural son su estructura de mercado concentrada en suministro y en transporte. Las reglas de formación de precios y los incentivos para transar diversos productos en toda la cadena generan distorsiones que han frenado la penetración del gas natural. Los hidrocarburos no convencionales son una fuente importante para balancear el portafolio de oferta energética, con impacto macroeconómico positivo. Como toda fuente de energía, los hidrocarburos no convencionales tienen impactos que se deben estudiar y mitigar de manera responsable y transparente.

El principal aporte de las FNCER será reducir el riesgo de abastecimiento eléctrico, lo que se podrá hacer hasta cuando la capacidad de almacenamiento de los embalses quede copada. Después de ese hito, las FNCER intermitentes se complementarán con el gas natural y vectores energéticos (combustibles sintéticos producidos a partir de los residuos de biomasa, incluido el hidrógeno verde), la generación nuclear y otras alternativas de suministro que están en proceso de pilotaje.

Colombia en CTI para energía

La Tabla 12. resume la interacción con actores de la academia y la industria en la identificación de barreras y oportunidades para CTI en energía.

Tabla 12. Síntesis de barreras y oportunidades para CTI en energía

	Barreras	Oportunidades
Fuentes de pago e instrumentos de financiación	<ul style="list-style-type: none"> • No hay gestión pública proactiva para aumentar fuentes ni innovar en instrumentos para agregar recursos • Empresas reguladas de energía invierten poco en CTI 	<ul style="list-style-type: none"> • Apoyo público a ciencia básica, cofinanciación de aplicaciones y emprendimiento • % de ingreso corporativo gravable para CTI
Organización industrial	<ul style="list-style-type: none"> • Sector oligopólico con escasa velocidad de adopción de tecnologías 	<ul style="list-style-type: none"> • Fomentar entrada de nuevos negocios y empoderar a prosumidores con reglas de acceso abierto y no discriminatorio de redes

Regulación	<ul style="list-style-type: none"> • Regulación energética compleja, rezagada y conservadora • Altos costos de transacción para financiar, desarrollar nuevos negocios y proyectos CTI 	<ul style="list-style-type: none"> • Regulación experimental ('sandboxing') y favorable a innovación • Simplificación de procesos públicos y supervisión <i>ex post</i> en proyectos CTI
Institucionales	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de coordinación entre subsectores energéticos • Dispersión de fondos públicos en iniciativas del interés de los investigadores 	<ul style="list-style-type: none"> • Política energética de portafolio; planeación integrada de recursos • Financiación de CTI por misiones
Capacidades	<ul style="list-style-type: none"> • Escasez de talento para aprovechar cambio tecnológico y desarrollar negocios • Gobernanza inadecuada para la interacción entre talento y generación de conocimiento útil 	<ul style="list-style-type: none"> • Doctorados nacionales • Centro para la Transición Energética que sirva de enlace entre universidades e industria
Sociales y culturales	<ul style="list-style-type: none"> • Desconocimiento del cambio tecnológico acelerado en energía y su impacto • Diseños urbanos e industriales deficitarios en circularidad y eficiencia 	<ul style="list-style-type: none"> • Apropiación social de CTI, reconocimiento de líderes tecnológicos • Cambios de normas urbanísticas y estándares, con diálogo y apoyo público en Ciudades Inteligentes

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con este diagnóstico, la introducción de la CTI en energía requerirá la concurrencia de políticas industriales y regulación que aumenten la presión competitiva sobre una estructura de industria concentrada y faciliten el ingreso de nuevos negocios y tecnologías, la creación de incentivos y nuevas fuentes de pago e instrumentos de financiación.

Recomendaciones

Creación de un Centro de Energía

Se propone organizar un Centro de Energía que apoye la misión Colombia productiva y sostenible. El Centro será independiente de las universidades (que deben ser aliadas) y de las empresas, cofinanciado en sus primeros cinco años en un 70 % por el Estado y en un 30 % por la industria (con reversión de estos porcentajes a partir del sexto año), regido por el derecho privado.

Algunas tecnologías de punta se desarrollarán rápidamente en otros países y su adopción dependerá ante todo de regulaciones favorables y reducción de trámites, antes que de la actividad de I+D. El Centro se enfocará en asuntos donde haya oportunidades y ventajas sin explorar y colaborará con otros centros que ya tienen agendas maduras en asuntos complementarios, como en el caso de los hidrocarburos.

El Centro podrá tener una estructura descentralizada en varias ciudades del país. El Centro requeriría una inversión inicial de USD 20 millones en laboratorios de prototipo y facilidades computacionales avanzadas, y tendría unos gastos operaciones anuales entre USD 5 y 7 millones, para cubrir el salario de quince investigadores de alto nivel de tiempo completo, sus asistentes y las actividades de I+D. Con este presupuesto, se tendrían prototipos avanzados en cuatro años, que apoyaría el despliegue de las industrias propuestas y los laboratorios se convertirían en referente técnico a nivel latinoamericano.

Los proyectos propuestos buscan diversificar la economía y apoyar el aumento de la productividad total, crear hábitats sostenibles y más limpios, y mejorar las capacidades de anticipar y probar alternativas de negocios y regulatorias para la transición energética: (i) apoyo a la creación de una industria electrónica y digital de paneles solares orgánicos, instrumentación y control para redes inteligentes y microrredes, y eficiencia energética; (ii) apoyo a la creación de una industria de biorrefinerías; (iii) estructurar un Laboratorio de ciudades inteligentes y simulación para apoyar la implantación de soluciones tales como transporte eléctrico, eficiencia energética y edificios, acompañados de una componente de cambio cultural. La sección de Misiones discute la relación del Centro con otros centros existentes (por ejemplo, el ICP en hidrocarburos) y justifica y describe estos proyectos.

Necesidades de política y regulación

Deben encomendarse estudios y adelantar vigilancia tecnológica en todas las tecnologías candidatas a conformar la canasta energética del país, incluyendo las que por lo pronto están en etapas previas a la comercialización (tales como la fusión nuclear y el hidrógeno) y las que son polémicas (como los hidrocarburos no convencionales y la energía nuclear de fisión).

Se debe migrar hacia la Planificación Integrada de Recursos para balancear riesgos y costos de abastecimiento y promover soluciones cada vez más limpias y económicas.

Se debe promover la competencia a la entrada y dentro de los mercados de electricidad y de hidrocarburos. Se debe promover la experimentación regulatoria (*'sandboxing'*) en nuevos modelos de negocio y de nuevas arquitecturas de mercados energéticos, siguiendo las experiencias de California y el Reino Unido. La regulación debe facilitar la rápida adopción de los recursos energéticos descentralizados y su monetización, e impulsar la electrificación del transporte urbano.

Financiación y ecosistemas de financiación temprana

El impuesto al carbono debe tener destinación específica para la cofinanciación pública del Centro de Transición Energética. Se debe aumentar la financiación de las empresas sectoriales en I+D con estímulos a la inversión en las misiones antes descritas. El Centro puede convertirse en el pivote del ecosistema de innovación en energía, con apoyo público a *startups* mediante convocatorias en los proyectos que se originen en las misiones y los laboratorios propuestos.

Reflexiones y propuestas de reformas del Foco de Industrias Creativas y Culturales

Contexto y alcance

El término Economía Creativa incluye todas las actividades productivas basadas en conocimiento y creatividad, dentro de las cuales está la ciencia (Howkins, 2013). Sin embargo, las Industrias Culturales y Creativas tienen en su núcleo formas de producción de conocimiento que no han sido entendidas tradicionalmente como parte del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación, pero que sí son centrales en el sector cultural; que es parte fundamental de una sociedad del conocimiento.

Un antecedente importante de este trabajo es el de la Mesa Nacional de Artes, Arquitectura y Diseño, entre 2013 y 2015. Uno de los propósitos de esta mesa fue el de destacar que el conocimiento producido en la creación y la investigación+creación (I+C) en estas áreas académicas, constituye un valor agregado para la generación de contenidos transferibles a las industrias creativas y culturales y genera formas de articulación innovadoras y disruptivas con otras áreas de conocimiento.

La creación de un foco como el de Industrias Creativas y Culturales dentro de la Misión de Sabios 2019 constituye, antes que nada, un llamado a articular el SNCTI con el sector cultural, bajo el entendido de que el paso a una sociedad basada en el conocimiento (o en “los conocimientos”), debe necesariamente darle un papel central al arte y la creatividad, especialmente en un momento en que estas industrias se perfilan como un escenario en el que el país puede ser competitivo a nivel global en el corto plazo.

Estado de las Industrias Creativas y Culturales (ICC) en Colombia

En los últimos treinta años el país ha visto un desarrollo acelerado de las ICC, especialmente en sectores como cine, edición y música grabada. Muchos de estos avances se deben en gran medida a la promulgación de leyes que incluyen instrumentos concretos de fomento.

A pesar de lo anterior, entre 2014 y 2018 el aporte de la economía creativa al PIB se mantuvo entre 1.8 % y 2 % y no mostró señales de aumento (DANE, 2019, 15). El Gobierno Nacional ha formulado una serie de lineamientos e incentivos adicionales a partir de la Ley Naranja (Ley 1834 de 2017), con miras a que el aporte de la economía creativa llegue al 6 % del PIB. En este marco, consideramos fundamental entender la generación de contenidos culturales como una forma de producción de conocimiento especializado que cumple dos funciones: por un lado, potencia las posibilidades de expresión de las identidades culturales del país, generando sentidos de pertenencia y aumentando nuestro acervo patrimonial. Por otro lado, abre posibilidades para el mejoramiento de la calidad de vida a través del aprovechamiento económico de la producción cultural. Las recomendaciones y propuestas desarrolladas en la siguiente sección apuntan a que Colombia pueda encontrar en las ICC un motor de desarrollo que articule estas dos funciones de manera equilibrada y sostenible durante los próximos treinta años.

Propuestas

Valor simbólico, identidad cultural y generación de contenidos

- a) El Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación debe profundizar la integración de la investigación+creación (I+C) a las actividades de investigación, desarrollo e innovación, y darle un lugar protagónico, tanto en los mecanismos de fomento como en las actividades de divulgación y apropiación social del conocimiento.

- b) El Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación debe desarrollar mecanismos específicamente dirigidos al fomento del diálogo de saberes entre diferentes formas de producción de conocimiento y entre diferentes actores, dentro y fuera del SNCTI.
- c) En la perspectiva de Investigación Orientada por Misiones, es fundamental que se priorice el *conocimiento y uso sostenible del patrimonio cultural colombiano*, a través de actividades de investigación, desarrollo, innovación y creación, desde todas las áreas del conocimiento, con miras al fortalecimiento de la diversidad cultural del país, su apropiación y su aprovechamiento para las industrias creativas y culturales. Para esto se han formulado líneas específicas dentro de la Misión Colombia Diversa, bioeconomía y economía creativa.
- d) El Ministerio de Ciencia Tecnología e Innovación debe liderar la articulación con todas las entidades del Estado que promuevan la producción de conocimiento en el país, incluyendo especialmente una estrecha relación de cooperación y armonización de políticas con los Ministerios de Cultura, Educación y TIC. Igualmente debe liderar procesos que propicien la apropiación del conocimiento en todas sus formas, haciendo especial énfasis en la I+C, en los ámbitos científico, artístico, cultural y educativo del país.

Educación para las industrias creativas y culturales

- a) Deben garantizarse las condiciones para que la educación artística sea implementada como área fundamental del currículo y se haga efectiva su obligatoriedad desde la primera infancia y a través de todos los niveles y modalidades de la formación básica y media²³. Esta debe estar basada prioritariamente en contenidos procedentes de las diferentes regiones del país, especialmente la propia²⁴. Estos

23 Ello implica que esté estructurada en los PEI e inserta en la estructura curricular con intensidad horaria definida desde preescolar hasta la secundaria.

24 Con esto no se quiere decir que se trate exclusivamente de contenidos “folclóricos” o “tradicionales”, sino de prácticas

y otros aspectos deben enmarcarse en un Sistema Nacional de Educación y Formación Artística y Cultural, articulado, participativo, descentralizado y con mecanismos eficaces de concertación, a cargo del Ministerio de Educación y el Ministerio de Cultura²⁵; quienes en articulación con el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación y el Ministerio del trabajo, deberán poner en marcha una Política Nacional de Educación Artística y Cultural²⁶, que actualice e implemente la política pública para la educación artística que había sido planteada anteriormente por los Ministerios de Educación y Cultura.

- b) Esta política debe contemplar un programa específico para la educación y formación de maestros que tengan a su cargo contenidos relacionados con arte, cultura e industrias culturales y creativas en sus diferentes áreas y modalidades. Así mismo, debe contemplar un programa de formación de formadores que esté dirigido tanto a programas continuos en educación académica, como en desarrollo personal, emocional y pedagógico. Ambos programas deben ser permanentes y deben abordar procesos que permitan el entrecruzamiento y formación en áreas del conocimiento complementarias y diversas. Ambos programas deben incluir a maestros y formadores que se desempeñen en escenarios de educación formal, informal y no formal.

culturales vivas o que tengan un especial interés patrimonial en las regiones.

- 25 Recientemente se vienen implementando de manera consistente trabajos conjuntos entre Mineducación y Mincultura, que abren un nuevo y promisorio escenario en temas sensibles que por su complejidad requieren necesariamente de esta articulación. Un ejemplo de ellos es el proyecto de Primarias Artísticas del Departamento del Quindío, una experiencia que demuestra el papel fundamental que desempeñan las Secretarías departamentales de ambos ramos y, en general, las prometedoras sinergias que trabajos de este tipo pueden tener en los niveles departamentales, municipales y locales.
- 26 Esta Política Nacional de Educación Artística y Cultural debe contener una política para la formación de educadores en artes.

- c) Desde este marco se debe garantizar que en cada una de las 32 capitales de departamento funcione al menos una institución educativa especializada en artes, que forme talentos excepcionales para las diferentes áreas artísticas, ofreciendo una formación intensiva desde el preescolar hasta la educación media, culminando con título de tecnólogo, y articulando y garantizando su proceso y continuidad con becas en programas universitarios de artes. Así mismo, en cada capital de departamento se debe estructurar una oferta de educación superior con programas de nivel técnico, tecnológico y profesional en diferentes especialidades de las áreas artísticas y de aquellas relacionadas con diferentes roles de las cadenas de valor de las ICC, que adelante convenios y programas de extensión para aquellas capitales de departamento que aún no cuentan con oferta universitaria en artes.
- d) El Ministerio de Educación debe producir lineamientos para lograr transformaciones curriculares, pedagógicas y evaluativas en primera infancia, básica y media desde una aproximación estética, es decir, que desarrolle la percepción, la sensibilidad y la receptividad (*estesis*). Estos deben incluir: privilegiar e incorporar en el currículo los saberes locales, estableciendo asociaciones entre este conocimiento y el conocimiento global; dar lugar a la exploración subjetiva e intersubjetiva; implementar metodologías en las que, desde el aula, se privilegie la creatividad como forma de resolución de problemas, en las que no existan respuestas únicas y preestablecidas, y en las que se dé prelación a soluciones innovadoras a los problemas o preguntas habituales en los procesos de formación; incorporar como estrategia y metodología educativa el trabajo en equipo, el desarrollo de la creatividad en un contexto colectivo y la experimentación y creación como formas de construcción de conocimiento y trabajo en el aula. De igual manera, debe propiciarse una educación afectiva, en la que el conocimiento sea permeado por el asombro, la emoción, la aceptación de la diversidad, que enfatice la curiosidad por la creación, investigación y la experimentación.

- e) Se debe avanzar en la implementación del Marco Nacional de Cualificaciones con mucha más participación de las universidades, las empresas y las instituciones de educación básica y media, con el fin de garantizar acuerdos sobre los alcances de cada nivel de formación. Esto permitirá enfocar la oferta formativa técnica y tecnológica a los roles que están haciendo falta para el desarrollo de las ICC. El modelo metodológico de la construcción de las cualificaciones debe flexibilizarse y adaptarse a las condiciones particulares de los fenómenos culturales, y no al revés.
- f) La formación profesional en áreas relacionadas con las ICC debe promover desde muy temprano espacios permanentes de trabajo colaborativo entre diferentes disciplinas, incluyendo la relación con otros roles de la cadena de valor y con áreas de conocimiento poco afines con el área o ámbito de profundización. El Ministerio de Educación —y especialmente el Viceministerio de Educación Superior— debe producir lineamientos en este sentido.
- g) Es necesario fomentar la descentralización de la formación para las ICC. Se deben generar estímulos para ampliar la oferta formativa en todas las regiones, cuidando que no se dirija solamente a los creativos, sino a toda la cadena de valor de las ICC. Mediante esquemas de alianzas público-privadas, diseñar un programa sostenible de becas y estímulos para pasantías, residencias, diplomados y programas de posgrado en áreas artísticas y creativas especializadas, que se articule en los 32 departamentos con los procesos formativos y productivos para democratizar las oportunidades de formación en todo el territorio y promover el talento de manera equitativa, que articule los niveles y modalidades, garantizando un trayecto gradual y completo, hacia un desarrollo de alto nivel que posicione dignamente las artes y las prácticas creativas en los procesos de desarrollo social y productivo del país.
- h) La investigación+creación (I+C) debe estar presente a lo largo de todo el proceso formativo, especialmente en la educación superior. Se debe ampliar la oferta de formación de alto nivel (maestrías y doctorados) en áreas relacionadas con las ICC, con énfasis en procesos de I+C.

- d) Es fundamental desarrollar redes que permitan el vínculo entre maestros y gestores culturales de las diversas regiones del país, que posibiliten intercambios de saberes, metodologías y estrategias pedagógicas.

Circulación de contenidos, articulación con industria, integración de cadenas de valor

- a) El Ministerio de Cultura debe fortalecer su rol como articulador de la red de casas de la cultura, garantizando un sistema de información que permita el flujo de contenidos, talento humano y buenas prácticas. En el mismo sentido, es fundamental desarrollar procesos articulados y sostenibles de formación de gestores de casas de la cultura. Otras propuestas específicas en relación con las casas de la cultura se abordan en el apartado sobre infraestructura y tecnología, y en la iniciativa de Viveros Creativos.
- b) Es necesario estimular la realización de censos culturales en diferentes regiones y sectores como punto de partida para la implementación de una política de información y comunicación para las ICC.
- c) Deben implementarse estímulos e incentivos para roles diferentes al del creativo. Estos pueden ser de tipo fiscal o a través de la priorización en convocatorias, pero en todo caso deben privilegiar la circulación de contenidos nacionales. Igualmente se pueden ofrecer estímulos a empresas privadas que apoyen el fortalecimiento de diferentes roles dentro de la cadena. Así mismo se deben contemplar incentivos para la circulación a nivel nacional de talento humano en todos los roles de la cadena de valor.
- d) Es necesario identificar procesos de asociatividad emergentes con el fin de canalizar hacia ellos información pertinente sobre estímulos e incentivos. Esta labor debe ser liderada por el Ministerio de Cultura en articulación con las Secretarías de cultura, las Cámaras de Comercio y otras entidades del sector. En este sentido, es fundamental ofrecer estímulos para el fortalecimiento de redes y asociaciones en todos los niveles del sector, incluso cuando se trate de redes informales, a nivel nacional, departamental y local.

- e) Es importante priorizar los relacionamientos de triple y cuádruple hélice para las industrias creativas y culturales. Además del proyecto de Viveros Creativos, se debe impulsar este tipo de relacionamientos a través de convocatorias conjuntas entre diferentes entidades del Estado, como ya se ha hecho para otro tipo de proyectos en el marco del SNCTI.
- f) Además de formar talento humano y generar conocimiento a través de la investigación y la creación, las universidades son espacios vitales para la circulación de contenidos y la dinamización cultural, como parte de su función de extensión. Proponemos que el CNA contemple esta actividad dentro de los criterios de evaluación con fines de acreditación.

Infraestructura y tecnología

- a) Proponemos como proyecto emblemático la creación de un modelo de relacionamiento que integre características de laboratorios de creación, incubadoras de emprendimientos y centros con programación abierta al público, a través de una red nacional de Viveros Creativos.
- b) Proponemos una convocatoria para conformar un banco de proyectos de inversión en infraestructura cultural que permita facilitar la aplicación del incentivo de Obras por Impuestos que existe actualmente. Esto se puede hacer a través de una convocatoria conjunta entre diferentes entidades del Estado y puede servir para priorizar aquellos proyectos de inversión que tengan un mayor impacto cultural.
- c) Es necesario que en los acuerdos que se adelanten con empresas extranjeras se incluyan de forma explícita cláusulas conducentes a la generación de capacidades locales. Las cuotas de contenidos en plataformas o las exigencias de contratar talento colombiano por parte de productores, son demandas bien intencionadas, pero no suficientes en el largo plazo. Tiene que haber elementos claros de transferencia de conocimiento y tecnología que fortalezcan la industria local.

- d) Las industrias culturales y creativas necesitan de conocimiento y tecnología para la creación que actualmente se importa a altos costos, pero que se podría desarrollar en el país: interfases, métodos, materiales, etc. A su vez, las ciencias se pueden beneficiar de nuevas formas de representación, comunicación y expresión exploradas por el arte (no solo para efectos de divulgación y apropiación social, sino para la misma producción científica). Proponemos que el Ministerio de CTI, en conjunto con el Ministerio de Cultura abra líneas de convocatorias específicas para este tipo de proyectos de alimentación mutua entre ciencia y arte a través de procesos de I+C.
- e) Existen en el país muchos inmuebles con declaratoria de patrimonio cuyo uso es muy restringido por las dificultades para su intervención. Proponemos que se priorice para estos inmuebles su destinación como espacios para la circulación de contenidos culturales, a través de un estímulo específico que puede ser de tipo fiscal o de flexibilidad normativa.
- f) Es imprescindible construir, de forma articulada entre entidades públicas y privadas, una política de apropiación de tecnologías convergentes por parte de los actores de las ICC. Esta política debe contemplar por lo menos una oferta formativa masiva — formal e informal— y mecanismos para facilitar la circulación de expertos (creadores, gestores, intermediarios, técnicos) por todo el territorio nacional, con un enfoque orientado a la construcción de capacidades locales.
- g) Es necesario ampliar la oferta académica para la apropiación de tecnologías de punta en formación de alto nivel en áreas creativas (maestrías, doctorados, educación continua), bien sea a través de programas nuevos o de nuevas líneas de formación en programas existentes.

Regulación, financiación, información

- a) La Dirección Nacional de Derecho de Autor debe seguir siendo una entidad separada de la Superintendencia de Industria y Comercio. Se debe tener cuidado de no generar inconsistencias al abrir paso

a interpretaciones que obedezcan más a la lógica del *Copyright* que a la de la legislación colombiana en Derecho de Autor²⁷.

- b) Se debe trabajar en la formulación y aprobación de una ley de mecenazgo que defina incentivos estructurales y de largo plazo para la inversión en actividades culturales, con base en la experiencia lograda en las leyes de cine y otras que han tenido efecto positivo en el sector.
- c) Es fundamental simplificar los procesos y reducir la carga tributaria para la formalización de diferentes tipos de organizaciones del sector cultural, no de manera coyuntural sino a través de mecanismos de largo plazo.
- d) Es importante formular una política de información y comunicación para las ICC que sirva para: i) repotenciar y articular sistemas de información existentes y crear otros nuevos donde se necesiten²⁸; ii) establecer beneficios claros para los usuarios, como facilitar el flujo de información en doble vía o intermediar entre oferta y demanda; iii) comunicar contenidos pedagógicos a usuarios específicos y obtener retroalimentación oportuna sobre problemas del sector; iv) lograr una apropiación cabal de las políticas culturales; v) involucrar diferentes actores de las ICC en el levantamiento de información a través de deberes y derechos claros; vi) realizar análisis con *big data* y analítica, con el fin de dar a los tomadores de decisiones información relevante sobre el sector. Para la formulación e implementación de esta política se debe hacer una inversión significativa de tiempo y recursos, y debe adelantarse bajo el liderazgo del Ministerio de TIC, el Ministerio de CTI y Ministerio de Cultura.

27 La legislación sobre derecho de autor en Colombia es diferente al sistema de *Copyright* anglosajón por razones históricas, jurídicas y conceptuales, que tienen que ver con la concepción de cultura establecida en la Constitución y en la Ley 397 de 1997.

28 Aunque sistemas como el SIMUS se plantean como intermediadores entre oferta y demanda, los usuarios manifiestan que no perciben ningún beneficio por registrar sus datos, no reciben información y no generan contactos útiles para su actividad. Esto mismo podría pasar con la iniciativa de la Red Naranja, de la DNDA, a no ser que se articule como parte de una política que priorice la comunicación en doble vía.

Referencias

- DANE. (2019). Primer Reporte de Economía Naranja. Bogotá.
- Howkins, J. (2013). *The Creative Economy. How People Make Money form Ideas.* New York: Penguin.

Reflexiones y propuestas de reformas del Foco de Océanos y Recursos Hidrobiológicos

Contexto y alcance

El foco aborda tres componentes: el océano y sus ecosistemas marino-costeros e insulares; los continentales dulceacuícolas y los recursos hidrobiológicos²⁹ —marinos y continentales—. A escala global, el océano cubre el 70,8 % de la superficie de la Tierra (~ 510 millones de Km²) y con los hielos marinos representa el 97,95 % del agua del planeta. Colombia tiene 1.141.748 Km² en su parte continental [56 %] y 919.376 Km² en la marítima [44 %], distribuidos en 540.876 Km² en el mar Caribe —línea de costa 3513 Km— y 378.500 Km² en el océano Pacífico —línea de costa 1556 Km— (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Territorial, 2010).

Se prestan un alto número de servicios ecosistémicos entre los que se cuenta la producción de oxígeno, generación de recursos biológicos, líneas de comunicación marítima, fuentes de energías renovables y no renovables, entre otros. Esto lleva a que las aguas jurisdiccionales, la plataforma continental y los espacios costeros sean áreas en las que se adelantan diferentes actividades como: turismo, pesca, transporte marítimo, exploración y aprovechamiento minero, generación de energías alternativas, conservación y recuperación de la diversidad biológica, desarrollos científicos,

29 Según la normatividad nacional —Decreto Ley 2811 de 1974. Código de los Recursos Naturales Renovables y Protección del Medio Ambiente—. Artículo 270: «Entiéndase por recursos hidrobiológicos el conjunto de organismos animales y vegetales cuyo ciclo de vida se cumple totalmente dentro del medio acuático, y sus productos». Excluye los recursos pesqueros, Ley 13 de 1990, Estatuto General de Pesca y Acuicultura.

tecnológicos, innovación, cultura marítima, y en donde el acoplamiento océano-atmósfera y las dinámicas físicas y químicas son determinantes en la dinámica climática y ambiental de la Tierra (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Territorial, 2010).

Según IDEAM (2007), Colombia posee 114.049.388 ha en ecosistemas continentales: entre los ecosistemas marino-costeros e insulares están los arrecifes coralinos —2844 km² de formaciones en la región Caribe y 15 km² en la región Pacífica—; los manglares con 294.636,3 ha (Sánchez-Páez *et al.*, 2000; Invemar, 2013); los pastos marinos, exclusivos de la región —43.223 ha—; los litorales rocosos; los fondos sedimentarios de la plataforma continental del Caribe Pacífico, que constituyen el 99,5 % de los ecosistemas marinos, que ocupan una superficie estimada de 889.400 km² (Guzmán-Alvis y Solano, 2002); las playas; la zona pelágica u oceánica.

De acuerdo con un nuevo censo, existen en el planeta 8,7 millones de especies y solo 1,6 millones de especies están identificadas, lo que significa que aproximadamente el 86 % de las especies terrestres y el 91 % de las marinas aún no se han reportado (Mora *et al.* 2011; Naciones Unidas, 2015), siendo la de aguas continentales muy alta comparada con la de otros ecosistemas, pues cubren menos del 1 % de la superficie del planeta, pero albergan más del 25 % de los vertebrados descritos, más de 126.000 de las especies conocidas de animales y aproximadamente 2600 macrófitas acuáticas. Se estima que hay 27.400 especies de peces, moluscos, cangrejos, libélulas y plantas de agua dulce, de las cuales a la fecha solo 6000 se han evaluado a escala global (IUCN, 2008; RAMSAR, 2018).

Respecto a la diversidad biológica marino-costera y oceánica, según los últimos datos disponibles, cada año se describen 1635 nuevas especies y, en la actualidad, existen del orden de 230.000 a 250.000 especies descritas; los que representa el 15 % de la biodiversidad del planeta (McIntyre, 2010). Los diagnósticos permiten concluir que la biodiversidad nacional está cercana a 30.436 especies de plantas, 7432 de vertebrados, más de 300.000 especies de invertebrados, 1644 de hongos y 1647 de líquenes, todos claramente dependientes del recurso agua. Por ello, estamos entre las 14 naciones consideradas megadiversas. Aunque ocupamos tan solo el 0,22 % de la superficie terrestre, tenemos cerca del 10 % de las especies conocidas.

En cuanto a la riqueza íctica marina y estuarina del país, esta se estima en cerca de 2000 especies de peces (Acero y Polanco, 2006). Así mismo, en el Caribe hay reportes de 1498 especies de moluscos, 239 de equinodermos, 990 de peces, mientras que para el Pacífico colombiano se registran aproximadamente 806 especies de peces, 551 de crustáceos, 459 de poliquetos y 30 de mamíferos marinos. De las 2000 especies marinas y estuarinas, aproximadamente, 449 se consideran peces de importancia comercial actual o potencial. Respecto a los peces dulceacuícolas, Colombia posee 1435 especies agrupadas en 14 órdenes y 47 familias; de las cuales, alrededor del 21 % son endémicas y 12 % de interés comercial. Los órdenes con el mayor número de especies son Characiformes (637), Siluriformes (524), Perciformes (124) y Gymnotiformes (74); los restantes órdenes tienen entre 1 a 35 especies (Maldonado-Ocampo *et al.*, 2008). Las especies de peces nacionales representan a nivel global aproximadamente el 5 % de todas las especies marinas y dulceacuícolas reconocidas. A nivel latinoamericano representan aproximadamente el 29 % de los peces de agua dulce que habitan desde el límite sur de México hasta Chile y Argentina (Maldonado-Ocampo *et al.*, 2008).

Por lo anterior, el foco tiene como objetivos generar lineamientos para la formulación o modificación de políticas públicas, al estructurar estrategias y misiones emblemáticas que propendan por el adecuado conocimiento, ordenación, manejo, control y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales —renovables y no renovables—, con el fin de que el capital natural genere a futuro oportunidades socioeconómicas e investigativas que impulsen su desarrollo en bien de las regiones insertas en estos espacios.

Estado del campo en Colombia

Bajo un escenario de 10 a 15 años es relevante, en primera instancia, considerar las políticas nacionales y los compromisos internacionales suscritos más relevantes para el océano y los recursos hidrobiológicos, y reconsiderando los que se puedan acordar bajo el auspicio de las Naciones Unidas para la Década de los Océanos.

Una aproximación inicial es considerar las recomendaciones planteadas por la Segunda Misión de Sabios en 1994 que el Gobierno colombiano conformó bajo la denominación *Misión de Ciencia, Educación y Desarrollo* y que produjo un documento intitulado *Colombia: al Filo de la Oportunidad*. Allí se formularon recomendaciones sobre aspectos institucionales, educativos, de ciencia y tecnología, se implementaron algunas que resultaron en el desarrollo de políticas públicas, y quedaron pendientes la mayoría, lo que cobra vigencia para los temas de este foco en la actual misión:

- *Educación para el desarrollo sostenible*: deberá ser una conjunción entre el conocimiento científico técnico, recuperando el conocimiento tradicional –regional, local, nativo, raizal, indígena, de comunidades afro–, para así apuntar hacia un manejo apropiado y concertado de los recursos naturales y del medio ambiente.
- *Incremento en la formación de científicos*: considerando las prioridades en ciencia y tecnología que el país y su desarrollo demandan, sin llegar a abandonar las ciencias básicas. En palabras de aquella Misión, una endogenización de la ciencia y la tecnología en la cultura colombiana.
- *Un marco legal*: coherente, pertinente, actualizado, de futuro y garantista que permita la investigación, a nacionales y extranjeros, bien sean personas naturales o jurídicas, sobre los recursos naturales en cualquiera de sus formas o modalidades.
- *Inventario, caracterización, cálculo y valoración*: de los recursos naturales con que cuenta el país, para así conocer su potencial desarrollo y aprovechamiento y aporte a la economía.
- *Conocer y saber*: qué hacen cada una de las entidades públicas nacionales, regionales, locales, las ONG, las privadas, las extranjeras y los organismos internacionales en materia de biodiversidad y medio ambiente, para formular una agenda de acciones concretas y concertadas, lo que evita la dispersión, repetición de acciones y de inversiones.
- *Desarrollar un programa de educación ambiental*: que genere conciencia sobre la necesidad de manejar adecuadamente el medio ambiente.

- *Fortalecer las investigaciones (centros de investigación, grupos de investigación, investigadores, empresas nacionales):* que puedan dar valor agregado al aprovechamiento de la biodiversidad a través de la biotecnología de última generación.

Posterior a la Misión, el país cuenta con documentos y desarrollos de política para la ciencia, la tecnología y la innovación³⁰. A lo que pueden sumarse la expedición de la Ley 99 de 1993 del Sistema Nacional Ambiental que recogió mandatos de la Constitución política de 1991 (artículos 79-80), y la promulgación de políticas referidas a la biodiversidad —su conocimiento, valoración, conservación, recuperación, restauración— y al agua que para el caso del foco, se convierte en eje fundamental³¹. Si bien el marco normativo es muy amplio, también se han expedido leyes, decretos, políticas, estrategias y lineamientos para direccionar la conservación y el uso responsable de los recursos naturales del país, entre ellos los hidrobiológicos y que deben ser tenidos en cuenta como insumo fundamental para definir las políticas públicas en los próximos 25 años³², pues dependemos del capital natural que soporta en algunos escenarios aspectos de crisis.

30 La Década de los Océanos 2021-2030. Los Objetivos de Desarrollo Sostenible 2018-2030. La Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático. El Manifiesto de la Ciencia. El Recurso del Agua Dulce en Colombia. La Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico. Políticas, Planes y Estrategias Nacionales alrededor de los océanos y los recursos hídricos Nacionales entre 1993 y 2018. Plan de Desarrollo 2018-2022, Pacto por Colombia, Pacto por la Equidad.

31 Conpes 3886/2017. Lineamientos de Política y Programa Nacional de Pago por Servicios Ambientales para la Construcción de Paz. Consejo Nacional de Política Económica y Social. República de Colombia. Departamento Nacional de Planeación. Bogotá, D.C. p. 94.

32 Política Nacional de Biodiversidad (1996). Lineamientos de la Política Nacional del Océano y de los Espacios Costeros, (LPNOEC; 2002). Política Nacional de Producción y Consumo Sostenible (2010). Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico (2010). Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos (2012). Plan para restablecer la Navegabilidad del río Magdalena (2013). Plan de

Propuestas y convocatorias

Con base en las revisiones históricas y la realidad del país, se hacen las siguientes propuestas para implementar y desarrollar en los próximos 25 años:

Propender por una educación de las ciencias naturales, moderna e incluyente, apoyada en un esquema de formación tecnológica e investigativa participativa en los colegios y centros de formación

En este marco no solo los estudiantes, sino el núcleo familiar participará de las propuestas investigativas y le dará valor a la importancia de fomentar el pensamiento crítico y científico desde el inicio de la formación integral, teniendo en cuenta la cultura, las particularidades y las necesidades regionales y locales del país. Este propósito será acompañado de sistemas de *educación por telepresencia*, logrando que se puedan ver en tiempo real los procesos, estudios e investigaciones, la apropiación del conocimiento, la sensibilización por el cuidado y conservación de los recursos naturales, y que se ingrese a una etapa de fomento de la investigación y enseñanza en la era digital.

La transformación cultural e investigativa de las nuevas generaciones

Será posible a través de asociaciones de colegios públicos y privados del país, liderados por el Ministerio de Educación Nacional y el Ministerio de

Negocios Verdes (2014). Política Nacional de los Océanos y los Espacios Costeros (2015, 2015, 2016, 2018). Política para la Gestión Sostenible del Suelo (2016). Política Nacional de Cambio Climático (2016). Estrategia Integral de Control a la Deforestación y Gestión de Bosques - Bosques Territorio de Vida (2016). Lineamientos de Política y Programa Nacional de Pago por Servicios Ambientales para la Construcción de Paz (2017). Estrategia para la implementación de los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) en Colombia (2017). Lineamientos de Política y Programa Nacional de Pago por Servicios Ambientales para la Construcción de paz. Política Nacional de Ciencia e Innovación para el Desarrollo Sostenible (Libro Verde; 2018).

Ciencia, Tecnología e Innovación, que incentiven la ciencia y el adecuado manejo de los recursos naturales.

Fortalecimiento del recurso humano a los niveles locales y regionales

Generar que el recurso humano formado a alto nivel se oriente en beneficio de lo local y regional, y que se garantice su permanencia en estas áreas. Esto puede lograrse estableciendo cupos específicos para la financiación de investigaciones e investigadores, orientados a la solución de las coyunturas, pero basados en un Plan Nacional de Ciencia y Tecnología. El país posee fortaleza en la formación doctoral en ciertas áreas, lo cual, en términos de inversión, reducirá costos.

Investigadores doctorales extranjeros

Para ampliar las investigaciones, la producción científica y la posibilidad de transferencia del conocimiento, los programas de becas deberán incluir la financiación a estudiantes extranjeros en áreas en las cuales tenemos falencias. En ello el nuevo Ministerio de Ciencia Tecnología e Innovación puede redireccionar recursos a través de sus diversos programas de apoyo.

Ampliar las bases del conocimiento de la biodiversidad continental y marina

Incluyendo aguas subterráneas y acuíferos, así como en la plataforma continental y océano profundo, a través del establecimiento de un fondo especial de financiación nacional e internacional que impulse, también, la adquisición de embarcaciones oceanográficas.

Inventariar, conocer, monitorear y actualizar el inventario del recurso hídrico y su calidad

Acción para ser liderada por el Sistema Nacional Ambiental en cabeza del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, los Centros de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas de la Armada Nacional, así como los grupos de investigación, las universidades, el sector privado, implementando la iniciativa de datos abiertos; lo cual permitirá abordar de manera certera

el ordenamiento territorial y la resolución de los conflictos ambientales como la bioacumulación y la biomagnificación de elementos y compuestos químicos, que hacen del agua un recurso de pésima calidad en la mayoría de la red hídrica. Para esto las entidades del Sistema Nacional Ambiental (SINA) deben repensar su accionar.

Política de datos abiertos

Establecer que existirá la posibilidad de acceder a toda la información científica y técnica que permita a cualquier persona o entidad tener reconocimiento de la información física, química y biológica del territorio nacional *in situ* o bajo sensoramiento remoto, al considerar estrategias innovadoras de alcance internacional (p. ej. *data papers*). Parte del desarrollo integral económico de los países se debe en gran medida al reconocimiento de los datos como un elemento importante para generar valor social y económico agregado (OECD 2007). La tendencia hacia datos abiertos en ramas de CTI ha cerrado la brecha del conocimiento permitiendo que investigadores, estudiantes, así como no académicos, tengan acceso a la información a nivel mundial y es precisamente aquí donde se marca la diferencia entre ser competitivos y generar productos de valor agregado. Debido a los avances tecnológicos, la investigación se encuentra en una fase de transición metodológica que se mueve de un estado individual a uno basado en el colectivo humano e inteligencia artificial, bases fundamentales del concepto de ciencia abierta (*open science*).

Esta propuesta se basa en las iniciativas del Gobierno Electrónico, el Conpes 3920 de 2018, en la Ley 1712 de 2014, que además de definir a las entidades públicas involucradas dice que deberán estar incluidas las universidades privadas, los centros e institutos de investigación y las ONG. Es necesaria una ley con su reglamentación, que establezca la obligatoriedad de publicar la información obtenida con recursos públicos en el formato de *artículo de datos* con los datos en bruto de acceso libre en algún repositorio digital. Se debe promover con incentivos al sector privado y a las instituciones educativas privadas y públicas, en indicadores de calidad de su gestión o por la difusión de las tesis de sus estudiantes y la información de sus investigaciones. A esto se deberá sumar una plataforma robusta de

alcance global donde, por ejemplo, la Red Nacional Académica de Tecnología Avanzada RENATA, sea la herramienta base para este desarrollo.

Fortalecer la infraestructura instalada para el monitoreo de la atmósfera, hidrósfera y geósfera

Incluir los mecanismos de uso, lo que implica definir: i) las bases fundamentales para la creación de la *Política Nacional de Uso de Buques Blancos*, basando la estrategia en que los buques de investigación sean administrados por un ente o consorcio especial de la sociedad civil; ii) renovar y fortalecer el *Sistema Nacional de Observación y Monitoreo Ambiental* de ríos, lagunas, lagos, humedales y mares, teniendo presente la importancia de la interacción océano-atmósfera, continente-atmósfera, herramienta fundamental para entender, predecir y modelar escenarios nacionales de cambio climático y, iii) fortalecer el sistema de museos y colecciones biológicas, como salvaguardas de la biodiversidad, con acceso abierto a la sociedad. La Armada Nacional de Colombia, el IDEAM, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación (Ministerio de CTI) y el SINA, ASCUN y la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, se constituyen en los actores fundamentales para la generación de este consorcio. No obstante, es necesario que el Ministerio de CTI cuente con una Agencia para la apropiación base del conocimiento, donde los recursos para la operación de los sistemas de monitoreo ambiental y su modernización estén asegurados en el largo plazo.

Relacionamiento con los otros focos

Las cuatro propuestas jerárquicas descritas interactúan dinámicamente con al menos cuatro focos temáticos de la Misión: i) Ciencias Sociales, Desarrollo Humano y Equidad, ii) Biotecnología, Bioeconomía y Medio Ambiente, iii) Ciencias Básicas y del Espacio y, iv) Tecnologías Convergentes, Nano, Info, Cogno, Industrias 4.0.

Referencias

- Acero, A. & Polanco, A. (2017). Biodiversidad íctica de los mares colombianos: riqueza amenazada. *Rev. Acad. Colomb. Cienc. Ex. Fis. Nat.* 41[159]:200-212, abril-junio de 2017 doi: <http://dx.doi.org/10.18257/raccefyn.480>.
- Aldana, E., Chaparro, L.F., García, G., Gutiérrez, R., Llinás, R., Palacios, M., Patarroyo, M.E., Posada, E. Restrepo, A., Vasco, C.E. (1996). *Colombia: Al filo de la oportunidad*. Presidencia de la República. Consejería Presidencial para el Desarrollo Institucional. Colciencias. Tercer Mundo Editores. Bogotá, D.C., 119.
- Guzmán-Alvis, A. & Solano, O.D. (2002). Estado de los fondos blandos de la plataforma continental. 71-75. En: Ospina-Salazar, G.H., Acero, A. (Eds.). INVEMAR. Informe del estado de los ambientes marinos y costeros en Colombia: año 2001. Medellín. Colombia.
- IDEAM. (2007). *Ecosistemas continentales*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH), Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (Invemar) “José Benito Vives De Andrés”, Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas (Sinchi) e Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico (IIAP) John von Neumann.
- INVEMAR. (2018). Informe del estado de los ambientes y recursos marinos y costeros en Colombia, 2017. *Serie de Publicaciones Periódicas* (3). Santa Marta. Colombia.
- IUCN. (2008). La biodiversidad de agua dulce. Un recurso escondido y amenazado. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. Red List., 2. Recuperado de http://cmsdata.iucn.org/downloads/freshwater_biodiversity_a_hidden_under_threat_factssheet_sp_pdf.
- Maldonado-Ocampo, J. A., R. P. Vari & J. S. Usma. (2008). Checklist of the freshwater fishes of Colombia. *Biota Colombiana* 9(2), 143-237.
- McIntyre, Alasdair D. (2010). *Life in the World's Oceans: Diversity, Distribution and Abundance*. Wiley-Blackwell.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Sostenible. (2010). *Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico*. Bogotá, D.C. Colombia.

- Mora, C., Tittensor, D.P., Adl, S., Simpson, A.G.B, Worm, B. (2011). How Many Species Are There on Earth and in the Ocean? PLoS Biol 9(8): e1001127. doi:10.1371/journal.pbio.1001127.
- Naciones Unidas. (2015). Objetivos de Desarrollo Sostenible. Objetivo 14 vida submarina. Recuperado de <https://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals/goal-14-life-below-water.html>.
- OECD. (2007). *Principles and guidelines for access to research data from public funding*.
- RAMSAR. (2018). *Perspectiva mundial sobre los humedales. Estado de los humedales del mundo y de los servicios que prestan a las personas 2018*. Secretaría de la Convención de Ramsar. Convención sobre los humedales. Gland. Suiza.
- Sánchez-Páez, H., Ulloa-Delgado, G.A., Álvarez-León, R. (2000). Hacia la recuperación de los manglares de Caribe colombiano. Proy. PD 171(91) Rev. 2 (F) Fase II. Etapa II. Bogotá: Minambiente, Acofore, OIMT, 294.

Reflexiones y propuestas de reformas del Foco de Tecnologías Convergentes e Industrias 4.0

Contexto y alcance

Nos estamos enfrentando a uno de los retos más desafiantes de la historia reciente, como resultado de una convergencia tecnológica a gran escala que genera nuevos descubrimientos científicos y, sobre todo, pone de manifiesto la necesidad de pensar a dónde queremos llegar como sociedad. Su intensidad, velocidad y capacidad de transformación social, cultural y económica tienen la escala de una revolución. Las maravillas del ingenio humano están dando paso a la creación de servicios y modelos de negocio que permitirán bienestar social como nunca antes; la productividad y la eficiencia crecerán, la dinámica laboral se transformará, generando uno de los grandes retos que tenemos como sociedad: las nuevas definiciones de roles productivos. Posiblemente, los trabajos que conocemos para 2020 no serán los mismos para 2050, de ahí la importancia de fortalecer las bases de la formación de los colombianos y darles desde ya las herramientas para enfrentar estas incertidumbres. En paralelo, la calidad de vida y la longevidad crecerán, de la mano de nuevas y potentes herramientas de diagnóstico médico y tratamiento de las enfermedades; la convergencia de las tecnologías *Nano-Bio-Info-Cogno* (NBIC) nos lleva incluso a pensar en el mejoramiento del “rendimiento humano”. Las posibilidades de comunicación interpersonal e interacción social se magnifican con posible incidencia sobre las estructuras sociales y el comportamiento de los grupos. Aspectos como la ultrapersonalización, desintermediación, y descentralización de modelos de negocios, la interacción social, económica y política a través del uso masivo de datos y su analítica, traerán nuevos y grandes retos éticos, relacionados (pero no limitados) con derechos de

privacidad y seguridad que deberán ser gestionados por la sociedad en pleno para asegurar la fortaleza de estos inalienables derechos, más que nunca críticos de una sociedad moderna.

Muchos de los desarrollos emergentes están asociados a la acción conjunta de numerosas disciplinas congregadas por un objetivo común. Bajo la expresión Tecnologías Convergentes (NBIC), se describe la combinación de cuatro áreas del conocimiento: Nanotecnología, Biotecnología, Tecnologías de la Información y Ciencias Cognitivas, en sistemas jerárquicos desde la nano hasta la macroescala. El enfoque sistémico es otro de los campos fundacionales que tiene implicaciones en la integración de las tecnologías convergentes NBIC. ¿Podría esta convergencia llevar a resultados más significativos que cualquiera de ellas individualmente? La respuesta es que la convergencia potencializa exponencialmente los resultados (Bainbridge, 2013).

La dinámica de este fenómeno es fácil de imaginar, pero no lo es la comprensión de su impacto para Colombia. Por lo tanto, es necesario realizar un diagnóstico de las capacidades nacionales para aceptar el reto de abrazar la cuarta revolución industrial en torno a las estrategias de desarrollo del Estado. Las naciones que entiendan lo anterior y mejoren significativamente y como punto de partida los entornos de infraestructura digital estratégica, la educación, investigación, innovación, acompañados de regulación moderna e inteligente, serán aquellas que puedan convertir este momento de cambio en un elemento de desarrollo.

El Grupo de Tecnologías Convergentes —Nano, Bio, Info y Cogno— e Industria 4.0 se ha planteado como objetivo proponer acciones que le aseguren un rol a Colombia en el contexto nacional e internacional de esta nueva revolución industrial, teniendo siempre en cuenta a los colombianos de hoy y a las generaciones futuras, así como generar un conjunto de propuestas como marco para la construcción e implementación de una política pública sólida en educación, ciencia, tecnología e innovación.

Estado del campo en Colombia

La evaluación de nuestra preparación para maximizar los beneficios de la convergencia tecnológica y digitalización se sustenta en los siguientes elementos: la calidad de la educación básica, la pertinencia de la educación superior, la robustez de nuestro sistema de investigación y sus niveles de internacionalización, y el perfil del sistema productivo.

Cobertura y acceso a internet en la educación básica en Colombia

La educación básica y media son la base fundamental de la calidad del sistema de CTI; los indicadores de cobertura y calidad publicados por el Ministerio de Educación Nacional (MEN, 2019) muestran grandes tareas a emprender en Colombia. La preparación del capital humano para asimilar los nuevos retos impuestos por la nano y bio tecnologías, la automatización, la digitalización, el Big data, la inteligencia artificial y en general, el vertiginoso desarrollo tecnológico, empieza desde el nivel básico. En este momento de la formación, las ciencias básicas, el lenguaje, el pensamiento computacional y las habilidades blandas serían los grandes pilares de la formación. En su defecto, Colombia está aún concentrada en problemas de cobertura y mínima calidad. Elementos mínimos como el acceso a recursos informáticos y conexión a internet son inaceptables. Solo el 33 % de los estudiantes rurales cuenta con un computador y el 25 % con acceso a internet; en la zona urbana los valores son 63 y 65 % respectivamente (Icfes, 2018). Nuestro atraso pone en riesgo la calidad de la educación superior, la capacidad de las empresas para asimilar nuevas tecnologías y la posibilidad de alcanzar una masa crítica de alto nivel que fortalezca el sistema CTI nacional.

El reto de la preparación básica para integrar la automatización y la inteligencia artificial es global. Es fundamental llegar a un pacto nacional que redefina el papel de la docencia acorde con la necesidad de tomar gran ventaja de la gran convergencia tecnológica en escenarios como la Inteligencia artificial, a partir de contenidos incluyentes con

gran capacidad de personalización para el estudiante en todas sus etapas, dentro y fuera del salón de clase.

Oferta de programas en educación superior, egresados y su nivel de formación

En este caso, solo se evalúa el número de estudiantes por área y por nivel educativo, en pro de la definición de la masa crítica requerida para esta gran transformación. De acuerdo con las estadísticas publicadas por el Sistema Nacional de Información sobre la Educación Superior en Colombia (SNIES), la población que culmina sus estudios en educación superior —en todos los niveles, desde técnico a doctorado— dentro de las áreas del foco, casi se triplicó entre los años 2001 y 2017. Sin embargo, la observación del número de matriculados muestra una tendencia estable alrededor de los setenta mil estudiantes, en los últimos tres años -con una mínima reducción para 2019 (SNIES, 2019).

Los datos de la distribución de los estudiantes, según el nivel de formación, para el segundo semestre de 2017 muestran una dominancia de la formación profesional, seguida por la técnica y tecnológica. En la distribución de los graduados en Colombia entre 2001 y 2017, se hace visible una considerable reducción de la formación tecnológica y el aumento en la participación de los postgrados. Aunque las ciencias naturales o de la vida, ciencias básicas, ciencias humanas, ciencias agrarias, ciencias de la ingeniería, siguen dominando en las facultades o escuelas de Colombia, es innegable la dinámica interdisciplinaria y multidisciplinaria que los investigadores y las empresas han comenzado a desarrollar en los últimos años. Un factor no mencionado en estas estadísticas, pero que es de gran relevancia a nivel global, es la necesidad de habilitar programas que faciliten la atracción de más mujeres en la formación de las áreas de Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas a través del Arte y el Diseño (STEAMD). Esta es una oportunidad que debe ser realizada haciendo las intervenciones adecuadas que creen los incentivos de participación más activa.

Sobre la relación de esta dinámica con las necesidades del sector productivo quedan grandes interrogantes, pues no se encuentra evidencia

que indique que la oferta de programas y su contenido curricular cuenten con algún mecanismo de retroalimentación. En paralelo, se resalta el valor de la experiencia del SENA, catalogado como “formación para el trabajo”, cuya pertinencia y articulación con el sector productivo sí constituye una fortaleza del sistema de formación en el país. En los programas tecnológicos del SENA, el 68 % de los matriculados están en las áreas del foco, dentro del nivel de formación tecnológica (SNIES, 2019). Además de ellos, el SENA cuenta con formación operativa y técnica. Las tendencias globales apuntan a programas de gran calidad y especializados con menor duración (menos de dos años) y mucho más acordes con las claras demandas del mercado local y global (P. ej. Codificadores, especialistas en realidad virtual e inteligencia artificial aplicada, etc.).

Grupos de investigación en las áreas NBIC e Industria 4.0: número, producción académica e impacto

La masa crítica de investigación del país se mide inicialmente a través de un ejercicio de clasificación de los grupos de investigación registrados, utilizando como categorías los ocho focos temáticos de la Misión (Colciencias, 2019); allí se identifica que solo el 13 % los grupos de investigación en el país -para un total de 1153 investigadores- trabaja en temas relacionados con las tecnologías convergentes y la industria 4.0. Sin embargo, un análisis posterior realizado con base en las líneas temáticas de los grupos, muestra que otros 120 grupos asignados a áreas de las ciencias básicas, la biotecnología o la salud, están directamente relacionados con temáticas NBIC o Industria 4.0. Esta situación se explica dado el indiscutible carácter transversal de las tecnologías convergentes.

La productividad puede describirse a través del número de publicaciones; si sumamos nuestra producción académica a la de Chile, México y Brasil, la participación de Colombia en las tecnologías aplicadas es del 9 % en aplicaciones tecnológicas y 6 % en ciencias básicas. La relación entre estos dos ítems es fundamental y demuestra el importante sustento que los desarrollos tecnológicos tienen en las ciencias básicas. El número de publicaciones en ambas áreas, identificado para los países latinoamericanos

mencionados y Estados Unidos, China y Alemania, muestra una relación muy constante y aproximada de 33 a 1, es decir, para los casos mencionados, por cada 33 artículos en ciencias básicas se publica uno en aplicaciones tecnológicas. En esta misma línea, se encuentra que los cuatro países latinoamericanos listados aportan el 6 % de los artículos en aplicaciones convergentes y el 7 % en ciencias básicas.

Es mínimo el impacto de nuestro sistema científico medido a través de patentes y citaciones en patentes. Según datos publicados por Lens.org, del total de las patentes mundiales en áreas asociadas a las NBIC e Ind. 4.0. la participación del país equivale al 0.0008 % de las patentes registradas; el impacto de las publicaciones sobre la innovación mundial es un poco más alto: trabajos académicos colombianos constituyen el 0.0256 % del sustento teórico citado en estos procesos de innovación.

Intensidad de conocimiento en temáticas del foco en el sector productivo

Teniendo en cuenta las encuestas manufacturera y de servicios del DANE, se analiza la participación de los subsectores más relacionados con las áreas del foco, en relación con el total de las ventas o ingresos, valor agregado y empleo. En el sector manufacturero se consideraron los siguientes subsectores: productos informáticos, electrónicos y ópticos, aparatos y equipo eléctrico, maquinaria y equipo n.c.p., vehículos automotores, remolques y semirremolques. Para el caso del sector servicios, se incluyeron: desarrollo de sistemas informáticos, procesamiento de datos y actividades profesionales, científicas y técnicas. La Tabla 13, contiene la información que describe la participación de los subsectores con mayor intensidad de conocimiento sobre los ingresos, empleos y valor agregado de los grandes sectores manufactura-servicios. Se aclara que en ambos casos puede haber errores de sobreestimación, pues no todas las actividades enmarcadas en estos grandes subgrupos productivos están directamente relacionadas con las temáticas del foco.

Tabla 13. Participación porcentual de los subsectores con mayor intensidad de conocimiento, sobre los ingresos, empleos y valor agregado de los grandes sectores manufactura/servicios

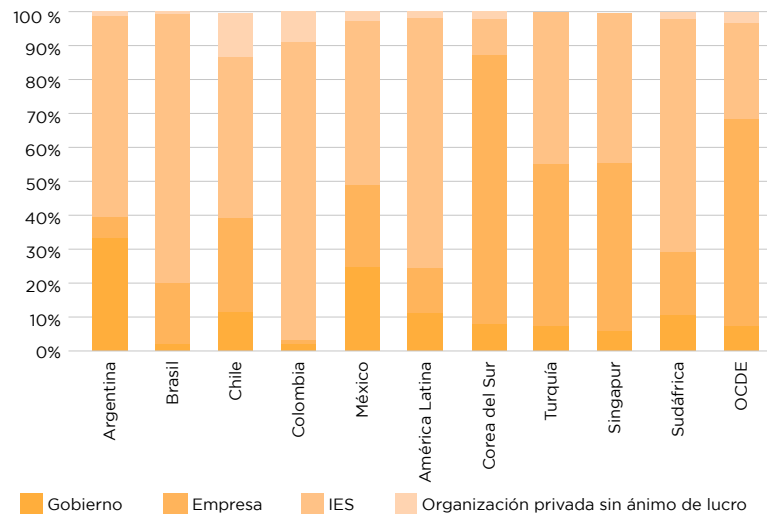
Sector	Ingresos (%)	Empleos (%)	Valor agregado total(%)
Servicios	9	3	13
Manufactura	6	8	5

Fuente: elaboración propia.

Condiciones para retener y atraer el talento humano –oportunidades de trabajo

El capital humano de alto nivel de formación encuentra en Colombia pocos espacios de inserción laboral, por fuera del entorno universitario. Los datos sobre número de doctores en Colombia son bastante imprecisos, pues no existe un mecanismo efectivo de monitoreo de doctores formados en el exterior. Sin embargo, la encuesta manufacturera y de servicios del DANE (2016-2017), identifica 15.000 doctores en el medio laboral, incluyendo el sector universitario. A partir de esta misma encuesta, se establece que solo el 10 % de las personas con formación doctoral trabaja en el sector industrial o de servicios; los demás están vinculados a alguna institución de educación superior. Los asistentes a los foros regionales, realizados durante la ejecución de la Misión de Sabios, consideran que las empresas no cuentan con un entorno laboral propicio para la investigación, ni hay incentivos salariales que inviten a la cualificación académica dentro del entorno laboral. En la Figura 19, se evidencia la baja inserción de personal altamente calificado en el gobierno o la industria, todos ellos se concentran en el medio académico. Las misiones emblemáticas propuestas por esta Misión de Sabios, son la gran apuesta de formación, reclutamiento, desarrollo y retención (repatriación) de doctores y a su vez, la gran punta de lanza en la atracción de talento internacional que ayude a avanzar en el gran proyecto de país.

Figura 19. Inserción de investigadores en los sectores público y privado.
Fuente: Informe Nacional de Competitividad Colombia 2018-2019



Arquitectura Crítica para la Innovación y la Oportunidad Global

Desde este foco de la Misión de Sabios se propone lo que se ha denominado *Arquitectura Crítica para la Innovación y la oportunidad global* que reúne los elementos necesarios para posicionar a Colombia como una sociedad del conocimiento teniendo en cuenta una inversión inteligente, organizada y focalizada; esta propuesta incluye también una taxonomía que podría ayudar a viabilizar proyectos críticos a escala, así como apuestas estratégicas nacionales con potencial transformador en beneficio del conjunto de la sociedad. La arquitectura es presentada en la Figura 20, que identifica cinco capas horizontales y siete pilares que cruzan verticalmente cada capa. Los pilares ilustran las dependencias críticas que describen hacia dónde dirigir nuestros esfuerzos y recursos para posicionar a la nación para un futuro mejor. Las capas horizontales representan los elementos físicos, tecnologías y capacidades que soportan el Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SNCTI) así como una capa beneficiaria que debe realizar,

ante todo, una inclusión tanto económica como social como resultado de una implantación adecuada de la *Arquitectura Crítica para la Innovación y la oportunidad global* propuesta.

Propuestas

Las propuestas del foco surgen de la descripción de *Arquitectura Crítica para la Innovación y la oportunidad global*. La intención de estos pilares verticales es resaltar las dependencias críticas que definen hacia dónde debemos dirigir nuestros esfuerzos y recursos para traducirlas en acciones sostenidas de gran calado transformador. A partir de este esquema se ilustran las tres grandes propuestas del foco y los dos grandes retos apoyados por el foco.

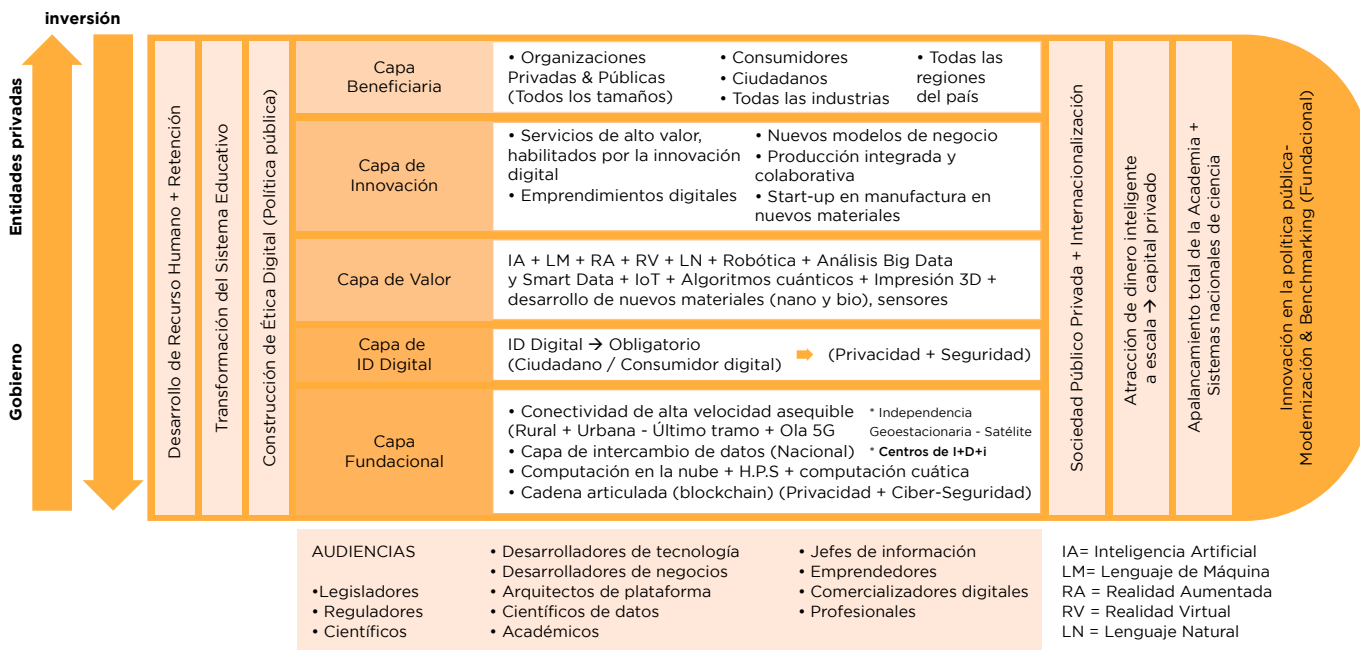


Figura 20. Arquitectura crítica para la Innovación y la oportunidad global, con las cinco capas necesarias para la construcción de una sociedad basada en el conocimiento y los pilares verticales necesarios para conseguirlo

Transformación del sistema educativo

- a) El desarrollo del pensamiento computacional y bilingüismo deben hacer parte de la educación básica en Colombia; es necesario integrar la primera como un área básica e incrementar el número de horas dedicadas al aprendizaje de lenguas extranjeras —especialmente inglés—. Así mismo se recomienda la adopción de estrategias para formación con enfoque STEAMD. En particular, con gran énfasis en escenarios de analítica de datos, robótica, e inteligencia artificial y sus respectivos algoritmos, áreas de altísima demanda a nivel global e inmensa prioridad para los países punteros en la transformación de sus sistemas educativos en el contexto de las tecnologías convergentes. Es muy importante mencionar la necesidad educativa imperiosa de proveer agresivamente el contexto en valores éticos, que ante todo incluyan transparencia e inclusión en el desarrollo y uso de las nuevas tecnologías. Esto requerirá no solo una transformación curricular sino cualificación docente y dotación de computadores o tabletas y conexión a internet en la totalidad de las instituciones educativas en Colombia.
- b) El número de ingenieros en el país no es un elemento suficiente para asegurar altos niveles de investigación y apropiación tecnológica: es indispensable que el plan de estudios de todas las ingenierías fortalezca la enseñanza de las ciencias básicas, permita el desarrollo de competencias en IA, IoT y matemáticas avanzadas. Esto inevitablemente requerirá habilitar grandes proyectos de país para asegurar su retención.
- c) Las instituciones de educación superior, de todos los niveles y perfiles, deben asegurar programas adecuados al esquema de “Educación ética a lo largo de la vida” y apropiación social del conocimiento, especialmente dirigidos a los empleados del sector productivo, pues el 63 % de esta población no tiene ningún nivel de formación superior. Esta es una condición que debe ser corregida, pues el desarrollo tecnológico del país no solo requiere de los investigadores que creen e innoven, sino de una amplia base de técnicos y tecnólogos que permitan la implementación de los desarrollos.

Transformación digital del estado, identidad digital e infraestructura nacional para la conectividad digital

- a) El Estado es, por definición, la plataforma básica de gestión nacional, su eficiencia se traduce en el adecuado desempeño de todos los demás sectores de la sociedad; en el mundo actual es imposible hablar de eficiencia sin digitalización. La transformación digital del Estado debe fortalecerse más allá de las metas del actual PND y debe incluir la identidad digital de los ciudadanos, como una herramienta para mejorar la oferta de servicios públicos y privados debido al carácter disperso de la población colombiana. La creación de una capa de intercambio de datos del Estado es esencial para este efecto ya que a través de ella no solo se proveería transparencia en el uso de los dineros del erario, sino sería instrumental en crear las condiciones de innovación del Estado mismo y su relación con el sector productivo.
- b) Los instrumentos de gestión territorial, sistemas de monitoreo ambiental y prevención de desastres, así como el control a la movilidad urbana, tienen enormes posibilidades de mejoramiento a partir de las nuevas tecnologías. En este sentido, herramientas como el *big data*, *IoT*, *blockchain* o inteligencia artificial, se convierten en instrumentos básicos de transformación. Asociaciones público privadas con empresas de alta tecnología, serán esenciales para alcanzar la escala necesaria que pueda generar soluciones que realmente den respuestas efectivas a estos desafíos y oportunidades.
- c) Toda esta transformación requiere, además, de una infraestructura básica de conectividad y transmisión de datos de alta velocidad con cobertura en todo el territorio nacional. El Estado debe fortalecer la infraestructura que asegure la conectividad regional total, no solo como instrumento de bienestar social, inclusión educativa sino también control y desarrollo local. La conectividad en las regiones hoy aisladas debe ser prioridad nacional, de nuevo, más allá de las metas del PND.
- d) El Estado como ente regulador también debe modernizarse, atendiendo las demandas de los nuevos modelos de negocio y

gestión de la información, incluyendo la innovación imperiosa en políticas públicas que ayuden a crear las condiciones necesarias para acelerar la innovación en todas sus dimensiones.

Ecosistema de innovación

- a) Modernización de los sistemas de financiación de la investigación y promoción de capital de riesgo para llevar las ideas a productos consolidados y permitir la creación de nuevas empresas de base tecnológica —*alianzas público-privadas*—.
- b) Redefinir el rol de los técnicos, tecnólogos, profesionales, académicos e investigadores, apalancando las interacciones entre todos los estamentos a través de institutos que articulen investigación científica, sector productivo y sector público —*Centros, Institutos y Laboratorios Nacionales*—.
- c) Integrar a las Pymes en la dinámica de la cuarta revolución industrial; su rezago en términos de apropiación tecnológica y su importancia en la economía nacional las convierten en el foco de atención de cualquier programa que pretenda lograr que Colombia haga parte de la dinámica global. Gran oportunidad de alianzas público-privadas con compañías que hoy tienen un gran foco en este sector y su productividad habilitada por herramientas tecnológicas de punta.

Retos de país apoyados en las temáticas del Foco

1. Colombia Productiva y Sostenible
2. Colombia Bio-diversa: en lo natural y lo cultural

SE

The image features a vibrant orange background. In the center, the letters 'IAS' are rendered in a large, white, stylized font. The 'I' is a simple vertical bar with a slightly rounded top. The 'A' is a tall, narrow shape with a pointed top and a small opening at the bottom. The 'S' is a large, flowing, cursive-like shape. Above the 'I', there is a white circle. The text 'Misiones emblemáticas' is written in a bold, black, sans-serif font, centered over the 'A' and 'S'.

**Misiones
emblemáticas**

La investigación orientada por misión (IOM). Política general

Origen y definición

La investigación orientada por misión (IOM) reconoce un rol proactivo del Estado en la orientación del desarrollo científico y de la innovación. El Estado asume el carácter de emprendedor (Mazzucato, 2014). La IOM consiste en un conjunto de políticas públicas sistémicas que se nutren de la frontera del conocimiento con el fin de lograr propósitos específicos, o “gran ciencia para enfrentar grandes problemas” (Mazzucato, 2018).

En el contexto actual de grandes retos sociales y ambientales, los gobiernos buscan promover crecimiento social y económico inteligente, inclusivo y sostenible. La estrategia política de “investigación orientada por misión” (IOM) permite atender estos desafíos mediante la identificación y articulación de problemas concretos (misiones). De esta manera se busca promover el vínculo entre las competencias científicas y los intereses y requerimientos de la sociedad, así como impulsar la dinámica entre los sectores público y privado en emprendimientos de interés común. Las misiones suministran una solución, una oportunidad y un enfoque para abordar los desafíos de la vida cotidiana de comunidades y naciones.

Es necesario aprovechar el poder del conocimiento desarrollado por la CTI para orientar objetivos de política, sociales y de sostenibilidad mientras se promueve desarrollo equitativo e inclusivo. Las misiones constituyen

una herramienta poderosa para encauzar el desarrollo y la agenda política y para incrementar el impacto del conocimiento en la sociedad. Esta estrategia permite enfocar los medios de investigación e innovación para atender problemas críticos, y según el caso, puede estimular el crecimiento, el empleo y efectos secundarios positivos en diversos sectores (Mazzucato, 2018). Al orientar las inversiones públicas de la CTI en nuevas áreas estratégicas definidas de común acuerdo entre los diferentes actores (públicos, privados, tercer sector), se promueve la colaboración entre los sectores. Por otro lado, la percepción de futuras oportunidades puede despertar el interés de inversión del sector privado, tradicionalmente conservador por aversión a la incertidumbre. Las misiones permiten definir más claramente estas oportunidades para las empresas.

La IOM ha evolucionado en el tiempo. Los primeros ejemplos de IOM que atendieron asuntos de defensa (nuclear y aeroespacial), como la Misión Apolo o el denominado Proyecto Manhattan, tenían características de control centralizado por la administración del gobierno, difusión altamente controlada, baja participación de empresas y proyectos altamente contenidos. Esto ha sido cambiado por misiones amplias de país, o internacionales, que atienden cuestiones de interés común, desafíos sociales en un marco político que promueve el conocimiento y el uso y desarrollo de nuevas tecnologías. Los principales intereses actuales en la IOM, especialmente a nivel internacional, se centran en la sostenibilidad ambiental, social y económica para enfrentar desafíos como el cambio climático y para implementar el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Es importante aclarar que los países que han adoptado la filosofía de investigación orientada por misión también fomentan y financian investigación orientada por la curiosidad que, como hemos anotado, complementa y nutre a la primera.

Una misión establece objetivos concretos y rutas para contribuir a superar los desafíos sociales, movilizándolo para ello a diversos sectores. En esta perspectiva renovada de IOM, la dirección científica y técnica es definida por los diversos actores que participan (sector público, empresas, investigadores, consumidores), se incentiva activamente la difusión de resultados, el control es descentralizado dado el gran número de actores

involucrados, se enfatiza en el desarrollo de innovaciones transformativas con amplia participación de diversos sectores y es indispensable contar con políticas públicas de apoyo para los emprendimientos. Por ello, este enfoque de la IOM debe desarrollar capacidades en las instituciones públicas con el fin de introducirlas en procesos de aprendizaje, desarrollo de nuevos indicadores y herramientas para toma de decisiones y evaluación de impacto. Es necesaria la intervención participativa de los diversos actores para que las misiones seleccionadas tengan legitimidad democrática, sean estables y motiven a otros sectores de la sociedad (Mazzucato, 2016).

La IOM supera el supuesto conflicto entre ciencia y sectores productivos. En ella, se combinan tareas de investigación básica, tareas de investigación precompetitiva y tareas de investigación competitiva. Tanto las empresas como la Academia, el Estado y, en algunos casos, las organizaciones sociales, convergen en un propósito común de alto interés nacional. En un sistema maduro de ciencia, tecnología e innovación, la IOM convive en armonía con las investigaciones fundamentales que son la semilla de nuevas y futuras IOM.

La misión le provee objetivos a la investigación de distintos actores, que solo se pueden alcanzar con un conjunto de programas de investigación y con innovaciones y con políticas, acciones de despliegue y participación de la ciudadanía. Las misiones deben ser específicas y flexibles. En algunas áreas, una misión debe desencadenar acciones para el desarrollo de nuevos conocimientos teóricos básicos y aplicables y de tecnologías que incrementen su impacto social. En otras áreas, las misiones deben orientar un cambio transformativo sistémico de los procesos sociales y productivos. Para que tengan un amplio impacto social necesitarán una combinación de los dos enfoques: desarrollo de tecnologías y cambio sistémico. Las misiones deben ser desafiantes, inspiradoras, relevantes y ambiciosas, pero apoyadas en investigaciones realistas y en acciones de innovación; deben poseer una dirección clara y objetivos medibles y limitados en el tiempo; deben desarrollar innovación interdisciplinaria, intersectorial e interactorial y deben estar ancladas en acciones originadas en las comunidades (soluciones de abajo hacia arriba) (Montenegro, 2019).

La investigación orientada por misión combina ciencia de avanzada, como fue descifrar el genoma humano o los recientes avances en física, en IA o en las matemáticas de la robótica, con emprendimientos industriales de orientación hacia el mercado. La IOM implica desarrollo del conocimiento que también pueden orientarse a mejorar el bienestar de la sociedad. No se espera que quienes desarrollen el conocimiento sean quienes lo usen para aplicarlo en soluciones, sino que todos forman parte de una cadena de trabajo que atiende los propósitos de la misión asignada. En la IOM se da una convergencia de diversos tipos de investigación y un balance sano de las cargas, especialmente cuando los presupuestos son limitados.

Las iniciativas son inter, multi y transdisciplinarias, su horizonte total es generalmente de largo plazo, aunque se deben ir definiendo etapas y metas específicas a menores plazos con monitoreo permanente (European Commission, 2018). Por esta razón, su financiación también debe considerarse a plazos mayores que los proyectos específicos convencionales.

Se encuentran dificultades para adoptar como prioridad de política pública las CTI y realmente reconocerla como fuente de ventajas para el desarrollo productivo sostenible. Persiste la falta de coordinación entre los actores clave del sistema y del sector público con el privado. Una forma de evitar la fragmentación del conocimiento en las actividades científicas es coincidir en atender problemas concretos definidos a través de la IOM con esfuerzos conjuntos en los que se relacionan y complementan diversos campos del conocimiento. La IOM se fundamenta en la integración de niveles, objetos de análisis y disciplinas. Las políticas orientadas por misión se apoyan en los principales avances tecnológicos recientes y ofrecen el enfoque transformativo que se requiere en la actualidad.

En síntesis, las principales características de la IOM son las siguientes:

- Se trata de una decisión y políticas de un país en relación con cambios estructurales para definir la solución de un problema importante para la sociedad, con una meta específica para un país o región, en un tiempo delimitado.
- Se sitúa entre un reto y uno o varios sectores de la sociedad.
- Requiere de participación e interacción activa y armónica entre todos los sectores de la sociedad, así como de inversión empresarial.

- Cumple con una función social, ambiental y económica.
- Requiere de la participación integral y activa de una variedad de actores de diferentes campos de experiencia con el fin de preparar e implementar esa misión.
- Necesita de gobernanza eficiente, proactiva, para implementar nuevos modelos de cooperación y gestión sostenible con innovación tecnológica y social.

Ejemplos de IOM a nivel internacional

La mayoría de países están mirando hacia un modelo de desarrollo más intensivo en conocimiento con el fin de aprovechar los avances tecnológicos y coinciden en que un instrumento clave para la promoción del crecimiento sostenible incluye nuevos enfoques para abordar problemas. El mayor desafío es definir y priorizar las misiones más destacadas para el país, con relevancia social o ambiental, o ambas. Se deben atender preguntas relacionadas con los sistemas productivos, la sostenibilidad, el cambio climático, la biodiversidad, los desastres naturales, la salud pública, energías, calidad de vida o temas de interés regional. Las grandes preguntas que promuevan el desarrollo científico de la región son las que deben definirse conjuntamente.

Entre los principales ejemplos de esfuerzos internacionales conjuntos se pueden destacar la movilización de la Unión Europea con enfoque de investigación e innovación como soporte para la implementación de la Agenda 2030 de Desarrollo Sostenible (Mazzucato, 2018). Cada uno de los 17 ODS se puede dividir en varios temas o misiones, de acuerdo con las especificidades de problemas complejos que afecten un país o una región. El logro de los objetivos de dichas misiones requiere de desarrollo e innovación en una modalidad interdisciplinaria que se expresan en un portafolio de programas y proyectos estratégicos de este tipo, en cuya formulación es muy importante la participación real de los diversos actores —incluidas las iniciativas desde el nivel local— y la apertura a la experimentación y modelación (Montenegro, 2019).

Otra misión global de gran envergadura, con alto contenido de desarrollo de conocimiento fundamental, es el Proyecto BioGenoma de la Tierra (Earth BioGenome Project, EBP), en el cual un consorcio internacional de científicos busca secuenciar, catalogar y analizar los genomas de todas las especies eucariotas conocidas de la Tierra (plantas, animales y organismos unicelulares) en diez años para conocerlas y promover su conservación y aprovechamiento. Esta misión plantea estudiar el impacto del cambio climático, la conservación de especies y ecosistemas amenazados y la promoción de servicios ecosistémicos. Su objetivo es preservar la biodiversidad del planeta. En ella, participan instituciones cuya misión es conservar la biodiversidad del mundo: universidades y centros de investigación líderes mundiales, así como el Smithsonian (USA), el Instituto de Genomic de Beijing (BGI) en China, el Wellcome Trust Sanger Institute de Genómica y el Royal Botanical Gardens del Reino Unido, la Fundación de Investigación Fapsep de São Paulo, Brasil, y el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. Estas trabajan estrechamente con la Red Global de Biodiversidad Genómica, el Banco Mundial de Codes y numerosos emprendimientos en biotecnología y de la Cuarta Revolución Industrial. Sus resultados se presentarán como bien público en plataforma digital. Es importante subrayar que el conocimiento obtenido en este proyecto develará las características más profundas e íntimas de las especies --los genes— y no, como algunos proyectos anteriores, solo las características morfológicas.

La ejecución de los proyectos requiere políticas públicas complementarias y convergentes, tanto de oferta como de demanda, a lo largo de la cadena de valor, para lo cual es indispensable una gobernanza flexible efectiva y de naturaleza estratégica, con la actuación de un sector público capaz, ejerciendo liderazgo, implementando y experimentando asociaciones innovadoras público-privadas y no limitándose a la superación de fallas de mercado (Montenegro, 2019). La Figura 21 muestra la estructura lógica de las misiones.

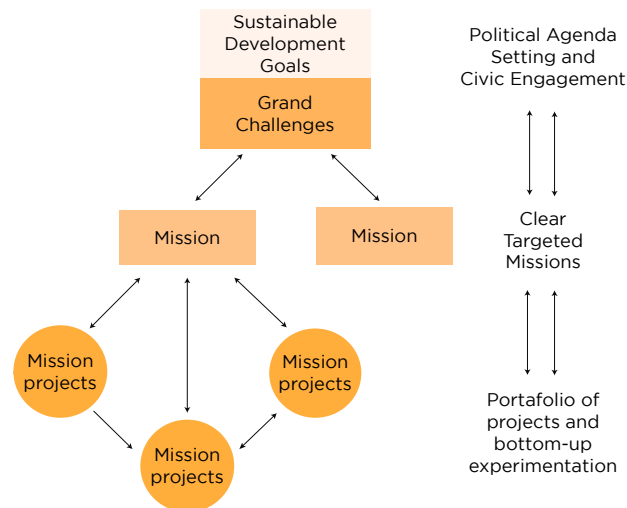


Figura 21. Estructura lógica de una misión
Fuente: Mazzucato, 2018.

Papel específico de las misiones en el contexto de Colombia

Además de los objetivos generales planteados en los párrafos anteriores, las misiones en Colombia pueden corregir la atomización y la dispersión de la asignación de fondos escasos que ha sucedido hasta el momento, de tal forma que confluyan a la solución de problemas críticos del país. Las misiones excluyen la malsana competencia por los recursos al orientar intereses y objetivos comunes en donde diversos actores de todos los sectores pueden participar en forma conjunta y articulada. La visibilidad de los impactos de este enfoque fortalecerá el apoyo público a la CTI.

Propuestas para Colombia

Para el país, cuyos activos biológicos son su mayor potencial, los temas de medio ambiente, diversidad cultural y desarrollo sostenible, en un enfoque de bioeconomía y economía creativa, son de importancia crucial. Su abordaje exige participación e interacción de los diferentes estamentos y actores,

situación que demanda la formulación de una investigación-innovación orientada por misión. La incorporación de conocimiento y nuevas tecnologías para la comprensión y gestión de los recursos naturales y culturales son la estrategia precisa que requiere el país para responder apropiadamente a los desafíos de sostenibilidad social, ambiental y económica para el 2030.

Bajo el contexto de una sociedad intensiva en conocimiento, la Cuarta Revolución Industrial se convierte en componente fundamental para el enfoque de IOM, puesto que constituye un cambio transformativo acelerado en CTI en los sistemas productivos actuales, el cual combina áreas digitales, físicas y biológicas (Big Data, IA, IoT, robótica, nanotecnología, biotecnología, revolución molecular o genómica). Por ejemplo, en el caso de la sostenibilidad y el cumplimiento de los ODS (Agenda 2030), esta permite la articulación y reorientación de innovaciones en ciencias biológicas y de materiales transformando la investigación científica y las industrias con mayor eficiencia, y facilitando el aprovechamiento en cascada de los biomateriales, con la consiguiente reducción en la producción de desechos contaminantes.

Un punto fundamental para tener en cuenta en la formulación de políticas en IOM es la pluralidad de posibles iniciativas (nacionales y regionales), así como las diferentes escalas de una orientación por misión y su direccionalidad e intencionalidad. Puede haber iniciativas orientadas a avances CTI rápidos (aceleradoras) y otras dirigidas a cambios sociales (transformativas), o con componentes variables de las dos. Para que la IOM sea exitosa, se requiere de algunas condiciones de ambiente político e institucional adecuado y con aceptación cultural. Además, se debe contar con capacidades y conocimiento de apoyo y con el respaldo de todos los actores (European Commission, 2018). Se trata de un esfuerzo conjunto que implica una cadena integral de funciones articuladas con participación de todos los miembros de la sociedad, cada uno con un papel específico, y generalmente implica una combinación de proyectos diversos porque abordan temas variados. Muchas de las iniciativas en temas de sostenibilidad, economía circular, cambio climático y energía tienen un abordaje amplio y temas como transporte, seguridad, salud y alimentos tienen enfoques más reducidos. Una ventaja adicional de la IOM es que,

direccionada hacia un gran objetivo de interés común, es posible definir componentes específicos de acuerdo con la situación local o regional, contribuyendo al fin común.

Referencias

- European Commission. (2018). *Mission-oriented research and innovation: Inventory and characterisation of past initiatives*. Final Report. European Commission, Directorate-General for Research and Innovation.
- Mazzucato, M. (2015). *The Entrepreneurial State*. Anthem Press. UK.
- Mazzucato, M. & Gaetano Penna (eds). (2015). *Mission-Oriented Finance for Innovation*. New ideas for investment-LED growth. Policy Network.
- Mazzucato, M. (2016). "From market fixing to market-creating: a new framework for innovation policy". *Industry and Innovation*, 23(2): 140-156.
- Mazzucato, M. & Penna C. (2016). *The Brazilian Innovation System: A Mission-oriented Policy Proposal*, CGEE. Recuperado de <https://www.cgee.org.br/the-brazilian-innovation-system>.
- Mazzucato, M. (2018). *Missions: Mission-Oriented Research & Innovation in the European Union*. A problem-solving approach to fuel innovation-led growth. Brussels: European Commission. Recuperado de https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/mazzucato_report_2018.pdf
- Montenegro, I. (2019). "Marco de conocimiento: Investigación Orientada por Misión" (sin publicar).
- Technopolis Group (2018). "R&I Policy Advice to support CELAC countries in addressing the Sustainable Development Goals through research and innovation". Draft Final Report.

Retos y misiones

En un mundo y una época de grandes retos para la razón y el conocimiento, muchos países se han inclinado por movilizar buena parte de sus esfuerzos de investigación y desarrollo tecnológico orientándolos en el marco de grandes misiones emblemáticas. El ejemplo clásico fue la decisión de los Estados Unidos de poner un hombre en la Luna en un plazo que entonces parecía improbable. La decisión movilizó al Gobierno, a las empresas y a la academia en un esfuerzo coordinado y altamente motivado, que no solo logró el objetivo último, sino que le dio un impulso general a toda la ciencia y la tecnología de esa Nación, generando verdaderas revoluciones en electrónica, computación, ciencias de materiales, comunicaciones y muchas otras áreas que antes parecían inconexas.

La Misión Internacional de Sabios 2019 le propone al país enfrentar tres grandes retos con la estrategia de misiones. El primer reto es el de una *Colombia Biodiversa* que propone identificar, conocer, documentar y aprovechar la diversidad cultural y natural del país para impulsar la bioeconomía y la economía creativa, y generar conciencia en los colombianos del valor de su patrimonio e inspirándolos a protegerlo y preservarlo. El valor que se obtenga permitirá al país dejar de depender de la explotación de recursos no renovables y productos agrícolas primarios para dar un giro hacia una economía basada en el conocimiento, la conservación y el aprovechamiento de la biodiversidad con gran valor agregado y con la generación de nuevos productos. El segundo reto, *Colombia productiva y sostenible*, busca modificar la estructura productiva del país hacia industrias y servicios con contenido tecnológico alto, crear empresas de economía circular con máximo aprovechamiento de residuos y con sostenibilidad ambiental, a través de la diversificación tecnológica, el aumento de la productividad, aprovechamiento de las tecnologías convergentes e industrias 4.0 y el suministro de productos y servicios sofisticados y con proyección exportadora. El tercer gran reto, *Colombia equitativa*, busca garantizar que el amplio acceso a educación, salud, servicios básicos y empleo digno se conviertan en la base del desarrollo.

Estas iniciativas son inter y transdisciplinarias, contemplan desarrollos científicos fundamentales y aplicados, su horizonte es de largo plazo, pero se definen etapas y metas específicas a diferentes plazos y con monitoreo permanente. Son ideas audaces e inspiradoras con una dirección clara que apunta al corazón de grandes problemáticas nacionales. Son ambiciosas pero realizables. Ofrecen múltiples soluciones a los problemas y proponen una construcción con gran participación de las poblaciones interesadas.

Están previstos algunos mecanismos de gobierno de carácter general que, en su mayoría, dependen del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, pero es importante definir las instancias encargadas de articulación entre el nivel de las políticas y el de la ejecución. En este mismo capítulo se presenta un listado “control de mando” que sugiere, para cada actividad, qué ministerios deben participar, los responsables, los términos de ejecución, y los indicadores de cumplimiento. Así mismo se definen algunas condiciones previas, necesarias para el éxito de los diferentes emprendimientos.

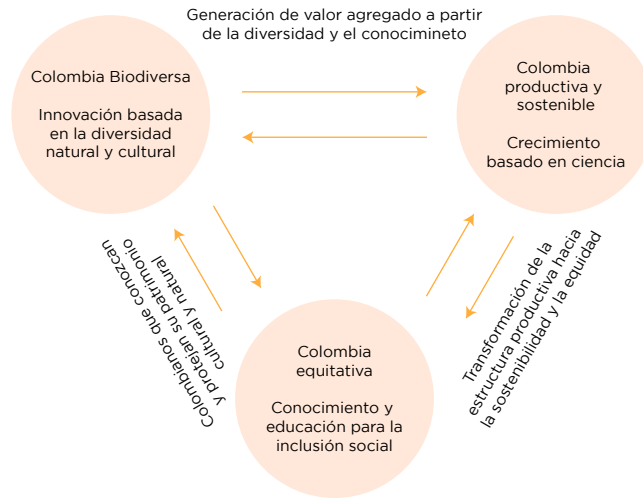


Figura 22. relación entre los retos de la misión
Fuente: elaboración propia.

Los tres retos son iniciativas interdependientes, que se traslapan en muchas de sus acciones y se realimentan mutuamente. Requieren del concurso de varios ministerios, de universidades, centros, institutos, empresas y organizaciones sociales diversas. La siguiente figura explica esquemática y claramente la interrelación que definirá en gran medida sus posibilidades de éxito.

Es necesario definir estrategias de financiación adecuadas. Las misiones deben ser vistas como un esfuerzo adicional, que no debe desplazar al que se ha definido, para promover la actividad científica general del país. La estrategia debe contar con componentes de corto, mediano y largo plazo. En el corto plazo es importante que las convocatorias de regalías y las prioridades regionales se enmarquen dentro de los retos y las misiones propuestas, pero eso no es suficiente para asegurar los recursos necesarios, y en el mediano plazo debe contemplarse, como recurso adicional contar con un 25 % de las regalías —lo que requiere una reforma constitucional—, pues parte de ellas serían destinadas también, de acuerdo con la priorización regional, a la educación con atención integral para los menores de 5 años y para consolidar y construir nuevos centros e institutos de innovación e investigación regionales que surtan un papel de intermediación entre los generadores del conocimiento y las empresas que lo utilizan. Es necesario también explorar la posibilidad de créditos multilaterales como los que, en nuestro pasado y en otros países de la región, han producido impactos muy positivos en el crecimiento de la actividad científica. Sin duda, la participación privada también aumentará en forma creciente, impulsada por la inversión estatal y por el éxito de los nuevos emprendimientos.

Reto Colombia biodiversa: un modelo de economía sostenible basada en la diversidad natural y cultural

El reto Colombia bio-diversa propone un modelo de economía sostenible basada en la diversidad natural y cultural, y se soporta en dos Misiones, a saber, (1) *Colombia diversa, bioeconomía y economía creativa*, cuyo propósito para el 2030 es que la bioeconomía represente el 10 % del PIB, y la economía creativa el 8 %, duplicando el valor de sus exportaciones y creando 100000 nuevos empleos a través de una fuerte asociación público-privada, que permita que Colombia conozca y valore la extensión de su megadiversidad natural y cultural, la conserve, la proteja y entienda su importancia transformando las actividades económicas relacionadas con los sectores agroalimentario, cosmético, químico, textil, farmacéutico, cultural, forestal, artístico, energético y de salud, entre otros. Se acompaña de (2) *Misión de agua y cambio climático*, que tiene como objeto principal garantizar a los colombianos 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. Colombia debe reducir los riesgos socio-ambientales del cambio climático en el periodo 2030-2050 al 50 % del valor actual, garantizando el desarrollo sostenible y la resiliencia socio-ambiental del país.

Misión emblemática Colombia diversa, bioeconomía y economía creativa: conocimiento, conservación, apropiación y uso sostenible del patrimonio cultural y natural para una economía sostenible

Objetivos de desarrollo sostenible

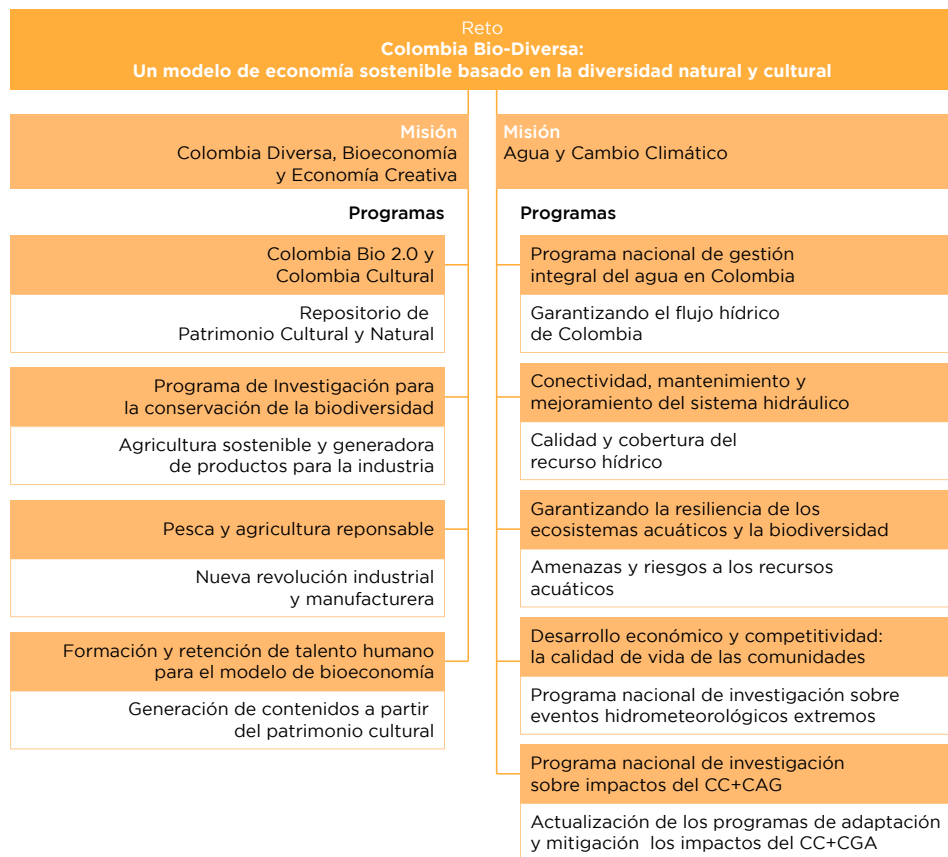


Figura 23.
Fuente: elaboración propia.

Misión

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 100000 nuevos empleos a través de 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.

Objetivos

- Un total de 10% de los nuevos empleos serán basados en bioeconomía.
- La sociedad, en Colombia, va a generar el conocimiento integral de su biodiversidad y usará este conocimiento para liderar internacionalmente programas de protección, conservación y restauración de los ecosistemas.
- Las universidades y los centros de investigación de Colombia se posicionarán como referentes internacionales en el conocimiento de su diversidad natural y cultural y generarán en torno a este tema una oferta de posgrados de talla mundial.
- Se adoptarán medidas para la conservación de la biodiversidad, con énfasis en especies y ecosistemas amenazados.
- La diversidad cultural y natural serán líneas de conocimiento en los modelos de apropiación y en los lineamientos curriculares en todas las etapas del sistema educativo nacional, involucrando a niños, jóvenes y maestros en procesos de creación e investigación ciudadana.
- El bienestar y la productividad regional serán mejorados ampliando las oportunidades del aprovechamiento productivo sostenible de la biodiversidad terrestre, hidrobiológica marino-costera, insular y continental en un modelo de innovación abierta
- El bienestar y la productividad regional serán mejorados valorizando la biomasa residual del sector agropecuario en un modelo de innovación abierta.

- El banco más valioso del mundo de bioproductos será construido con nuestro capital natural y el capital cultural permitirá acercarnos y usar nuestro patrimonio.
- Se realizarán mapeos y cartografías de expresiones y prácticas culturales de todas las regiones del país que incluyan la comprensión de sus dinámicas cambiantes con miras a la protección y fomento de la diversidad cultural.
- La identidad y soberanía nacional se fortalecerán al enfatizar, potenciar y desarrollar el valor e importancia del patrimonio natural y cultural, como elemento integrador a partir de su diversidad y como fuente de desarrollo cultural, identitario y económico en las regiones.
- El país será un referente internacional de investigación y acción participativa, en la cual la sociedad está involucrada, de comienzo a fin, en cada investigación o creación referente al reconocimiento de la megadiversidad natural y cultural.

Programas e indicadores

La sociedad colombiana se verá beneficiada en sistemas productivos eficientes y sostenibles, en bienes y servicios con valor agregado y posibilidades de generación de empleos en áreas como turismo cultural y científico, gastronomía, artesanía, diseño, industrias culturales, producción de antifúngicos, antivirales, medicamentos anticancerígenos, agroquímicos, analgésicos, pesticidas, productos industriales, productos textiles, productos cosméticos y productos para el beneficio medioambiental.

Desarrollar procesos de planeación estratégica de los sectores priorizados en las diversas regiones del país, en concordancia con las estrategias nacionales de bioeconomía y economía creativa, la política de crecimiento verde y el programa de negocios verdes, entre otros.

Programa 1. Colombia Bio 2.0 y Colombia cultural

Productos, bienes y servicios de los patrimonios culturales y naturales

Supuestos:

- Todas las normativas referentes a colecta, acceso a recurso genético, colecciones y exportaciones deben modificarse para favorecer el conocimiento de la biodiversidad.
- Para 2025, se tendrá el mapa completo de las zonas intangibles para la investigación del mar profundo. Con este, la sociedad civil podrá aplicar a fondos internacionales de exploración sin entrar en conflicto con estas regiones sensibles.
- Para 2025 se tendrán identificadas las prácticas y bienes con declaratoria de patrimonio cultural que no estén generando aprovechamiento económico y social para sus comunidades por barreras de tipo técnico y normativo.
- Desarrollar estrategias, que permitan la vinculación y el reconocimiento de las diversas áreas del conocimiento, de manera integral y complementaria, en un contexto cosmológico y universal.

Herramientas:

- Para el 2030, el 100% del conocimiento de los registros biológicos actuales estará digitalizado y el número de accesiones se incrementará en 50%.
- Desde el 2020 deben abrirse convocatorias de innovación abierta para la bioprospección por sector, por ejemplo, convocatorias en el sector salud y farmacéutico, en el sector de alimentos y nutrición, en el sector agrícola, en el sector de beneficio ambiental, en el sector industrial, etc.
- Para el 2030, se contará con una documentación extensiva del patrimonio cultural colombiano. Para esto se deben abrir convocatorias enfocadas a la realización de mapeos, cartografías y desarrollo de contenidos para la apropiación de las prácticas culturales por parte de las mismas comunidades, haciendo énfasis en aquellas que no hayan sido hasta ahora objeto de explotación comercial.
- Se dispondrá de un portafolio o banco de bioproductos que sirvan de insumos para continuar con la segunda etapa de la bioprospección de especies (escalamiento de los métodos de obtención, patentamiento

o procesos similares de propiedad intelectual, comercialización y ventas) financiados por el sector interesado.

- Llamados a la sociedad para construir entre todos un repositorio virtual de la biodiversidad y del patrimonio cultural reforzando procesos de ciencia y arte ciudadanos con modelos de investigación-participación.
- Para el 2020 se abren convocatorias entre universidades, institutos y centros con empresas pequeñas, medianas y grandes para la transferencia de conocimiento con un enfoque biotecnológico. Las convocatorias se abrirán en diferentes sectores que se puedan ver beneficiados como el agro, la acuicultura, la industria, el sector salud.
- Para el 2030, se habrán desarrollado soluciones para la adecuación técnica y normativa de bienes y prácticas con declaratoria patrimonial que hayan sido identificadas, con miras a su aprovechamiento económico y social.

Programa 2. Repositorio de patrimonio cultural y natural

Supuesto:

Para el 2020, los institutos del Sistema nacional ambiental (Sina) deben fortalecerse en financiación y con una reestructuración administrativa para que tengan un departamento de investigación. Se fortalecerán igualmente duplicando su presupuesto y las alianzas con universidades y centros de investigación.

Herramientas:

- Para el 2021, se realizará el estudio de factibilidad del Museo Nacional de Historia Natural y Cultural, desarrollo de un museo del conocimiento (inclusivo e interrelacionado). Un museo que esté en capacidad de integrar todas las áreas del conocimiento, que permita el desarrollo de contenidos articulados en los modelos inter y transdisciplinarios y que sea escalable en diversas versiones en contexto con las diversas regiones del país. En lo cultural, deben

incluirse áreas como: la historia de la informática, la tecnología, la computación, la ingeniería, los videojuegos, entre otros).

- Para el 2023, se tendrá la primera fase del Museo Nacional de Historia Natural y Cultural.
- Para el 2023, desde el Museo Nacional se fortalecerá la red de museos y acuarios del país.
- Para el 2023, se dispondrá de una red de Centros de documentación sobre patrimonio cultural con un modelo de datos abiertos.
- Para el 2023, se abrirán convocatorias dirigidas a la producción de contenidos para la divulgación y apropiación social del patrimonio natural y cultural.

Programa 3. Programa de investigación para la conservación de la biodiversidad

Supuesto:

La biodiversidad de Colombia está cada vez más amenazada como resultado de la transformación de hábitats, la sobreexplotación de especies, la contaminación, el cambio climático y las especies invasoras, lo que afecta la calidad de vida de la gente.

Herramientas:

- El Instituto Humboldt mantendrá un registro de especies amenazadas y se establecerá un programa de investigación para apoyar su manejo y recuperación.
- El Ideam publicará periódicamente un mapa de los ecosistemas de Colombia, para evaluar los cambios y el impacto de políticas para su manejo sostenible.
- Se establecerá un programa para fortalecer la conservación de especies amenazadas en jardines botánicos, zoológicos y centros de conservación *ex situ*.
- Se apoyará la creación de programas de posgrado en biología de la conservación y desarrollo sostenible.

Programa 4. Implementar una agricultura sostenible y generadora de productos para la industria

- Desde el 2020, llevar innovación y tecnología para el agro: programas de convocatorias abiertas a universidades y centros de investigación para que se abran espacios de cocreación, investigación e innovación con empresas agroindustriales y agricultores.
- Desde 2020, programas de ciencia ciudadana para el fortalecimiento de las colecciones de germoplasma. Los agricultores contribuirán con las colectas de especies silvestres relacionadas con especies cultivadas.
- Desde el 2020, convocatorias de innovación abierta con agricultores para la identificación de cultivos promisorios por región.
- Fortalecimiento y cofinanciación de asociaciones público-privadas regionales para la formación de extensionistas agropecuarios en aspectos técnicos, emprendimiento, mercadeo u otras áreas de interés.
- Fortalecimiento y cofinanciación de asociaciones público-privadas regionales para la reconstrucción del tejido social en el espacio rural con una metodología investigación-acción participativa.
- Desde el 2020, convocatorias de innovación abierta con retos de agricultura sostenible y de agricultura regenerativa (aplicación de tecnologías en cascada para la valorización de biomasa residual).

Programa 5. Fortalecer la pesca y acuicultura responsable

Supuesto:

Para el 2023, fortalecimiento institucional mínimo (por ejemplo, Mads, Aunap, Ministerio de Agricultura, Sinchi, Invima y las CAR, entre otras) que logre el cumplimiento de las normas vigentes del sector para asegurar las condiciones para la salud y el trabajo digno en el sector de los recursos hidrobiológicos.

Herramientas:

- Desde el 2020, llamado a proyectos de comanejo o manejo participativo, en los que las comunidades contribuyen activamente a

adoptar prácticas sostenibles, aportando su conocimiento ancestral mientras la relación con las autoridades es de respeto mutuo; participan de la toma de decisiones y se realiza en un ambiente de colaboración y confianza.

- Desde el 2020, convocatorias para fortalecer los proyectos en marcha y generar nuevos procesos para fortalecer el monitoreo biológico y comercial.
- Acuicultura y peces ornamentales: convocatoria para el desarrollo o cierre de los paquetes tecnológicos de especies nativas.

Programa 6. Nueva Revolución Industrial y Manufacturera

- Desde el 2020, convocatorias de innovación abierta con retos que tienden a fortalecer la obtención de bioproductos para la industria y la manufactura.

Programa 7. Formación y retención del talento humano necesario para el modelo de bioeconomía regional basada en biodiversidad y patrimonio cultural

Supuesto:

- La diversidad cultural y natural serán líneas de conocimiento en los modelos de apropiación, en los lineamientos curriculares en todas las etapas del sistema educativo nacional, involucrando a niños, jóvenes y maestros en procesos de creación e investigación ciudadana.

Herramientas:

- Para el 2020 se abrirán convocatorias estratégicas y ambiciosas para la incorporación de técnicos y tecnólogos, jóvenes investigadores (desde pregrado), maestrías, doctorados y estancias posdoctorales que apoyen la construcción del modelo de bioeconomía en las regiones.
- Para el 2020 se abrirán convocatorias para la inclusión de técnicos y tecnólogos, jóvenes investigadores (desde pregrado), maestrías,

doctorados y estancias posdoctorales en organizaciones privadas y sector público en procesos de bioeconomía.

- Para el 2022 se abrirán una serie de incentivos y convocatorias estratégicas para atraer el talento colombiano en el exterior que pueda contribuir a la construcción de la bioeconomía.
- Para el 2022 se abrirán una serie de incentivos y convocatorias estratégicas para la atracción de la diáspora colombiana y su incorporación a procesos de investigación y desarrollo del país en sus regiones de origen.
- Para el 2022, se desarrollarán lineamientos curriculares por parte del Ministerio de Educación en cooperación con el Ministerio de Cultura y el Ministerio de Ciencia, Innovación y Tecnología, que enfatizan la importancia de la diversidad cultural y natural dentro de los programas de formación en primera infancia, educación básica y educación media.
- Para el 2022, se desarrollarán iniciativas a nivel nacional con énfasis en la apropiación social del conocimiento en los conceptos de diversidad tanto en lo natural como en lo cultural.

Programa 8. Generación de contenidos a partir del patrimonio cultural

Supuesto:

- Para 2020, está en pleno funcionamiento la plataforma Red Naranja de la Dirección Nacional de Derecho de Autor.
- Para 2021, se cuenta con lineamientos que faciliten la transición entre la identificación de bienes y prácticas de interés cultural y la generación de contenidos, protegidos por derecho de autor y otros mecanismos de propiedad intelectual, con miras a su circulación, distribución y comercialización.

Herramientas:

- Para 2021, se abrirán convocatorias dirigidas a la producción de contenidos originales a partir del patrimonio cultural a través de

procesos de investigación + creación (I+C), con participación de las comunidades poseedoras de dicho patrimonio.

- Para el 2022, se abrirán convocatorias dirigidas a comunidades, en conjunto con grupos de investigación, empresas y otros actores del SNCTI, para la construcción de cadenas de valor a partir de manifestaciones culturales protegidas por derecho de autor y otras modalidades de propiedad intelectual.

Repercusión de la Misión emblemática en el sistema de CTI y en la sociedad colombiana

Con el fin de garantizar los programas e indicadores planteados en esta misión, es necesario fortalecer de manera estratégica la infraestructura nacional en educación, investigación y desarrollo tecnológico, así como, la infraestructura digital (conectividad) con el fin de garantizar el almacenamiento y la transferencia de datos en todo el territorio, en un esquema de datos abiertos como un elemento crítico para impulsar el desarrollo del país.

Impacto y valor para la sociedad

Esta misión representa una transformación científica, cultural, educativa, social e industrial a gran escala a través de la incorporación del conocimiento de la biodiversidad terrestre y marina y del patrimonio cultural en los sistemas formativos y productivos del país. El estudio de la diversidad colombiana, tanto natural como cultural y su preservación, no son puntos finales en la cadena de valor del conocimiento sino el punto de partida para la generación de cadenas de valor eficientes y sostenibles, con obtención de productos y servicios de valor agregado. Turismo científico y cultural, gastronomía con base científica, producción de antifúngicos, antivirales, medicamentos anticancerígenos, agroquímicos, analgésicos, pesticidas, productos industriales, productos cosméticos, productos para el beneficio medioambiental, artesanía y diseño son solo algunos ejemplos de productos que se valorizarán e impulsarán desde esta misión.

- a) La información científica recolectada, analizada y divulgada permitirá:

- Guiar la formulación de políticas públicas de conservación de la diversidad, desarrollo sostenible y adaptación y mitigación del cambio climático. La investigación científica con que se cuenta, aún incompleta, indica que es prioridad inaplazable detener la deforestación, la fragmentación y la contaminación de los ecosistemas de Colombia.
- Es de igual relevancia, conocer y conservar las riquezas naturales que se encuentran en aguas subterráneas y en el océano profundo del Caribe y Pacífico colombiano.
- b) La información cultural recuperada permitirá:
 - La visibilidad y protección de los valores simbólicos, históricos e identitarios del patrimonio cultural, a la par que su valor económico en el marco de las crecientes industrias culturales y creativas del país.
 - La articulación de una red de centros de documentación de patrimonio cultural, que potenciarán los esfuerzos que ya se vienen haciendo para su conocimiento y apropiación.
 - El desarrollo no centralizado y homogenizado de contenidos culturales, el conocimiento de las diversas expresiones culturales de Colombia y su desarrollo a lo largo del país, facilitando la expresión y potenciación de su diversidad, lo cual a su vez posibilitará la construcción de una economía creativa competitiva a nivel mundial.
- c) El Museo Nacional de Historia Natural y Cultural servirá:
 - Como repositorio de las colecciones y de la información generadas.
 - Como articulador de una red de museos y colecciones biológicas y culturales, zoológicos y acuarios.
 - Como espacio de acopio de información que permita la articulación entre el campo científico y empresarial, propiciando la generación de propuestas y emprendimientos de desarrollos sostenibles basados en la biodiversidad. De igual manera, como espacio de formación cultural y científica, donde la ciudadanía pueda participar de las investigaciones y creaciones, apropiando y aportando al conocimiento científico y cultural del país.
- d) Fortalecimiento de las redes de jardines botánicos, zoológicos y acuarios, estableciendo dinámicas o sistemas donde el conocimiento

del ámbito natural pueda enriquecer el conocimiento de la sociedad y enfatizar la importancia de la biodiversidad en Colombia. Colombia es uno de los pocos países que cuenta con una Ley de Jardines Botánicos aprobada hace 20 años y una red de jardines muy activa que sufren, como muchas instituciones de CTI en Colombia, por la insuficiente financiación. Además de los jardines botánicos, debemos incluir en esta misión a los zoológicos y acuarios, los cuales cumplen misiones similares.

- e) Articulación de una red de centros de documentación que congregan información relacionada con el patrimonio cultural, que permita poner estos recursos al servicio de los investigadores y creadores del país, bajo políticas claras de datos abiertos para toda la sociedad. Mucha de la información relevante para la construcción de una mirada comprensiva del patrimonio cultural colombiano reposa en centros de documentación promovidos por entidades estatales, educativas o privadas, en temas como música, artes plásticas y visuales, artes escénicas, patrimonio arquitectónico y literatura. Estas entidades, sin embargo, no han estado articuladas al SNCTI y en muchos casos su acervo patrimonial no ha sido objeto de una investigación detallada y rigurosa por parte de académicos de esas áreas. La red nacional de centros de documentación patrimonial permitirá compartir buenas prácticas, facilitar la circulación de contenidos y servir de inspiración para la ampliación del patrimonio cultural.
- f) En el contexto de la economía creativa, se desarrollarán estrategias que permitan la apropiación y el reconocimiento de las prácticas culturales locales, la apropiación, respeto y protección del medio ambiente, la inclusión de conceptos que permitan la valoración de los conocimientos, técnicas y tecnologías locales con aplicaciones diversas incluyendo prácticas creativas en el contexto del arte. Esto a su vez permitirá la apropiación de contenidos, su resignificación y transformación junto con el impulso y desarrollo de innovaciones y prácticas económicas y comerciales. Por otro lado, se promoverá el desarrollo de prácticas sensibles que permeen los procesos de

formación en diversos niveles y que logren un reconocimiento e inserción en los modelos de pensamiento en las diversas poblaciones, resaltando la importancia de la complejidad y la diversidad del medio ambiente, junto con el desarrollo de estrategias vinculantes entre los diversos sectores y enfoques del conocimiento, con apropiación en prácticas y emprendimientos creativos y culturales.

- g) Para el sector agro, se propone un modelo sostenible de producción mejorada de los principales cultivos del país, aplicando tecnologías convergentes, con transformación de las cadenas de valor y suministro, plataformas digitales que habiliten el conocimiento de sistemas sostenibles bio y nanotecnológicos de manejo del suelo y sanidad de las cosechas, así como comercialización en tiempo real para los cultivadores. El modelo sería replicable a otros cultivos generando cadenas de valor agregado altamente diferenciadas, con conservación y uso de los recursos naturales, reducción de la contaminación de suelos y aguas mediante la aplicación de tecnologías en cascada para la valorización de biomasa residual, con beneficios de sostenibilidad ambiental, social y económica, y de responsabilidad social y ambiental. La modernización del agro en la convergencia tecnológica tendría un impacto positivo en la economía y la sociedad colombianas y, adicionalmente, contribuiría con la generación de empleo, creación de empresas y la disminución de la pobreza en el mediano y largo plazo.
- h) Debe fomentarse el desarrollo de productos para la salud aprovechando la biodiversidad colombiana como oportunidad para avanzar en una soberanía sanitaria nacional y más importante aún, para generar valor en las comunidades productoras de material vegetal, lo cual se traducirá en oportunidades económicas y mejoras en sus condiciones de vida al incorporarse en cadenas productivas circulares.

Academia: investigación e innovación

El conocimiento de la diversidad cultural y natural de Colombia a través del estudio científico y cultural, permitirá guiar los procesos de identificación, valoración, conservación y uso sostenible para la generación de

conocimiento, el impulso de la productividad de varios sectores y el desarrollo de bioprocesos y bioproductos en industrias de diferentes sectores productivos (acuicultura y pesquería sostenibles, gastronomía, turismo científico y cultural, farmacéutica, agroecología, cosmética, etc.).

- a) Investigación en sistemas agroalimentarios para aumentar la productividad de este sector y trabajar para la seguridad alimentaria y el desarrollo de la gastronomía, el turismo científico y cultural y otros sectores que ofrezcan alternativas de ingreso con valor agregado a la población colombiana, como puede ser la acuicultura continental y marina.
- b) Conocimiento holístico (distribución, descripciones, genomas) de la biodiversidad terrestre y marina del país, puesta en valor de los resultados de las expediciones Bio secuenciación genómica para nutrir el inventario de la diversidad genética, proyecto Colombia Earth Biogenome (www.earthbiogenome.org).
- c) Integración de las instituciones nacionales para generar un mapa de las “zonas intangibles” para la investigación del mar profundo (p. ej., frontera con Nicaragua, vecindad del galeón San José), para que la sociedad civil pueda aplicar a fondos internacionales de exploración, sin entrar en conflicto con estas regiones sensibles.
- d) Fortalecimiento del modelo investigación + creación (I+C): Colombia todavía presenta un rezago, en comparación con otros países similares, en el conocimiento de su patrimonio cultural. Esto se debe en parte a que solo en los últimos veinte años el país ha contado con una política cultural clara e incluso en este período no se han destinado los recursos suficientes para una tarea de ese tamaño. Una apuesta decidida y prioritaria por la producción de conocimiento en y sobre el patrimonio implica no solamente actividad investigadora, sino también un apoyo a la generación de conocimiento a través de la creación y la investigación+creación.
- e) Adecuación técnica y normativa del patrimonio cultural para su aprovechamiento. Se debe hacer una apuesta por proyectos de investigación, I+C e innovación que avancen hacia un acercamiento entre normas, regulaciones y prácticas con carácter patrimonial, a

través de desarrollos de materiales, técnicas y procesos, con el fin de impulsar procesos productivos sostenibles, cualificar contenidos culturales para su circulación a nivel global, fortalecer el tejido social y potenciar las identidades culturales y el sentido de pertenencia de las comunidades³³.

- a) Análisis de la información para guiar procesos de conservación del patrimonio cultural y de los recursos naturales. Por ejemplo, con los datos sobre heterocigocidad de una especie se pueden tomar decisiones de qué organismos deben ser reintroducidos en ciertas regiones para evitar problemas de depresión endogámica.
- f) Entender la relación entre la diversidad cultural y natural para guiar más eficientemente los programas de conservación. De igual manera, desarrollar prácticas en diversos niveles que establezcan en la práctica el relacionamiento entre lo cultural y natural, lo artístico y científico.
- g) Aplicación del conocimiento para contribuir al cumplimiento de los ODS. Se desarrollarán y aplicarán nanotecnologías, biotecnologías y tecnologías de la información y comunicación para identificar y caracterizar propiedades potenciales en la biodiversidad y en los subproductos del procesamiento agroindustrial y de la industria verde para desarrollar bioproductos de alto valor agregado.

33 Un gran número de prácticas y bienes con declaratoria patrimonial están dejando de ocupar un lugar en la vida cotidiana de las comunidades debido a que no cumplen con estándares y normas requeridas por las autoridades. A manera de ejemplos se pueden mencionar, la construcción de vivienda palafítica, que tiene muchas ventajas por su adaptación al territorio y por ser un ejemplo de sostenibilidad y está prohibida por no cumplir con normas de sismo-resistencia. La hoja de plátano no se puede usar como material para envolver alimentos por normas de salubridad y la cuchara de palo no puede ser usada en restaurantes por las mismas razones. El Ministerio de Cultura ha identificado cerca de ochenta casos similares, pero la articulación interinstitucional no es suficiente para encontrar soluciones que permitan el uso cotidiano de este patrimonio, se necesita conocimiento científico para abordar este problema.

Educación

- a) Es importante formar una masa crítica para afrontar los nuevos retos de país. Proponemos una serie de convocatorias ambiciosas para la formación a todo nivel.
- b) Por otro lado, la educación ambiental y cultural debe ser un objetivo fundamental de instituciones como museos (el Museo de historia natural y cultural), bibliotecas, salas de conciertos, salas de exposición, jardines botánicos, zoológicos y acuarios, entre otros. De igual manera, es fundamental fortalecer y propiciar, procesos de intercambio y convenios, en el que estos espacios, puedan articularse con el sistema educativo del país. De igual manera, el sistema educativo nacional debe enfatizar la importancia en temas como la preservación, protección, divulgación y apropiación ambiental y cultural, a través de diversas estrategias como la incorporación de estos temas en los lineamientos curriculares de acuerdo con las particularidades de cada región. Además, debe asegurarse la circulación y el intercambio nacional e interregional de contenidos sobre el patrimonio natural y cultural, que permita y posibilite la apropiación social de la diversidad.
- c) La educación y conciencia ciudadana son una de las funciones centrales de los museos, jardines botánicos, zoológicos, acuarios, etc. Por ejemplo, el parque Explora en Medellín es el museo más visitado en Colombia (con 700000 visitantes) y la exhibición más visitada es el acuario.
- d) La diversidad del país solo será una realidad social en la medida en que sea apropiada por las diferentes comunidades que habitan Colombia y la mejor herramienta para ello es la educación. Además de los procesos educativos formales, debe asegurarse la circulación y el intercambio nacional e interregional de contenidos sobre el patrimonio cultural y natural para una apropiación viva de esta riqueza. Aunque gran parte de esta apropiación debe ocurrir en la educación básica y media, es necesario que, desde el MinCTI, en articulación con el Ministerio de Cultura, se desarrollen estrategias para el conocimiento y divulgación del patrimonio cultural y la

biodiversidad como escenario de generación de conocimiento. De igual manera, es fundamental, desarrollar estrategias de apropiación cultural en todas sus dimensiones, implementar procesos de valoración de la riqueza cultural y natural de Colombia, enfatizando la importancia de incorporarlo a la cotidianeidad en nuestra sociedad. Al vincularlo en el contexto de formación y hacerlo parte del lenguaje común de los colombianos, será posible establecer una dinámica cotidiana en la que los científicos y artistas, y las diversas manifestaciones del patrimonio, sean referentes fundamentales de la sociedad, cimentando así un modelo esencial e imprescindible de la cultura ciudadana. Por ello, los diversos centros de difusión como museos, salas de concierto, entidades de carácter cultural y los nuevos espacios no convencionales, deberán articularse al sistema de educación del país, convirtiéndose en experiencias integradas a los programas de formación.

Cooperación y colaboraciones

Es necesario hacer realidad la asociación Academia-Empresa-Estado-Sociedad-ONG para completar esta misión. El estudio de la diversidad natural y cultural debe hacerse con la participación de la academia, las universidades, grupos de investigación, las comunidades en los territorios y la sociedad en general con el apoyo de inversión del Estado y la transferencia de conocimiento al sector productivo con el apoyo del sector privado. La cooperación regional e internacional, en particular sur-sur, también debe reforzarse para fomentar el conocimiento de nuestra biodiversidad y valorizarlo en el ámbito internacional.

Se establecerán y fortalecerán asociaciones público-privadas nacionales e internacionales de gran alcance que involucren, parcial o totalmente, la universidad, institutos de investigación o centros de desarrollo tecnológico y las unidades de transferencia tecnológica, la empresa, el Estado y los actores regionales. Las colaboraciones Estado-Universidad-Centro-Empresa-Sociedad permitirán ampliar la oferta formativa y de CTI en el país, lo cual será de interés social y económico para las empresas y para la sociedad.

Así, por ejemplo, el país requiere la generación de una estrategia negociada para explorar la biodiversidad del mar profundo en bloques de hidrocarburos, con cuya información todos los actores ganan. A este se debe sumar crear un trámite *fast track* para el ingreso de embarcaciones de investigación internacional (p. ej., Okeanos Explorer, Nautilus, Atlantis, Falkor, Alucia, etc.) cuando esta se proyecta fuera de las áreas intangibles.

Será fundamental adelantar convenios con NSF y ONG como Schmidt Ocean Institute, Ocean Exploration Trust y Ocean Exploration and Research, a través del MinCTI, así como con las entidades de otros países como NIWA (New Zealand), SCIRO (Australia), AtlantOS, Ifremer, para tener acceso a días de expediciones binacionales (Colombia-USA, Colombia-Unión Europea), para la exploración del mar profundo y adjudicación de espacios a los investigadores de la sociedad civil con un proceso basado en mérito, como en las convocatorias de recuperación contingente de Colciencias. Promover este tipo de convenios para otros países, incluso para explorar en otras áreas de interés como la Antártica o en otros aspectos de la oceanografía.

Un campo de intervención y colaboración de especial interés para esta misión es el del turismo científico y cultural sostenible. Uno de los grandes motores de la actividad turística es el patrimonio cultural y natural colombiano expresado en paisajes, ecosistemas, especies nativas, festivales, arquitectura, música, técnicas artesanales y un sinnúmero de saberes y prácticas que atraen viajeros de todo el mundo. Sin embargo, es evidente que la relación entre turismo y patrimonio no está exenta de riesgos y tensiones. La actividad turística debe ser sostenible tanto en temas ambientales como en el respeto a la integralidad de las prácticas culturales que le representan un valor agregado. Para ello, se necesita priorizar procesos de investigación, creación e innovación, desde múltiples disciplinas y en conjunto con el Estado y las empresas del sector, que contribuyan a una adecuada integración entre conservación, fomento y aprovechamiento de la diversidad en el ámbito del turismo. Adicionalmente, se deben priorizar estrategias de integración del sector comercial y empresarial, en iniciativas con énfasis en la integración del conocimiento como parte de las experiencias de desarrollo turístico en los sectores ambientales, naturales y culturales.

Largo plazo

La misión está planeada a 2030 cuando debemos todos rendir cuentas por los objetivos de desarrollo sostenible. Sin embargo, como podemos ver en los objetivos e indicadores, se planean resultados a corto, mediano y largo plazo.

Regionalización

La riqueza de Colombia en expresiones culturales y recursos naturales responden a su diversidad territorial, por lo que la apropiación social de esta riqueza debe ser regional. La bioeconomía y la economía creativa son modelos de desarrollo regional.

- a) La apropiación social de la diversidad natural y cultural debe llevarse a cabo en cada región. Las universidades o institutos regionales deben involucrarse en los proyectos de bioprospección e I+C.
- b) La misión se basa en el concepto de buenas prácticas. Estas deben ser reconocidas en las regiones y usadas para construir un mínimo conjunto de condiciones necesarias para implementar un modelo de bioeconomía en cada región, en las que cada una es un *clúster* de bioeconomía.
- c) La misión emblemática es pertinente para las diferentes regiones del país porque se ajusta a su infraestructura, recursos naturales, economía, capacidades y oportunidades. Esta misión propone avanzar pilotos paralelos en las diversas regiones y en diferentes sectores productivos.
- d) Regiones como Valle del Cauca y la región cafetera pueden ser ejemplos a tomar para aplicar en otras regiones menos adelantadas en términos tecnológicos y de educación, con una proyección a la acuicultura continental y marina.

Internacionalización

Es importante insertar a Colombia en diálogos con países que han adoptado el modelo de bioeconomía como base para su desarrollo.

El conocimiento no tiene fronteras y Colombia debe formar parte de iniciativas globales de investigación, como el Global Biodiversity Information Facility (GBIF).

Se espera que países como Reino Unido y Alemania sigan apoyando proyectos dentro del programa Colombia Bio. Sin embargo, conocer la megadiversidad de Colombia continuará necesitando el apoyo de diferentes actores, para el impulso de la ciencia y la tecnología en el país.

- e) Existe la posibilidad de integración con institutos de investigación y desarrollo de otros países, conocedores de Colombia y especializados en investigación aplicada de tecnologías convergentes e industria 4.0 en los sectores del agro y de la bioeconomía.
- f) Es importante reforzar la cooperación científica y técnica bilateral y multilateral y la participación en programas internacionales, globales, de investigación y desarrollo para buscar soluciones a problemas ambientales globales. Aquí sí que mencionaría los grandes convenios de biodiversidad (CBD) y cambio climático (WCRP. IPCC). También hablaría de la capacidad de firmar acuerdos y convenios con instituciones extranjeras de excelencia científica para mejorar internamente con el apoyo de los mejores en el mundo.

Soluciones ascendentes (*bottom up*)

- a) Para lograr nuestros objetivos, debemos tener una serie de soluciones, como convocatorias que permitirán generar conocimiento y tecnologías para diferentes sectores como agro, salud, industrias culturales, entre otros. Debe enfatizarse que una sola convocatoria o una sola tecnología no permitirán la construcción del conocimiento base que necesita el país en el camino de desarrollos en torno a la bioeconomía y la economía creativa. Por esto, al lado de las convocatorias necesitaremos fortalecer la formación y retención del talento humano, los institutos Sina, fortalecer la red de jardines botánicos, fortalecer la red de museos sobre infraestructura existente y la creación de museos de historia natural y cultural, crear la red de centros de documentación del patrimonio, crear plataformas de interacción academia-empresa, herramientas fiscales para la participación de empresas en proyectos

de I+D e I+C, fomentar programas de ciencia y cultura ciudadana, potenciar el desarrollo de propuestas como los viveros creativos, los cuales se alimentan de la generación de conocimiento a partir de procesos que nacen de las iniciativas de la comunidad y la sociedad. De igual manera, establecer estrategias a partir de los programas de educación y formación del país, en el que se generen modelos de participación de estudiantes en diversos niveles, con proyectos de experimentación, investigación y creación, en los que se promueva el desarrollo de semilleros de futuros creadores e investigadores y que permitan la generación de nuevo conocimiento en diferentes niveles y etapas, contribuyendo, además, en procesos de apropiación.

- b) Un aspecto fundamental que se debe promover como parte de esta iniciativa es el “diálogo de saberes” que permite identificar, apropiar y potenciar conocimientos culturales regionales. Este diálogo debe darse en igualdad de condiciones por sus partes, propiciar la valoración de los participantes y el reconocimiento de potencialidades particulares, en un proceso de integración y construcción.
- c) Deben propiciarse mecanismos de construcción participativa que surjan desde la base de la sociedad, en la que se involucren actores y comunidades regionales, a partir de problemáticas propias de los territorios.
- d) Deben propiciarse, en la cadena de formación, prácticas y experiencias que puedan ser escaladas y en la que a partir del planteamiento de problemas y el desarrollo de soluciones, sea posible construir procesos integrados entre la comunidad y el estado, la empresa y la comunidad académica.

Convergencias

Esta misión aborda temas científicos (conocimiento de la biodiversidad), temas culturales (reconocimiento y preservación del patrimonio cultural), áreas tecnológicas (bio, nano, info y cognitivas) para ser transferidas a la sociedad, temas económicos (modelo de bioeconomía), ciencias sociales y de la educación (apropiación del conocimiento y su transferencia). Igualmente, debe posibilitarse la interacción Academia- Empresa- Estado-Comunidad, como fue explicado anteriormente.

Varios ministerios deben estar involucrados en la construcción del reto: (1) Salud y Protección Social, (2) Minas y Energía, (3) Comercio, Industria y Turismo, (4) Agricultura y Desarrollo Rural, (5) Ambiente y Desarrollo Sostenible, (6) Educación, (7) Trabajo y (8) Cultura.

- a) La misión será el escenario propicio para que innovadores y emprendedores sociales tengan la posibilidad de aprovechar de manera sostenible los beneficios del conocimiento de la biodiversidad y del patrimonio cultural. Para que el aprovechamiento de la diversidad sea más eficiente y conduzca al desarrollo económico y el bienestar de la sociedad, es requisito el fortalecimiento de la conectividad de los actores, así como el manejo, privacidad e integridad de los datos. Para lograr esto, es importante fomentar el diálogo entre Academia, Sociedad, Estado y Empresa.
- a) En un mundo transformativo y en el que las áreas de conocimiento evolucionan a un ritmo vertiginoso e insospechado, es fundamental propiciar encuentros entre diversas áreas de conocimiento, especialmente aquellas que guarden distancia dadas su contexto disciplinar. Contextos históricos como el renacimiento, han demostrado la importancia de encontrar soluciones a partir de metodologías, técnicas, modelos y planteamientos de áreas de conocimiento no afines.

Gobernanza

Por mandato de la Vicepresidencia, este reto será coordinado por el Ministerio de Ciencia y Tecnología. Los otros ministerios involucrados en esta misión son (1) Salud y Protección Social, (2) Minas y Energía, (3) Comercio, Industria y Turismo, (4) Agricultura y Desarrollo Rural, (5) Ambiente y Desarrollo Sostenible, (6) Educación, (7) Trabajo y (8) Cultura. La coordinación será entonces interministerial, con la filosofía de que la suma de los ministerios beneficia al país. Como la misión tiene un enfoque territorial, los ministerios deben coordinar sus esfuerzos en enlace con los entes regionales, secretarías de ciencia y tecnología, consejos regionales de competitividad y demás organismos.

Financiación

Como se mencionó desde la misión, esta supone tener una fuerte asociación público-privada. Las convocatorias de innovación abierta suponen la suma de recursos públicos y privados.

- a) Para las convocatorias de Colombia Bio 2.0. Hoy en día la convocatoria tiene un presupuesto de 2000 millones. Para ser ambiciosos y cumplir con las metas de esta misión, las convocatorias de innovación abierta por región deben contar por lo menos con 10000 millones sumando recursos públicos y privados.
- b) El Museo Nacional de Historia Natural y Cultural debe contar con decidida inversión inicial del Estado, pero también con una agresiva campaña de consecución de fondos por donaciones y aportes de privados.
- c) En general, para las convocatorias de innovación abierta en sectores específicos: acuicultura y pesca, sistemas agroalimentarios, industria y manufactura, se deben disponer por lo menos 10000 millones por sector.
- d) Para la formación y retención del talento humano, debe ser un compromiso público-privado en donde no solo se tengan recursos frescos suficientes para la formación y la contratación del personal mencionado, sino que el Gobierno debe comprometerse con una reforma tributaria para favorecer a los sectores que apoyen el desarrollo de la bioeconomía y la economía creativa.

Misión emblemática Agua y cambio climático: conservación y uso sostenible del agua, minimización de los riesgos y maximización de la resiliencia de la biodiversidad, los ecosistemas y la sociedad frente al cambio climático

Misión

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

de la cantidad y la calidad del agua como recurso, en condiciones medias, y como amenaza, en condiciones extremas. Así mismo, el país reducirá los riesgos socio-ambientales del cambio climático en el periodo 2030-2050 al 50 % del valor actual, mediante la actualización de los planes de adaptación y mitigación, para maximizar la resiliencia socio-ambiental del país, a partir del conocimiento científico de los riesgos actuales y futuros del cambio climático sobre sus ecosistemas, la sociedad y los distintos sistemas y sectores.

Objetivos generales

- a) Garantizar a corto, mediano y largo plazo, el conocimiento, la conservación, el uso sostenible y la gestión óptima del agua como recurso tanto en condiciones medias, como de amenaza en condiciones extremas, para el bienestar de la sociedad, la biodiversidad y los ecosistemas, con la participación de los diferentes actores sociales y considerando las dimensiones culturales, ecológicas, ambientales, económicas y las políticas sectoriales.
- b) Cuantificar el riesgo, la vulnerabilidad y la exposición de la biodiversidad, los ecosistemas, la sociedad y los distintos sectores ante las amenazas del clima actual y futuro, proyectando los impactos futuros ante el cambio climático en Colombia, y reducir los riesgos a la mitad del valor actual a partir de la formulación y actualización de los planes de adaptación y mitigación.

Objetivos específicos

- Cuantificar la oferta natural del agua, considerando la conectividad entre ecosistemas en condiciones promedias de largo plazo y en condiciones extremas y la variabilidad espacial y temporal de todas las variables que hacen parte del ciclo hidrológico en Colombia.
- Garantizar la disponibilidad de agua de calidad a la sociedad, a la biodiversidad y a los ecosistemas, teniendo en cuenta la variabilidad espacial y temporal de los cuerpos de agua en Colombia (ríos, lagos, lagunas, humedales, embalses, aguas subterráneas, acuíferos, rondas hídricas, zonas costeras y atmósfera), para permitir su uso de manera eficiente y sostenible.

- Asegurar el acceso al agua limpia para el consumo humano y otros usos, garantizar vertimientos sanos y desarrollar tecnologías apropiadas y herramientas para la gestión sostenible del abastecimiento de agua y el saneamiento básico urbano y rural, y para responder a los retos impuestos por el cambio climático, el crecimiento de la población y la deforestación.
- Desarrollar ejercicios prospectivos para el resto del siglo XXI sobre la oferta natural y la demanda de agua para distintos usos, que incluyan reconstrucciones paleoambientales de condiciones preantropoceno, que sirvan de insumos para el Programa de Gestión Integral del Agua en Colombia.
- Elaborar el Programa Nacional de Gestión Integral del Agua considerando la oferta y las demandas de agua para distintos usos, enfocado en el desarrollo económico sostenible, la reducción de los riesgos ante eventos extremos y el mejoramiento de la calidad de vida de las comunidades involucrando saberes ancestrales y formas y hábitos de transformación cultural.
- Proveer la información necesaria a los Planes de Ordenamiento Territorial, que involucren las interacciones entre la oferta natural y las demandas por agua, la ocupación del territorio y los distintos usos de los suelos.
- Involucrar el concepto de Cambio Ambiental Global (agotamiento y contaminación de los sistemas de soporte a la vida) en la evaluación y proyecciones de los impactos del Cambio Climático (CC) en Colombia (CC+CAG).
- Cuantificar los riesgos de la sociedad, los ecosistemas y los distintos sectores ante los climas presente y futuro (2020-2050) en Colombia, considerando las amenazas climáticas y los factores de exposición y vulnerabilidad y el CC+CAG.
- Construir diversos escenarios prospectivos de desarrollo socio-económico para Colombia para el periodo 2020-2050, que incluyan variables como el crecimiento poblacional, los cambios en los usos del suelo, los planes de ocupación territorial, las políticas de

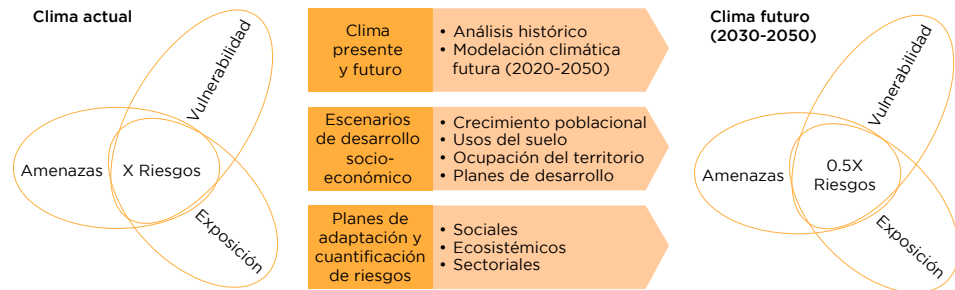
adaptación y mitigación, con el propósito de evaluar los impactos hidrológicos futuros del CC+CAG.

- Definir o actualizar los planes, estrategias y medidas de adaptación y mitigación al CC+CAG para reducir a la mitad los riesgos y la vulnerabilidad actual de los ecosistemas, los sistemas sociales y diversos sectores prioritarios ante el clima futuro (2030-2050).

En relación con los impactos del cambio climático y el cambio ambiental global (CC+CAG), proponemos los siguientes sectores prioritarios: (1) agua (como recurso y amenaza), (2) biodiversidad y servicios ambientales, (3) salud humana, (4) agricultura y seguridad alimentaria, (5) ecosistemas terrestres y cuerpos de agua dulce, (6) zonas inundables y de transición entre cuenca y zona costera, (7) océanos y zonas costeras, (8) energías limpias y renovables, (9) gestión de riesgo de desastres, (10) asentamientos humanos e infraestructura y (11) industrias. La presente Misión tiene como objetivo principal reducir a la mitad los riesgos asociados al CC+CAG con respecto a los riesgos del clima actual, mediante tres estrategias: (1) estudio del clima y la hidrología pasada, presente y futura, (2) construcción de escenarios de desarrollo socio-económico, crecimiento poblacional y de uso y ocupación del territorio y (3) construcción de los planes de adaptación y mitigación, que lleven a que Colombia en la ventana 2030-2050 haya reducido sus riesgos por cambio climático a al menos un 50 % del valor actual (Figura 24).

Figura 24. Meta integral que se busca obtener con el desarrollo de los objetivos específicos asociados al Cambio Climático y Cambio Ambiental Global.

Fuente: elaboración propia.



Programas

Programa 1. Gestión integral del agua en Colombia

En el 2030, Colombia habrá llevado a cabo procesos de planificación y gestión que conduzcan al aprovechamiento sostenible del recurso hídrico, considerando limitaciones, restricciones y problemáticas cuya solución depende de la generación de conocimiento en temas que combinen la oferta natural del agua y su variabilidad espacio-temporal con las demandas para distintos usos y su impacto en cuanto a la cantidad y la calidad, con énfasis en:

- Conocimiento del medio y línea base del recurso hídrico (en cantidad y calidad).
- Efectos de la variabilidad climática natural sobre el ciclo hidrológico en un amplio rango de escalas de tiempo (desde interdecadales hasta el ciclo diario).
- Impactos del cambio climático y la deforestación sobre la oferta y la demanda de agua.
- Abastecimiento de agua y saneamiento básico en pequeñas poblaciones y en el sector rural.
- El agua y sus relaciones con la conservación de la biodiversidad y la sostenibilidad de los ecosistemas terrestres y acuáticos.
- Aguas subterráneas y uso conjunto con aguas superficiales.
- Hidráulica, geomorfología fluvial y transporte de sedimentos.
- Estudio nacional de la calidad del agua, considerando estrategias integrales basadas en la dinámica del agua en cuencas hidrográficas.
- Uso eficiente y sostenible del agua para distintos usos (p. ej., salud humana, agricultura, acuicultura, ecosistemas y biodiversidad) y descontaminación de cuerpos de agua.
- Agua y ocupación del territorio. Aspectos institucionales y de gobernabilidad para la gestión integral óptima del agua.
- Valoración integral de los servicios ecosistémicos y ambientales del agua.

Programa 2. Garantizando el flujo hídrico de Colombia

En el 2030, Colombia deberá tener la capacidad de garantizar y recuperar el buen estado de los ecosistemas dulceacuícolas respecto a los depósitos y flujos de agua y a los servicios ecosistémicos, y asegurar los caudales ambientales de sus comunidades bióticas mediante las siguientes líneas de acción:

- Entender la dinámica espacio-temporal de las variables del ciclo hidrológico terrestre en las cinco grandes regiones de Colombia, tanto en condiciones medias como en condiciones extremas, y de cómo serán afectados por el cambio climático y por la deforestación.
- Estimar el caudal ambiental para la totalidad de las subzonas hidrográficas con índices de alta riqueza de recursos hídricos.
- Incorporar el criterio de cumplimiento del caudal ambiental al proceso de otorgamiento y seguimiento de licencias ambientales y concesiones de agua en subzonas hidrográficas con alta riqueza de recursos acuáticos.
- Incorporar el análisis de cambio en el coeficiente de regulación en el proceso de otorgamiento y seguimiento de licencias ambientales y concesiones de agua de grandes usuarios de agua en zonas hidrográficas con alta biodiversidad.
- Evaluar el estado de la conectividad hidrológica del sistema continuo de cuencas hídricas, ríos con zonas bajas inundables y zonas costeras, como sistemas terminales del transporte del agua, sedimentos y todas las sustancias asociadas.

Programa 3. Conectividad hídrica y mantenimiento y mejoramiento del sistema hidráulico

En 2030, Colombia logrará garantizar las relaciones ecológicas e hidráulicas entre los ecosistemas lóticos y lénticos y terrestres (bosques riparios, inundables, meandros y ciénagas). Las acciones estarán orientadas hacia garantizar movimientos activos, pasivos y de transferencia de energía, nutrientes y sedimentos, mediante (1) inventarios detallados de la infraestructura que afecta el recurso hídrico y la conectividad de los ecosistemas acuáticos en las subzonas hidrográficas con índice de riqueza alto, (2)

actualización de los permisos de ocupación de cauces en las subzonas hidrográficas con índice de riqueza alto y (3) la recuperación de cauces.

Programa 4. Calidad y cobertura del recurso hídrico

Las autoridades ambientales en todo el territorio nacional deberán establecer, a diciembre de 2020, el inventario de las fuentes y cantidades de vertimientos y disposición de residuos líquidos y sólidos, para definir en 2021 la reducción al 80 %, en enero de 2022, de las fuentes contaminantes. En 2030, el país deberá mejorar/restablecer y mantener las condiciones de calidad del agua buscando la eliminación, el tratamiento y la disposición final adecuada de residuos líquidos y sólidos a los ecosistemas acuáticos y marino-costeros de fuentes puntuales o distribuidas que puedan poner en riesgo la subsistencia de especies acuáticas. Para ello se requiere:

- Elaborar el Estudio nacional de calidad de aguas, que considere estrategias integrales basadas en la dinámica del agua en cuencas hidrográficas.
- Monitorear el estado de calidad del agua en tramos y cuerpos de agua con índices de riqueza de especies medio y alto.
- Utilizar tecnologías sostenibles de potabilización y tratamiento y manejo de aguas residuales.
- Establecer criterios de calidad para la conservación de flora y fauna acuáticas en tramos y cuerpos de agua con medios y altos índices de riqueza de especies hidrobiológicas.
- Establecer metas de descontaminación y cobrar la tasa retributiva por vertimientos puntuales en los tramos, corrientes y cuerpos de agua con índices de riqueza de especies hidrobiológicas medios y altos y en sus afluentes.
- Incorporar los criterios y estándares de calidad para la conservación de flora y fauna en los procesos de licenciamiento y otorgamiento de permisos de vertimientos.
- Implementar estrategias de reducción de contaminación no puntual en las áreas aferentes de los tramos, cuerpos de agua con índices de riqueza de especies hidrobiológicas altas y medias.

- Reducir o eliminar los vertimientos tóxicos y bioacumulables mediante el ejercicio de la autoridad ambiental.

Programa 5. Garantizando la resiliencia de los ecosistemas acuáticos y su diversidad biológica

En el 2030, Colombia deberá adelantar programas conducentes al mejoramiento de procesos ecológicos, poblaciones y comunidades de organismos en ecosistemas acuáticos. Este programa deberá comprender las siguientes líneas de acción:

- Establecer nuevas áreas protegidas del orden nacional y regional con ecosistemas dulceacuícolas continentales y marino-costeros subrepresentados.
- Identificar, delimitar, restaurar y rehabilitar las áreas de ecosistemas dulceacuícolas que fueron transformadas durante el periodo 1990-2020.
- Definir y delimitar geográficamente los ecosistemas dulceacuícolas en escala 1:25000 para subzonas hidrográficas priorizadas para planes de ordenamiento y manejo de cuencas hidrográficas (POMCA) y en escala 1:500000 para paisajes marinos priorizados para POMCA.
- El país contará en el 2025 con un inventario claro de las amenazas y riesgos sobre los recursos hídricos superficiales y subterráneos para tomar medidas de manejo y prevención del recurso.
- Inventariar las poblaciones de especies invasoras de recursos acuáticos, introducidas y trasplantadas.

Programa 6. Hacia el desarrollo económico, la competitividad y mejoramiento de calidad de vida de las comunidades que aprovechan los recursos hídricos

En 2030, Colombia habrá desarrollado un programa integral para el mejoramiento de la calidad de vida de las comunidades que se sustentan en los recursos acuáticos, enfocado en el bienestar con equidad intergeneracional, la prosperidad sociocultural y la sostenibilidad. Este programa se desarrollará mediante las siguientes líneas de acción:

- Consolidar el inventario de los recursos hidrobiológicos marino-costeros, insulares y continentales (RHMCIC).
- Establecer programas de manejo y ordenación de las poblaciones de recursos acuáticos que sean objeto de aprovechamiento.
- Establecer los puntos de referencia límite y de referencia para los recursos acuáticos que pueden ser objeto de aprovechamiento en diferentes usos, como agricultura, salud humana, hidroenergía, acuicultura, navegación.
- Desarrollar esquemas e instrumentos de valoración integral (económicos y no económicos) de los recursos acuáticos y sus servicios ecosistémicos.
- Promover y fortalecer herramientas de conservación *ex situ* (bancos genéticos, estaciones de investigación, zoológicos, acuarios).

Programa 7. Investigación sobre eventos hidrometeorológicos extremos

En 2030, Colombia deberá haber evaluado y cuantificado adecuadamente las amenazas presentes y futuras (CC+CAG) provenientes de eventos hidrometeorológicos extremos máximos (tormentas intensas, huracanes en el mar Caribe, heladas, crecientes en los ríos, avalanchas, inundaciones, deslizamientos, así como sobre las sequías (hidrológicas, meteorológicas y agrícolas), los factores de exposición y vulnerabilidad y los riesgos para los ecosistemas y para la sociedad.

Programa 8. Programa nacional de investigación sobre los impactos combinados del cambio climático y el cambio ambiental global (CC+CAG)

Para 2030, Colombia deberá tener un completo entendimiento de las causas e impactos actuales y futuros del CC+CAG durante el siglo XXI, con particular énfasis en:

- Los balances de agua, energía y carbono de sus ecosistemas y las cuencas hidrográficas, zonas inundables y zonas de transición continente-oceano (deltas, estuarios, etc.).

- La cantidad (oferta y demanda) y la calidad del agua para distintos usos (doméstico, industrial, agrícola, etc.) y los recursos hídricos superficiales y subterráneos.
- La dinámica espacio-temporal de la frecuencia y duración de las tormentas intensas.
- Los principales mecanismos determinantes del tiempo atmosférico y el clima del país.
- La dinámica espacio-temporal de las crecientes de los ríos, inundaciones y deslizamientos.
- Los procesos que dan lugar a las sequías de distinta duración y su predicción y los procesos de interacción suelo-atmósfera, océano-atmósfera y tierra-océano en distintas escalas de tiempo.
- Los procesos oceanográficos y geológicos asociados con el calentamiento, acidificación y ascenso de nivel del mar (incluyendo el levantamiento o hundimiento de terrenos) y sus consecuencias sobre los ecosistemas marinos y costeros.
- La salud humana.
- La biodiversidad, los ecosistemas (terrestres y acuáticos) y las zonas de vida del país, con énfasis en la deforestación y cambios en los usos del suelo. El papel de los ecosistemas como “amortiguadores” del CC+CAG.
- La salud humana por contaminación del aire en las ciudades colombianas.
- La productividad agrícola y la seguridad alimentaria y nutricional de los colombianos.
- Los servicios ecosistémicos y ambientales.
- Las energías limpias y renovables.
- Los centros urbanos, las industrias y la infraestructura.
- Las interacciones entre los ecosistemas y los sistemas sociales y los riesgos ante CC+CAG, involucrando las amenazas climáticas, y los factores de exposición y vulnerabilidad.

Programa 9. Actualización de los programas de adaptación y mitigación a los impactos del cambio climático y del cambio ambiental global

Para el 2030, Colombia habrá actualizado los planes de adaptación y mitigación a los riesgos del cambio climático y el cambio ambiental global, considerando diversos escenarios futuros de desarrollo socio-económico, tendencias en crecimiento poblacional, cambios en los usos del suelo, planes de ordenamiento territorial, tendencias y proyecciones de variables y condiciones socioeconómicas, políticas públicas nacionales, regionales y municipales, etc. En relación con los planes de adaptación y mitigación será necesario desarrollar investigación sobre (1) oportunidades, restricciones y límites, (2) necesidades y brechas de conocimiento, (3) experiencias prácticas de adaptación autónoma y planificada, incluyendo lecciones aprendidas, (4) barreras observadas y esperadas a la adaptación, (5) interacciones y cobeneficios entre las estrategias y los programas de adaptación y mitigación, (6) economía ambiental para valorar los servicios ecosistémicos y los costos ambientales y ecosistémicos de la deforestación, la contaminación y el agotamiento de los recursos naturales.

Programa 10. Programa de cambio climático y ecosistemas

Para el 2030, Colombia habrá actualizado los planes de adaptación al CC+CAG incluyendo la adaptación basada en ecosistemas. Para ello, es necesario crear conocimiento sobre (1) el efecto de los extremos climáticos sobre el funcionamiento de sus ecosistemas, (2) el impacto de los cambios socio-económicos actuales (incluyendo el Posacuerdo) sobre las tasas de cambio de los ecosistemas, (3) los efectos de las rápidas transformaciones en los usos del suelo y la deforestación sobre la resiliencia de los ecosistemas al CC+CAG, (3) la mejora de los sistemas productivos para hacerlos más resilientes al CC+CAG, (4) los impactos actuales y futuros del CC+CAG sobre la producción agrícola, (5) el desarrollo de sistemas agrícolas resilientes, (6) el impacto del CC sobre la biodiversidad del CC+CAG; (7) el papel de los ecosistemas como mecanismos de adaptación al CC, (8) la promoción de la resiliencia al CC de los sistemas socio-ecológicos, (9) el impacto de los cambios en usos del suelo sobre la quema de biomasa y su

mitigación, (10) la formación de un centro nacional de síntesis (puede ser virtual) para hacer uso de las bases de datos e información existentes, (11) el establecimiento de una red de observación ambiental para recolectar nuevas bases de datos y sincronizar diferentes mediciones *in situ*, relevantes para monitorear la interacción de los ecosistemas con la hidrósfera, la atmósfera y la geósfera, (12) la puesta en marcha de nuevas plataformas para el diálogo entre ciencia y políticas.

Repercusión de la Misión emblemática en el sistema de CTI y en la sociedad colombiana

El agua es el recurso más valioso de la sociedad, la biodiversidad y los ecosistemas, de ella depende su subsistencia y supervivencia. Cantidad y calidad son los principales derroteros para socioecosistemas verdaderamente sanos y sostenibles en el tiempo. Los planes de adaptación al cambio climático en todos los sectores deben ser construidos, actualizados e implementados con base en la mejor información y conocimiento científico de punta para minimizar los riesgos, la vulnerabilidad y la exposición y para maximizar la resiliencia de la sociedad, la biodiversidad y los ecosistemas.

El desarrollo de esta Misión Emblemática permitirá:

- Generar conocimiento sobre la oferta natural y la demanda de agua en Colombia, considerando la cantidad y la calidad.
- Garantizar el acceso al agua en cantidad y calidad para los distintos usos y reducir los riesgos de las comunidades ante los eventos extremos.
- Conservar y garantizar el uso sostenible del agua (como recurso y como amenaza) como requisito para una cabal comprensión de su importancia a nivel biológico, social y económico, para su gestión y para un manejo que involucre todas las partes interesadas.
- Mejorar la calidad de vida de la población, mediante la conservación del agua, la biodiversidad y los servicios ecosistémicos.
- Identificar las causas antrópicas o exógenas que estén o puedan poner en riesgo la cantidad y la calidad de los recursos hídricos y su relación con la sociedad y la biodiversidad.

- Disminuir los riesgos, la vulnerabilidad y la exposición de la sociedad ante la ocurrencia de eventos hidrometeorológicos extremos (tormentas intensas, inundaciones y sequías) para la construcción de los planes de adaptación al cambio climático y gestión del riesgo de desastres.
- Crear conocimiento para enfrentar los retos y para la construcción de políticas públicas y planes de adaptación y mitigación al cambio climático causante de graves impactos económicos, ambientales, ecológicos y sociales en todos los sectores, lo que exacerba la pobreza y la inequidad.
- Conocer el funcionamiento y la dinámica natural de las cinco grandes regiones de Colombia y sus ecosistemas, en un amplio rango de escalas espaciales y temporales.
- Cuantificar los impactos actuales y futuros del CC+CAG sobre los ciclos de agua, energía y carbono de los ecosistemas colombianos.
- Cuantificar los riesgos de los climas actual y futuro (2030-2050) sobre los sistemas sociales, ecosistemas y sectores prioritarios.
- Actualizar los planes de adaptación (incluyendo adaptación basada en ecosistemas) de la sociedad y los ecosistemas frente a los impactos del CC+CAG para disminuir los riesgos, la vulnerabilidad y la exposición a la mitad de los valores actuales.
- Maximizar la resiliencia socio-ambiental de los ecosistemas ante los impactos del CC+CAG.
- Actualizar los compromisos de Colombia ante el Acuerdo de París y la Conferencia de las Partes de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático.

Academia: investigación e innovación

Solo valoramos, cuidamos y usamos responsablemente lo que conocemos y, por ello, es fundamental comprender con rigor científico la cantidad y calidad de nuestros recursos hídricos, tanto en condiciones promedias como extremas, y sus interrelaciones con las sociedades y con la biodiversidad de los ecosistemas acuáticos y terrestres en ríos, lagos, humedales, aguas subterráneas, zonas inundables, estuarios, océanos superficiales y profundos.

Es necesario desarrollar investigación científica sobre el funcionamiento de la dinámica espacio-temporal de los ciclos del agua, energía y carbono y de sus interacciones con los sistemas sociales en las distintas regiones y ecosistemas. Algunos procesos hidrológicos no están bien entendidos, por lo que se requiere del estudio de sus condiciones paleoambientales y presentes, que a su vez sustentaría el desarrollo de modelos predictivos para el análisis de escenarios de CC+CAG (incluyendo escenarios de desarrollo socioeconómico del país). Estos estudios servirán como base para desarrollar e implementar los planes de adaptación que reduzcan los riesgos, la vulnerabilidad y la exposición y maximicen la resiliencia socio-ambiental.

Es necesario definir una agenda de investigación suficientemente amplia a corto, mediano plazo y largo plazo para garantizar que el aprovechamiento de los recursos naturales se haga en consonancia con el desarrollo sostenible y con el bienestar de la sociedad, así como sobre los efectos del cambio climático en Colombia. Esa agenda debe incluir los temas descritos en el Programa 1, relacionado con la gestión integral del agua, y otros como: (1) desagregación espacial (*downscaling*) de los resultados de modelos climáticos globales a las escalas regionales y locales, mediante técnicas estadísticas y modelos dinámicos de alta resolución espacial, (2) análisis de consistencia entre los resultados de modelos climáticos para el siglo XXI, con respecto a las tendencias observadas de largo plazo en los registros y series de tiempo de las principales variables hidrológicas, climáticas y ecológicas, (3) atribución de eventos hidrometeorológicos extremos al CC+CAG.

Educación

La educación ambiental debe ser la herramienta para que los colombianos comprendan y arraiguen las relaciones de interdependencia con los sistemas de soporte a la vida y los recursos vitales que brinda la naturaleza. Vivimos en un país megadiverso y rico en agua, y su conservación y uso sostenible es un deber natural de toda la sociedad colombiana. La solución a la actual crisis climática se basa en la educación en temas de clima y medio ambiente desde niveles primarios hasta doctorales y postdoctorales.

Asimismo, resulta fundamental el incluir el conocimiento ambiental de indígenas, campesinos y afrodescendientes en los currículos educativos de educación primaria y secundaria.

Los procesos educativos y de divulgación que vinculen aspectos ambientales han de ser dinámicos y deberán buscar la construcción de espacios de trabajo conjunto entre las diferentes instituciones y actores del orden regional a fin lograr incluir todos los intereses y necesidades de conocimiento básico y aplicado, que permitan incidir de manera positiva en el mejoramiento de las condiciones naturales y sociales. Como mecanismo para mejorar la capacidad científica sobre el conocimiento e investigación en materia de los RHMCI, cambio climático y cambio ambiental global, se proponen:

Estrategia 1. Participación: se orienta a incentivar el desarrollo de mecanismos y espacios de participación que motiven el reconocimiento e importancia de estos recursos y del medio en el que habitan.

Estrategia 2. Formación, investigación y gestión de la información: esta estrategia se orienta a fomentar y desarrollar acciones de investigación y de manejo de la información relacionada con los RHMCI y el CC+CAG, por parte de entidades y personas públicas o privadas, de tal forma que aporten a la comprensión del Estado y a la evolución del recurso hídrico en el país, para lograr el buen manejo del recurso y para divulgar la información más relevante sobre el cambio climático y sus efectos en Colombia.

Cooperación y colaboraciones

Los retos que plantea el agua y sus interrelaciones con la biodiversidad, los ecosistemas y la sociedad, así como los impactos y riesgos provenientes del cambio climático y el cambio ambiental global demandan una interacción dinámica e innovadora entre el Estado, la Academia, la sociedad civil y el sector privado.

Esta misión es envolvente y deberá involucrar los aportes de los ocho focos temáticos de la Misión de Sabios, así como de múltiples entidades

públicas del orden nacional, departamental, municipal y local, la Academia, las ONG, el sector privado y la sociedad civil, para responder a la necesidad de la «seguridad hídrica», entendiendo el agua como recurso y como amenaza. La Misión supone la creación de conocimiento para contribuir al cumplimiento de los ODS, así como para la formulación de políticas públicas, de los planes de adaptación al cambio climático, y los planes de gestión del riesgo y gestión del territorio. Estos retos demandarán investigación en todas las ciencias ambientales, física, química, matemáticas, teoría de probabilidad y procesos estocásticos, termodinámica estadística y de información, sistemas dinámicos no lineales, ecuaciones diferenciales, teoría de caos, fractales y multifractales, teoría de redes complejas, *machine learning*, etc., así como implementación de plataformas de *Big/Smart Data* y de computación en la nube, entre otras.

También será fundamental la cooperación para financiar las investigaciones y actividades en relación con el recurso hídrico y su biodiversidad. El concepto de “sostenibilidad” también expresa la necesidad de optimizar el uso de los recursos financieros actuales y futuros. Por ejemplo, el Plan de Recursos Acuáticos continentales y marino-costeros e insulares, se convierte en una estrategia adecuada para cuantificar y priorizar las inversiones, y para financiar las acciones propuestas. Así mismo, se puede acompañar por las tasas por utilización de agua, que se destinarán a cubrir los gastos de protección y renovación del recurso hídrico, para los fines establecidos en la ley. La inversión forzosa del 1 % del valor de la inversión de proyectos sujetos a Licencia Ambiental (Ley 99 de 1993) para proyectos que utilicen agua deberá orientarse en actividades de conservación, recuperación y vigilancia de las cuencas hidrográficas. En relación con el cambio climático y el cambio ambiental global (CC+CAG) es necesario fortalecer a los institutos de investigación del Sistema Nacional Ambiental (Sina), así como la investigación en universidades y centros de investigación en los temas relevantes. Los planes de adaptación y mitigación deberán ser formulados a partir de resultados de investigación científica sobre los impactos futuros (2030-2050) del CC+CAG sobre las diversas variables climáticas, hidrológicas y ambientales, para cuantificar las amenazas, los factores de exposición y vulnerabilidad de los sistemas sociales y de los

ecosistemas. Además, se requiere la interacción entre el Estado, las universidades y centros de investigación, la sociedad civil y el sector privado para construir los escenarios de desarrollo socio-económico de Colombia (a nivel nacional y regional), de tal forma que se puedan estimar los impactos esperados del CC+CAG sobre los ecosistemas, la sociedad y los diversos sectores prioritarios.

Largo plazo

Los retos planteados por el agua (como recurso y amenaza, en cantidad y calidad) y por el cambio climático requieren medidas y estrategias de corto, mediano y largo plazo. En el corto plazo son necesarias medidas y acciones de prevención, control y gestión inmediatas para el cumplimiento de los objetivos de desarrollo sostenible, así como para el aseguramiento del bienestar de la sociedad, la conservación y sostenibilidad de los sistemas de soporte a la vida, garantizando la salud, la seguridad alimentaria y la conservación de la biodiversidad. En el mediano y largo plazo, la formulación, actualización e implementación de los planes y estrategias de adaptación al cambio climático deberán reducir los riesgos, la vulnerabilidad y la exposición y maximizar la resiliencia socio-ambiental.

A lo largo del documento, especialmente en lo referente a Programas, se han definido claras metas para la próxima década de necesario cumplimiento.

Regionalización

La única forma de valorar y hacer uso sostenible del agua y su biodiversidad es entender la heterogeneidad cultural y geográfica del país, de los actores públicos y privados, así como las necesidades históricas y presentes del uso del recurso hídrico y sus riquezas por parte de las comunidades locales. Los impactos del cambio climático y del cambio ambiental son eminentemente regionales y locales y dependen de los distintos sectores y, por eso, deben ser entendidos, modelados y proyectados a esas escalas. Ello demanda investigación científica que involucre a las universidades y a los centros de investigación regionales. A su vez, los planes de adaptación y mitigación demandan los aportes de los gobiernos regionales y

municipales, así como de la sociedad civil y los empresarios privados a nivel regional y local.

Los esfuerzos de planificación y gestión del agua, así como de los RHMCI, deben fortalecer los roles y capacidades científicas de las instituciones públicas y privadas en los niveles regional, municipal o comunitario. La fragilidad político-institucional, y la precaria implementación de los instrumentos de manejo y control de los ecosistemas y los recursos naturales, tienen diversas causas: (1) falta de recursos humanos, técnicos y financieros para ejercer las funciones de control ambiental, (2) poca voluntad política de algunas de las entidades responsables de implementar acciones en el territorio (pesca, riego, bienes de uso público, saneamiento básico y ambiental), (3) precaria formación científica de autoridades ambientales, (4) desarticulación entre los niveles nacional, departamental y municipal, (5) insuficiencia de conocimientos y de información sobre los problemas ambientales y su solución, (6) falta de conciencia pública sobre la importancia de la biodiversidad y sus RHMCI y sobre los mecanismos de participación ciudadana. Se observan también inversiones poco focalizadas hacia la solución efectiva de los problemas o inversiones parciales o aisladas, no orientadas por la cofinanciación ni la colaboración interinstitucional. Hay cuatro estrategias para fortalecer la capacidad de los actores institucionales públicos y privados para el cumplimiento de sus funciones y la ejecución de programas y proyectos en relación con el agua y con el cambio climático en las regiones:

Estrategia 1. Mejoramiento de la capacidad de gestión pública de los recursos hidrobiológicos marino-costeros, insulares y continentales: esta estrategia se orienta a fortalecer las acciones de las autoridades ambientales regionales en la planificación, administración, monitoreo y control de los impactos de los RHMCI.

Estrategia 2. Revisión normativa y articulación con otras políticas: desarrollar y armonizar la normatividad para articular las políticas ambientales y sectoriales que incidan en la gestión integral de los RHMCI.

Estrategia 3. Generación de conocimiento para la gestión integral del agua en los niveles regionales y locales: para ella, es necesario definir agendas regionales de investigación a mediano y largo plazo para garantizar que el aprovechamiento de los recursos naturales se haga en consonancia de los ODS.

Estrategia 4. Generación de conocimiento sobre los impactos regionales y locales del cambio climático y el cambio ambiental y construcción de escenarios de desarrollo socio-económico y de planes de adaptación y mitigación a escalas regional y local. Los modelos climáticos de alta resolución espacial y temporal permitirán cuantificar los impactos del CC+CAG sobre las más importantes variables climáticas, hidrológicas y ambientales, a nivel regional y local.

Internacionalización

El agua, las cuencas hidrográficas y los recursos hidrobiológicos no conocen fronteras geopolíticas y responden a las dinámicas naturales y antropogénicas en las cuencas hidrográficas, por lo cual, su conocimiento, gestión y uso debe responder a políticas y esfuerzo mancomunados de diferentes países. La financiación de estas investigaciones deberá tener un componente internacional muy importante. Los impactos del cambio climático y del cambio ambiental global demandan investigación científica con apoyo internacional para instrumentación y monitoreo ambiental (satélites, radares, lidars, drones, aviones con instrumentación científica, campañas de campo sobre tierra, atmósfera y océanos), y para la experimentación (laboratorios) con procesos biogeoquímicos, físicos, hidrológicos y climáticos. Además, las simulaciones climáticas requieren del uso de supercomputadoras. Todo esto se debe potenciar con apoyo internacional de agencias, centros de investigación y universidades en el exterior.

La gobernanza es uno de los mayores desafíos de Colombia para ajustarse a los estándares internacionales en manejo del agua. Es necesaria la coordinación interinstitucional e intersectorial en el manejo del agua para maximizar el impacto en la reducción de la pobreza en América Latina

(Akmouch, 2012). A su vez, Colombia ha despertado el interés de cooperación de países que cuentan con gran experiencia en temas de manejo del agua, como los Países Bajos (Ministry of Foreign Affairs, 2018), en relación con las cuencas aledañas a Bogotá, Medellín, Cartagena y Barranquilla. También se señala el interés internacional sobre las aguas subterráneas y acuíferos en Colombia, aún con los vacíos de información existentes, tales como el Fondo global por el ambiente (GEF) desde la reunión de la convención de Río en 1992.

Soluciones ascendentes (*bottom up*)

Para cumplir con los objetivos propuestos, se deben adelantar diversas estrategias y líneas de acción, muchas de ellas enfocadas en convocatorias de proyectos de investigación científica de carácter nacional, departamental y local, para generar conocimiento sobre el estado actual del recurso hídrico y su biodiversidad, de los impactos del cambio climático y de la capacidad real de las distintas regiones y municipios del país para enfrentar los retos, minimizar los riesgos y maximizar la resiliencia social y ambiental incluyendo aspectos científicos, económicos, sociales y culturales. Para la construcción de los planes de adaptación y mitigación al cambio climático proponemos llevar a cabo una serie de talleres regionales con participación de la Academia (científicos naturales y sociales), el Estado (gobernaciones y alcaldías), la industria, la sociedad civil y las comunidades, incluyendo campesinos, indígenas y comunidades afrodescendientes.

- Es necesario identificar, valorar, apropiar y entender los conocimientos ancestrales y regionales sobre el uso y cuidado del agua, así como las costumbres arraigadas en las comunidades frente a la adaptación al clima y a las dinámicas naturales. Esto deberá consolidar una biblioteca de saberes autóctonos que potencie el conocimiento científico sobre el agua y el cambio ambiental global.
- Deben propiciarse mecanismos de convocatorias participativas que surjan desde la base de la sociedad, en la que se involucren actores y comunidades regionales, a partir de problemáticas propias de los territorios, así como talleres regionales.

- Complementariamente, estas convocatorias deben integrar al Estado, la empresa, la academia y la sociedad civil para lograr soluciones viables con identidad regional.

Convergencias

El agua es el recurso vital fundamental que debe convocar los conocimientos ancestrales, los desarrollos científicos y tecnológicos, los procesos productivos, los desarrollos socioeconómicos y el bienestar de la población y, como tal, su visión debe ser transdisciplinaria e intersectorial. El acceso al agua limpia es un derecho de toda la sociedad y su garantía tiene profundas implicaciones en términos de la equidad social. El cambio climático y la pobreza se retroalimentan mutuamente y, por tanto, la solución a la crisis climática tendrá implicaciones muy importantes en la búsqueda de la equidad social de Colombia.

Existe una clara conexión de esta Misión Emblemática, con los ocho focos de la Misión de Sabios. Todos están en capacidad de contribuir a los objetivos de la Misión Emblemática aquí propuesta. En particular, la presente misión intenta aportar de manera directa al reto “Colombia Equitativa” y tiene implicaciones con el reto “Colombia Productiva y Sostenible”, toda vez que propende por el derecho al acceso al agua en cantidad y calidad adecuadas, así como a reducir los riesgos de las poblaciones más vulnerables ante eventos hidrometeorológicos extremos, lo cual tiene profundas implicaciones en términos de equidad social. Lo mismo sucede con la implementación de los planes de adaptación y mitigación al cambio climático, ya que estos rompen el círculo vicioso entre cambio climático y pobreza y tienen por objeto minimizar la vulnerabilidad y maximizar la resiliencia social y ambiental, mejorando la calidad de vida y el bienestar de las poblaciones y los ecosistemas.

Gobernanza

La misión será gobernada por un comité de dirección científica conformado por investigadores reconocidos por Colciencias en los temas de agua, su biodiversidad, medio ambiente y cambio climático, con adecuada representación regional, así como por representantes de los siguientes ministerios: (1)

Ciencia, Tecnología e Innovación, (2) Salud y Protección Social, (3) Minas y Energía; (4) Agricultura y Desarrollo Rural, (5) Ambiente y Desarrollo Sostenible, (6) Transporte, (7) Educación, (8) Cultura y (9) Industria y Comercio. También deberá participar la sociedad civil y la industria. Dado que la Misión tiene un enfoque territorial, los ministerios deberán coordinar sus esfuerzos en enlace con los entes regionales, secretarías de ciencia y tecnología, consejos regionales de competitividad y demás organismos.

Financiación

Será necesario crear un fondo específico en el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación para financiar las Misiones Emblemáticas propuestas por la Misión de Sabios. Así mismo, debe fortalecerse con la obtención de recursos provenientes de las regalías para apoyar la investigación científica en los niveles departamentales y locales. Las convocatorias de innovación abierta serán fundamentales para la construcción de los programas de investigación propuestos, cuya financiación deberá provenir de distintas fuentes nacionales e internacionales, donde la asociación público-privada, debe tener una participación directa en ellas. Proponemos también la creación de un fondo para financiar estas investigaciones con un porcentaje del costo de los proyectos que demanden licencias ambientales, a cargo de las entidades solicitantes. Por otra parte, es posible recurrir a la Alianza Latinoamericana de Fondos de Agua³⁴ o al Fondo de Cooperación para Agua y Saneamiento³⁵, un instrumento de la Cooperación Española que desarrolla programas de fortalecimiento institucional, desarrollo comunitario y promoción de servicios de agua y saneamiento en 19 países de América Latina y el Caribe. También se suman los Fondos de Agua de Nature Conservancy³⁶, los Fondos de Agua del Gobierno Alemán para la implementación de medidas de adaptación al cambio climático basadas en ecosistemas³⁷, el Fondo de Adaptación establecido bajo el Protocolo de

34 Consultar en <https://www.fondosdeagua.org/es/>

35 Consultar en FCAS; <http://www.aecid.es/ES/FCAS>

36 Consultar en FCAS <https://waterfundstoolbox.org/>

37 Consultar en FCAS https://www.adaptationcommunity.net/download/ecosystembased_adaptation/WaterFunds-EbA.pdf

Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático³⁸. Finalmente, será necesario establecer convenios de cooperación en investigación científica entre universidades y centros de investigación de Colombia y países desarrollados para aprovechar capacidades científicas y de laboratorios, y capacidades de monitoreo en temas ambientales, ecológicos, climáticos, hidrológicos, hidráulicos, forestales, ecosistémicos, oceánicos y atmosféricos.

Referencias

- Akhmouch, A. (2012). *Water Governance in Latin America and the Caribbean: A Multi-Level Approach*. OECD Publishing. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.1787/5k9crzqk3ttj-en>
- Ministry of Foreign Affairs. (2018). *Water Management, Colombia*. Netherlands Enterprise Agency.

³⁸ Consultar en FCAS <https://www.adaptation-fund.org/>

Reto Colombia productiva y sostenible

Misión emblemática Colombia hacia un nuevo modelo productivo, sostenible y competitivo

Colombia tiene una estructura productiva poco diversificada, poco tecnificada y muy vulnerable ante choques externos. La industria manufacturera se posicionó en el 2017 como la tercera actividad productiva más relevante de la economía con una participación del 12 % del producto interno bruto total (PIB), correspondiente a USD 34068.9 millones, la mitad del porcentaje que tenía en los años ochenta. El país tiene una alta dependencia de los bienes básicos como fuente de ingresos económicos y fiscales. El 80 % de las exportaciones proviene de la minería.

La deficiencia más preocupante de la economía colombiana es que la productividad total de los factores (PTF) hizo un aporte nulo al crecimiento económico entre 2000 y 2016, fenómeno asociado a la baja inversión en Ciencia, Tecnología e Innovación. La asociación nacional de instituciones financieras (Anif) estima que la contribución del capital al crecimiento económico ha sido del 55.5 % y la del trabajo ha sido 40.8 %, mientras que la productividad solamente ha contribuido con el 3.7 %.

El crecimiento de las exportaciones es condición necesaria para el crecimiento económico del país. Colombia explota solamente una tercera parte de la tierra cultivable. Si se duplicara la producción agropecuaria, se podría sumar alrededor de un punto porcentual anual al crecimiento del PIB (Hommes, 2019).

La misión *Colombia hacia un nuevo modelo productivo, sostenible y competitivo* atiende el cumplimiento de los objetivos de desarrollo sostenible (ODS), particularmente los objetivos 2 (hambre cero), 3 (salud y bienestar), 5 (igualdad de género), 6 (agua limpia y saneamiento), 7 (energía asequible y no contaminante), 9 (industria, innovación e infraestructura), 11 (ciudades y comunidades sostenibles) y 12 (producción y consumo responsables).

Esta misión tiene tres características: (1) aplica y desarrolla tecnologías de propósito general (GPT) de última generación, de carácter transversal, (2) aprovecha ventajas comparativas en dotación de recursos naturales, capacidades y relaciones internacionales con universidades y centros de investigación de vanguardia y (3) puede asegurar ventajas competitivas del país para exportar bienes y servicios de alto valor. Se busca incorporar conocimiento a las actividades productivas en cadenas de valor integradas, sostenibles y rentables, crear nuevas industrias de base tecnológica y con proyección exportadora que beneficien a las comunidades a nivel regional y nacional.

La industria verde, los materiales inteligentes y sostenibles, las energías renovables, los insumos médicos, la instrumentación y control para entornos tropicales y las plataformas de conectividad son ejes promisorios para la nueva revolución industrial en el contexto de la producción integrada, ya sea a la medida, personalizados o a gran escala, haciendo uso de la convergencia de tecnologías y disciplinas, por ejemplo, ingenierías, química, biología y tecnologías de la información y comunicación. Se contribuiría con diferentes frentes en el país; a la transición energética más amigable con el medio ambiente, a su diversificación del aparato productivo, la generación de emprendimientos (*start-up* o *spin-off*), y también de grandes compañías dependiendo de los mercados y consumidores. Se fortalecerían también las asociaciones estratégicas (clústeres) y desarrollos regionales de acuerdo con sus capacidades.

Gran meta

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 un 3 % del PIB total y se dupliquen la producción de la agricultura y sus servicios profesionales, científicos y técnicos, a través 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.

Sectores de alto potencial e impacto

La misión *Colombia hacia un nuevo modelo productivo, sostenible y competitivo* busca impactos transversales en todos los sectores por la aplicación agresiva de tecnologías de propósito general (especialmente la digitalización). Sin esta nivelación general, que tiene abundantes vertimientos y externalidades positivas en la economía, la productividad general de factores no aumentará.

En el conjunto de los sectores productivos de Colombia, destacan las ventajas comparativas y el potencial de la bioeconomía. En este contexto, se debe promover la agrobiodiversidad y la aplicación de biotecnologías en el aprovechamiento sostenible de la biodiversidad y conservación de los recursos en los ámbitos nacionales, regionales y locales. La adición de valor dentro de la cadena productiva permite desarrollos locales y proporciona mayor bienestar económico y social, el cual potenciará el desarrollo de nuevos usos de materiales, procesos, servicios, productos y conocimientos en el contexto de una industria con un nuevo modelo productivo, el desarrollo de nuevas empresas y el reforzamiento de procesos de apropiación social.

La bioeconomía incluye desde producción primaria de biomasa para alimentación y nutrición humana y animal, fibra y celulosa, la investigación en genomas y procesos celulares (genómica, proteómica y metabolómica), obtención de nutraceuticos y farmaceuticos, nuevas terapias y sistemas diagnósticos para la salud, insumos médicos, productos de química fina y metabolitos de alto valor agregado, bioenergía, instrumentación y control para entornos tropicales, bioplásticos y enzimas industriales, bajo una perspectiva de sostenibilidad, con el concepto de procesos en cascada o circulares.

El desarrollo de las dotaciones de recursos biológicos requerirá la aplicación de las tecnologías convergentes (nanotecnología, biotecnología, tecnologías de la información y ciencias cognitivas), en sistemas jerárquicos desde la nano hasta la macroescala, cuyas características y papel se discuten ampliamente en otro capítulo de este documento. La biotecnología es un elemento dinamizador para generar plataformas centrales que promuevan el desarrollo de la bioeconomía (Cepal, FAO, IICA, 2017) y es la puerta de entrada a un nuevo mundo de negocios sostenibles que presenta muchos desafíos de gestión y organización.

Metas de la misión, horizonte 2030

Industria manufacturera

- a) Duplicar la producción de la industria manufacturera del país, y pasar de 0.57 % al 3 % del PIB en industrias digitales, entre 2020 y 2030.
- b) Transformar la industria manufacturera, agrícola, agroindustrial y de tecnologías convergentes hacia la neutralidad de carbono.

Agro y agroindustria

- a) Duplicar la producción de la agricultura de Colombia entre 2020 y 2030.
- b) Aprovechar la biomasa sólida y líquida para aumentar de 9 % a 15 % su participación en la producción de energía y desarrollar al menos cuatro sectores industriales basados en la química verde, cada uno de ellos con al menos una nueva empresa de base tecnológica.

Tecnologías convergentes e industrias 4.0

- a) Aumentar la cobertura de datos de alta velocidad a un 90 % de la población.
- b) Coinvertir en capacidades satelitales para observación de la tierra para beneficio de la agricultura, acuicultura, medio ambiente, minería, seguridad y ordenamiento territorial.

Energía

- a) Crear cinco empresas de base tecnológica en instrumentación, control y equipos para la transición energética con proyección exportadora.
- b) Crear cinco empresas de biorrefinerías con proyección exportadora.
- c) Apoyar la transferencia y adopción de tecnologías para cinco ciudades inteligentes y sostenibles en Colombia.

Salud

- a) Duplicar el número de medicamentos esenciales producidos en el país.

- b) Para el 2030 tener en el mercado al menos diez medicamentos, fitoterapéuticos o productos biológicos desarrollados en el país, que atiendan las principales enfermedades de salud pública de Colombia.
- c) Triplicar el número de empresas de terapias avanzadas en Colombia.
- d) Desarrollar una industria de instrumentación médica adaptada a las condiciones colombianas.

Objetivos y programas a partir de I+D+I

Los programas pueden iniciar en 2020 y se obtendrán los resultados gradualmente hasta alcanzar las metas en 2030. Se realizarán las verificaciones intermedias que sean necesarias.

Programa 1. Crear centros que provean servicios indispensables para la generación de nuevas empresas, financiando, inicialmente, actividades de exploración, escalamiento y asesorías jurídicas y mercantiles.

Programa 2. Formación de talento humano, desde pregrado hasta posgrado, en áreas afines al reto que permita el extensionismo tecnológico y su retención.

Programa 3. Promoción de la creación de fondos de capital de riesgo y de estrategias para impulsar y generar demanda privada de innovación.

Programa 4. Realización de convocatorias nacionales para la investigación y desarrollo en temáticas avanzadas y promisorias cofinanciadas por los diferentes ministerios relacionados con el reto (Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, Ministerio de Educación, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Ministerio de Tecnologías de la Información y Comunicaciones, Ministerio de Minas y Energía y Ministerio de Salud y Protección Social).

Energía

A continuación, se presentan tres programas de energía con sus proyectos. Son un insumo, que se deberá desarrollar en los ámbitos gubernamentales pertinentes con factibilidad de llegar a resultados comerciales en el mediano plazo. Dentro de sus primeras tareas, MinCTI deberá desarrollar habilidades para aplicar rápidamente “pruebas de concepto” y validaciones con expertos con diferentes perspectivas.

Programa E1. Crear una industria de instrumentación, control y equipos para la transición energética con proyección exportadora

Numerosas tecnologías en energías renovables y productos electrónicos asociados a la transición energética mundial no están adaptados a las exigentes condiciones tropicales (humedad, temperatura, contaminación biológica, altura, etc.). Colombia tiene varios grupos destacados y consolidados de investigación, en diversas universidades e institutos, en instrumentación, control, diseño de dispositivos digitales y paneles solares orgánicos, entre otros y existe un vacío de soluciones tecnológicas para América Latina que se pueden llenar desde Colombia.

El programa E1 propone 3 proyectos de desarrollo de prototipos y diseños en: (1) paneles solares orgánicos y almacenamiento de energía, (2) dispositivos y componentes para microrredes, medidores inteligentes, redes inteligentes (con tecnología 5G), dispositivos de instrumentación y control para eficiencia energética en la industria, edificios y transporte eléctrico y (3) equipos y procesos para la energía solar térmica (refrigeración). Se aprovechará la vinculación de la diáspora colombiana con universidades e institutos de frontera mundial (Max Planck, Fraunhofer, FAU, MIT, entre otros).

Programa E2. Apoyar la creación de una industria de biorrefinerías con proyección exportadora

Colombia dispone de abundantes residuos de biomasa agrícola, forestal, pecuaria y de basuras con características distintas a las de los residuos correspondientes de los países del hemisferio norte, donde se origina la mayor parte de las tecnologías asociadas a los vectores energéticos.

Colombia tiene varios grupos de investigación consolidados en química orgánica, desarrollo y optimización de procesos térmicos, biología de cultivos y otros. Desde Guatemala hasta el Perú, y en el Caribe, los residuos de biomasa son también abundantes y no se aprovechan. Colombia tiene las capacidades y la localización para tomar un liderazgo regional en el desarrollo de biorrefinerías.

El programa E2 propone 2 desarrollos de prototipos y diseños en (1) biorrefinerías enfocadas en producción de portadores energéticos y (2) biorrefinerías enfocadas en producción de productos químicos de alto valor agregado (química verde). Se aprovechará la vinculación de investigadores colombianos con institutos de frontera y el interés de industriales en el desarrollo, con la intención de exportar plantas modulares de pequeña escala que se puedan usar de manera descentralizada con heterogeneidad de insumos orgánicos.

Programa E3. Apoyar la transferencia y adopción de tecnologías para ciudades inteligentes y sostenibles

La transferencia y la adopción de nuevas tecnologías energéticas depende en buena medida de las capacidades de los actores y de la flexibilidad regulatoria. Para desarrollar estas capacidades, el programa E3 propone establecer dos laboratorios: (1) un laboratorio de computación avanzada para simular sistemas energéticos, arquitecturas transaccionales y modelos de regulación, siguiendo el estilo de trabajo del National Renewable Energy Laboratory (NREL) de Estados Unidos y (2) un laboratorio descentralizado de apoyo al desarrollo de ciudades inteligentes y sostenibles, que impulse el uso de grandes datos, internet de las cosas y el diseño de concursos para promover soluciones tecnológicas en eficiencia energética (especialmente en la industria) y en transporte híbrido y eléctrico, entre otros asuntos. También será un centro de innovación social y de apropiación social de la eficiencia y la economía circular. Se propone empezar en las cinco ciudades más grandes del país y llegar a acuerdos de agenda y cofinanciación con las administraciones municipales.

Agro y agroindustria

La modernización del agro y la agroindustria colombiana requiere facilitar mecanismos de desarrollo e innovación y desarrollo de capacidades en generación, transferencia y adopción de conocimiento para el avance territorial inclusivo en sus sistemas productivos. Esta misión alcanzará hacia el horizonte 2030 el desarrollo y la apropiación de tecnologías convergentes (nano, bio, info y cogno) y bioeconómicas para mayor eficiencia en producción y en procesamiento agrícola.

Programa A1. Incorporar avances de CTI para la modernización tecnológica sostenible del sector agroindustrial

La incorporación de avances de CTI para la modernización tecnológica sostenible del sector agroindustrial (agricultura, acuicultura, silvicultura) se realiza con el fin de mejorar la productividad y la eficiencia (competitividad) en toda la cadena integral de generación de valor, contribuyendo a la seguridad alimentaria y nutricional. Incluye desde nuevas tecnologías de selección y mejoramiento, calidad de semillas, agrobioprospección para aprovechamiento de la biodiversidad regional, mejora nutricional de los alimentos (biofortificación), mayor eficiencia en el uso de insumos para producir más con menos (agricultura de precisión), uso de bioinsumos (biofertilizantes y bioplaguicidas), digitalización, robótica, conectividad, tecnologías para adición de valor y transformación *in situ* de los productos para favorecer el desarrollo territorial y de las comunidades con procesos en cascada o circulares que reducen la producción de biomasa residual, ya que cualquier subproducto o coproducto es utilizado como materia prima de otro proceso en forma circular.

Programa A2. Fortalecer la infraestructura científica y técnica de las regiones en las instancias de I+D+I

Con las regiones se identificará la infraestructura científica y técnica crítica requerida para fortalecer las actividades de investigación, desarrollo e innovación para facilitar la generación y transferencia de conocimiento, la interconectividad, las comunicaciones, la asistencia técnica y la facilidad de entrega de los productos, subproductos o coproductos y servicios

desarrollados. Para ello, es necesario facilitar la divulgación y transferencia de tecnologías disponibles, promover el trabajo asociativo y en interacciones estratégicas.

Algunas metas para las regiones en el 2030 son: (1) que la productividad de los cultivos se incremente en 10-15 %, (2) que los costos de producción se reduzcan entre 10-20 %, (3) que la generación de empleo (más calificado) aumente en 20-30 %, (4) que, por diferentes factores, la generación de CO₂ se reduzca entre 20-40 %, según región y agroindustria y (5) que el volumen de desechos y efluentes de las diferentes agroindustrias disminuya en un 30-40%, y la mitad de este volumen se encuentre generando un valor adicional en nuevos productos.

Programa A3. Contribuir con la desaceleración o incluso reversión de los efectos negativos del cambio climático

Contribuir con la desaceleración o incluso reversión de los efectos negativos del cambio climático es posible a través de la mejora de la eficiencia energética, reducción de las emisiones de CO₂ y el uso de las tecnologías convergentes e industrias 4.0 aplicadas a las operaciones agrícolas, agroindustriales e industriales, brindando nuevas herramientas tecnológicas y redes de información con una buena calidad de datos para un mejor uso de la tierra, el agua, la energía, los fertilizantes, biocidas, entre otros. Se necesitan capacidades satelitales para la generación de imágenes para beneficio de la agricultura y del medio ambiente.

Esto redundará en la conservación de los recursos no renovables, en el aislamiento de los cultivos de las infestaciones, en la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero por el buen balance entre fertilización, manejo de la tierra y de la irrigación.

Industrias 4.0

Programa I1. Incorporar los avances en la convergencia de tecnologías para el desarrollo de las regiones

Incorporar los avances en la convergencia de tecnologías (nano, bio, info y cogno), como la conectividad, las biotecnologías, la agricultura de precisión, internet de las cosas (IoT), química verde, nanotecnologías, entre otros,

para incrementar la eficiencia de los sistemas productivos y sus servicios, así como su incorporación a cadenas o redes de valor integrales en procesos en cascada que mantienen el valor de los componentes en forma cíclica durante los diferentes procesos involucrados, es una necesidad sentida y clara para el desarrollo territorial y facilita al país un posicionamiento y una oportunidad global.

Programa 12. Fortalecer la articulación de la información y el manejo de datos en el país.

El fortalecimiento de la infraestructura de conectividad de datos de alta velocidad facilitará el desarrollo de nuevos productos, servicios y modelos de negocio a través de la convergencia de tecnologías (nano, bio, info y cogno) que soportarán el nuevo modelo productivo, sostenible y competitivo del país. Se podrá llevar nueva tecnología al campo y desplegar esta infraestructura por demanda también en áreas remotas.

El sector productivo primario y de servicios relacionados requiere de forma inaplazable articular y hacer más eficientes su conectividad eléctrica y de datos, sus cadenas de suministro y de valor, sus normativas y regulaciones, incrementar su productividad y su rentabilidad, ser eficiente en el uso de insumos y mejorar la calidad de sus productos, logrando así aumentos significativos en sus ingresos.

Se requiere la coinversión en capacidades satelitales para la observación de la tierra para beneficio de la agricultura, acuicultura, medio ambiente, minería, seguridad y ordenamiento territorial.

Programa 13. Desarrollar sectores industriales basados en la química verde a través de la agroindustria y la convergencia de tecnologías

El sector agroindustrial y de servicios relacionados puede evolucionar y contribuir al crecimiento económico del país con la producción de materiales inteligentes y sostenibles, ingredientes activos farmacéuticos y nutricionales, cosméticos, polímeros, lubricantes, entre otros, con demanda nacional e internacional. Estos desarrollos pueden ser llevados a cabo, por ejemplo, a través de biorrefinerías.

Salud

Esta misión alcanzará a horizonte 2030 el diseño, desarrollo y producción de tecnologías en salud en búsqueda de la seguridad sanitaria, productividad y sostenibilidad de la industria nacional.

Programa S1. Financiar y consolidar el desarrollo de capacidades para la producción de medicamentos esenciales para la salud pública

- Financiar el desarrollo de capacidades para la producción de medicamentos esenciales desabastecidos, en riesgo de desabastecimiento y enfermedades prioritarias según fuentes del Ministerio de Salud y Protección Social y el Invima.
- Promover la creación de acuerdos binacionales de transferencia tecnológica para la producción local de medicamentos.
- Consolidar la producción nacional de principios activos estratégicos para la salud pública nacional y que estén en riesgo de desabastecimiento.

Programa S2. Reformar el Fondo de investigación en salud (FIS) para el fortalecimiento de la innovación en salud

- Reformar el Fondo de Investigación en Salud (FIS) para fortalecer la innovación en salud y ampliar las fuentes de financiación del fondo con 5% de los impuestos recaudados por venta de alcohol y tabaco y el 10% de los recursos recaudados por autorización de publicidad farmacéutica para financiar innovaciones en el área de salud.
- Desarrollar convocatorias para la evaluación clínica de nuevos productos y creación y ampliación de plantas de producción.
- Realizar una macrorrueda de la innovación en salud anualmente para establecer cooperación entre la Empresa, la Universidad y el Estado, en la que haya recursos disponibles para financiar los proyectos gestionados durante la macrorrueda.
- Diseñar e implementar el programa de producción de biotecnológicos en Colombia.
- Formular e implementar una política industrial en salud que fomente el desarrollo de productos y servicios de interés en salud pública.

Repercusión de la misión en el sistema de CTI y en la industria colombiana

Impacto

Esta misión representa una transformación industrial a gran escala a través de la incorporación de conocimiento e innovación tecnológica en los sistemas productivos, sus servicios relacionados y sus cadenas o redes de valor a partir del uso sostenible de la biodiversidad, manejo del medio ambiente y salud, energías renovables y las tecnologías convergentes.

El impacto de la presente misión será el crecimiento económico de Colombia para evidenciar mejoras en el nivel de vida de la población al duplicar la producción de la industria manufacturera del país para el año 2030.

La modernización del sector productivo y el sector público, así como sus servicios en la convergencia tecnológica, tendrá un impacto positivo en la economía y la sociedad colombiana y, adicionalmente, contribuirá con la generación de empleo, creación de empresas de base tecnológica y la disminución de la pobreza en el mediano y largo plazo.

La biodiversidad y la convergencia tecnológica a través de toda su dimensión, incluyendo los recursos hidrobiológicos marino-costeros, insulares y continentales, son importantes soportes para la economía en todos sus niveles –industrial, cultural, regional y local– y para la seguridad alimentaria y nutricional. Las normativas y regulación deben ser adecuadas y que promuevan su gestión, para un manejo y aprovechamiento sostenible, que facilite las actividades agrícolas, industriales, así como las cadenas de valor y los servicios al interior de las regiones y las comunidades locales.

En el sector salud, la producción local y el desarrollo de tecnologías a partir de la biodiversidad es la vía para superar la dependencia tecnológica del país y explorar nuevas oportunidades de crecimiento. En este caso, el desarrollo de fitomedicamentos, productos biológicos y nutracéuticos, además de dispositivos médicos, es el camino para cubrir las necesidades de salud de los colombianos a menores costos y contribuir al bienestar de la población colombiana.

Academia

Se promoverá la investigación básica como sustento de las innovaciones tecnológicas y su transferencia al sector productivo. Se aplicará el conocimiento y la tecnología para contribuir al cumplimiento de los ODS. Se desarrollarán y aplicarán nanotecnologías, biotecnologías y tecnologías de la información y comunicación para identificar y caracterizar propiedades potenciales en la biodiversidad y en los subproductos del procesamiento agroindustrial y de la industria verde para desarrollar bioproductos de alto valor agregado. Se pondrán en marcha plataformas atmosféricas de *Big/Smart Data*, y se ampliará el uso de la computación en la nube. Se fortalecerá la investigación en escenarios de internet de las cosas (IoT), drones y trazabilidad *Blockchain* e inteligencia artificial, entre otros.

Cooperación

Se establecerán y fortalecerán asociaciones público-privadas nacionales e internacionales de gran alcance que involucren, parcial o totalmente, la universidad, institutos de investigación o centros de desarrollo tecnológico y unidades de transferencia tecnológica, la empresa, el estado y los actores regionales. Las colaboraciones Estado-Universidad-Centro-Empresa-Sociedad permitirán ampliar la oferta formativa y de CTI en el país, lo cual será de interés social y económico para las empresas y para la sociedad. Se promoverán las colaboraciones intersectoriales e interdisciplinarias. La modernización de las entidades públicas se puede acelerar con la convergencia tecnológica y la Cuarta Revolución Industrial para beneficio de la industria y de la sociedad. Las asociaciones gremiales serán consideradas en estas colaboraciones.

Soluciones ascendentes (*bottom up*)

Un mecanismo ascendente importante será la definición de problemas específicos o retos que se divulgarán por convocatorias, a través de cámaras de comercio, asociaciones, incubadoras, aceleradoras, secretarías de planeación, universidades, institutos o centros, instituciones que realizan compras públicas y otras entidades relacionadas con CTI. Se realizarán talleres para consultar a la comunidad para detectar problemas y definir prioridades.

Un aspecto fundamental que se debe promover como parte de esta iniciativa es el “diálogo de saberes” que permite identificar y apropiarse conocimientos incluyendo los ancestrales y autóctonos de las comunidades y los de los industriales. Además, esta misión puede ser el escenario propicio para que innovadores y emprendedores tengan la posibilidad de explorar, escalar y poner en marcha procesos, productos y servicios que dan respuesta a necesidades y problemas específicos de sus comunidades a partir del conocimiento.

Para que el aprovechamiento de la biodiversidad y de la biomasa del agro sea más eficiente y conduzca al desarrollo económico y al bienestar de la sociedad, es requisito iniciar fortaleciendo la conectividad de los actores y la cultura tecnológica, así como el manejo, privacidad e integridad de los datos.

Regionalización

La misión *Colombia hacia un nuevo modelo productivo, sostenible y competitivo* es pertinente para las diferentes regiones del país porque se ajusta a una infraestructura por demanda, recursos naturales, economía, capacidades y oportunidades y promueve su competitividad en nichos particulares. Esta misión propone avanzar pilotos paralelos en las diversas regiones y en diferentes sectores agrícolas, acuícolas, agroindustriales, industriales, energéticos, salud, entre otros.

Internacionalización

Existen amplias oportunidades de cooperación internacional, así como, la integración con institutos de investigación y desarrollo de otros países, como, por ejemplo, Alemania (Institutos Fraunhofer, Institutos Leibniz y otros), Francia (Cirad y otros) conocedores de Colombia y especializados en investigación aplicada de tecnologías convergentes e industria 4.0 en los sectores agrícolas, acuícolas, agroindustriales, industriales, energéticos, salud y de la bioeconomía. Igualmente, se colaborará con las universidades *land-grant* de los Estados Unidos. Este puede ser también un “proyecto plataforma” de convergencia en investigación, estableciendo cercana asociación con grandes actores de tecnología en el ámbito global, quienes tienen

grandes apuestas en plataformas y soluciones de “agricultura de precisión”, utilizando ampliamente tecnologías en la convergencia tecnológica.

Convergencias

Transversalidad: esta misión se amplifica entre los ocho focos temáticos de la Misión de Sabios 2019, foco de Tecnologías Convergentes e Industria 4.0, de Bioeconomía, Biotecnología y Medio Ambiente, de Océanos y Recursos Hidrobiológicos, Energía sostenible, Ciencias de la Vida y la Salud, de Ciencias Básicas y del Espacio, de Ciencias Sociales, Desarrollo Humano y Equidad (Educación) e Industrias Creativas y Culturales.

Largo plazo

La propuesta plantea la adopción de políticas públicas para mantener la actualización y transferencia de tecnología al sector productivo para obtener mayor beneficio de todos los avances en conocimiento. La aplicación del conocimiento a los diversos sectores productivos de la sociedad a nivel regional es la mejor herramienta para que mantengan su vigencia, su eficiencia y su competitividad para beneficio de toda la comunidad y la promoción del desarrollo territorial con sostenibilidad ambiental, social y económica.

Gobernanza del reto

Bajo la coordinación de la Vicepresidencia de la República de Colombia, este reto deberá contar con la articulación de los ministerios de comercio, industria y turismo, ministerio de ciencia, tecnología e innovación, ministerio de educación nacional, ministerio de tecnologías de la información y las comunicaciones, ministerio de agricultura y desarrollo rural, ministerio de ambiente y desarrollo sostenible, ministerio de minas y energía y ministerio de salud y protección social, así como del Departamento Administrativo Nacional de Planeación (DNP), entidad que diseña, orienta y evalúa las políticas públicas colombianas.

Financiación

Esta misión requiere asociaciones público-privadas. Las convocatorias regionales y nacionales para la investigación y desarrollo en temáticas

avanzadas y promisorias suponen la suma de recursos públicos y privados, estos últimos amparados en un esquema de seguridad jurídica.

- Para las convocatorias nacionales de esta misión en programas específicos, se debe disponer de por lo menos USD 6000 por programa y USD 4000 adicionales para complementar la formación de talento humano de alto nivel.
- Para las convocatorias regionales de esta misión en programas específicos, se debe disponer de por lo menos USD 6000 por piloto en las cinco principales regiones de Colombia para fortalecer la infraestructura científica y técnica de estas regiones en instancias de investigación, desarrollo e innovación.
- Creación de un fondo de instrumentos de promoción para la exploración, escalamiento y creación de nuevas empresas de base tecnológica y de proyección exportadora y centros para cerrar las brechas tecnológicas y de crecimiento económico, de por lo menos USD 80 millones. Este fondo tendrá incentivos tributarios de largo plazo.

Referencias

- Hombres, R. (20 de julio 2019). “El relativo rezago de la economía colombiana”. El Tiempo [versión en línea]. Disponible en: <https://www.eltiempo.com/economia/sectores/el-relativo-rezago-de-la-economia-colombiana-377602>
- Cepal, FAO, IICA. (2017). “La bioeconomía: oportunidades y desafíos para el desarrollo rural, agrícola y agroindustrial de América Latina y el Caribe”. *Boletín CEPAL/FAO/IICA (Diciembre)*. Disponible en: <https://www.cepal.org/es/publicaciones/42724-la-bioeconomia-oportunidades-desafios-desarrollo-rural-agricola-agroindustrial>

Reto Colombia equitativa

A pesar de los logros obtenidos en las últimas décadas, Colombia sigue siendo un país con grandes inequidades. La concentración del ingreso, medida a través del coeficiente de Gini, alcanzó para 2018 la cifra de 0.517, una de las más altas del continente. La pobreza multidimensional se mantiene en 19.6% para todo el país y en 39.9% para las zonas rurales, pero en cinco departamentos esta cifra supera el 45%. El Índice de Desarrollo Humano, pone a Colombia en la posición número 90 entre 189 países con un indicador de 0.747 (Dane, 2018).

La persistencia de privaciones en educación, salud y otros servicios básicos en las mismas regiones y grupos poblacionales a lo largo de décadas ha llevado a algunos autores a usar el concepto de exclusión social para señalar la existencia de un proceso “autoperpetuador” (Garay, 2003, p. 55), basado en estructuras cuyas trayectorias históricas se remontan a cientos de años atrás. Ya en 1993, el Libro Verde para la Política Social Europea señalaba que las discusiones sobre exclusión social hacen “especial hincapié en el carácter estructural de un proceso que excluye a parte de la población de las oportunidades económicas y sociales”. Más adelante el mismo texto señala que “al poner de manifiesto los defectos de la estructura social, la exclusión social revela algo más que la desigualdad social y, por consiguiente, implica el riesgo de una sociedad dual o fragmentada” (Comisión de las Comunidades Europeas, 1993, p. 24).

El riesgo de fragmentación social, hoy evidente en distintas sociedades de este y otros continentes, y el deterioro paulatino de las condiciones climáticas y ambientales indican que el crecimiento económico solo es sostenible si está acompañado de equidad, inclusión, participación democrática y respeto por el ambiente. En particular, Colombia debe afrontar seriamente los desafíos que implican crear oportunidades para todos y generar y fomentar procesos locales y regionales autónomos en conjunto con las poblaciones que han sufrido de procesos históricos de exclusión.

Por su carácter estructural, multidimensional y complejo, los problemas de la exclusión y la desigualdad social no pueden ser atendidos a través de

una política puntual o un conjunto marginal de mecanismos. Su solución requiere abordarlos como un desafío de país, que permita reorientar las bases del crecimiento, priorizar la toma de decisiones, la destinación de recursos y la producción de conocimiento con miras a su solución.

Colombia requiere crecer y ser más equitativa. Estos no son objetivos contradictorios. Todo lo contrario: los casos de Estados Unidos, Corea y Finlandia muestran una estrecha relación entre acceso amplio a la educación y crecimiento. Para que esos dos objetivos sean compatibles, es indispensable pasar de un modelo de crecimiento económico basado en rentas, especialmente de la explotación de recursos naturales, a uno en donde el capital humano y el conocimiento sean la base del crecimiento y se le apunte a un desarrollo sostenible ambiental y socialmente. De allí surge el papel central de la educación como instrumento de cambio. Para construir otro futuro posible es indispensable el fomento del conocimiento y la educación. El conocimiento, que comprende la ciencia, las humanidades, las artes y los saberes ancestrales, es fundamental para el desarrollo de nuevas y creativas alternativas. La educación es el medio para desarrollar capacidades que permiten crear, compartir y divulgar ese conocimiento y que permite a las colombianas y colombianos usar ese conocimiento para desarrollarse como personas y contribuir al desarrollo sostenible del país y sus regiones.

Dentro de este camino, la Misión de Sabios propone el siguiente como uno de los grandes retos de largo plazo para el país:

Lograr que todas las personas y las comunidades de Colombia sean actores de su propio destino, desarrollen su conocimiento, su creatividad y sus capacidades, gocen de iguales oportunidades y ejerzan sus derechos de participación, para convertirse en la base del desarrollo nacional.

Para asumir este reto, proponemos dos misiones: la misión “Conocimiento e Innovación para la Equidad” y la misión “Educar con Calidad para el Crecimiento, la Equidad y el Desarrollo Humano”.

A continuación, desarrollamos estas misiones.

Referencias

- Comisión de las Comunidades Europeas. (1993). *Libro verde sobre la política social europea. Opciones para la unión*. Bruselas: Oficina de publicaciones oficiales de las comunidades europeas.
- Dane. (2018). *Boletín Técnico de Pobreza Multidimensional*. Recuperado de <https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/condiciones_vida/pobreza/2018/bt_pobreza_multidimensional_18.pdf> Consulta: 21 de septiembre de 2019.
- Garay, L. (2003). Crisis, exclusión social y democratización en Colombia. *Revista Prospectiva*. 8, 52-77.

Misión emblemática: conocimiento e innovación para la equidad

Contexto y justificación

Durante las últimas décadas, Colombia ha venido reduciendo las cifras de pobreza monetaria de manera gradual, tanto en cabeceras como en zonas rurales, aunque con una desaceleración en los últimos cinco años, especialmente en las zonas urbanas (Dane, 2018a). Sin embargo, de acuerdo con lo planteado en los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), la pobreza debe ser entendida más allá de los ingresos monetarios. En la descripción del primer ODS, se estima que,

La pobreza va más allá de la falta de ingresos y recursos para garantizar unos medios de vida sostenibles. La pobreza es un problema de derechos humanos. Entre las distintas manifestaciones de la pobreza figuran el hambre, la malnutrición, la falta de una vivienda digna y el acceso limitado a otros servicios básicos como la educación o la salud. También se encuentran la discriminación y la exclusión social, que incluye la ausencia de la participación de los pobres en la adopción de decisiones, especialmente de aquellas que les afectan.

Debido a estas características complejas de la pobreza, desde 1990 el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) elabora reportes con el Índice de Pobreza Multidimensional (IPM), que evalúa las privaciones en salud, educación y estándar de vida, lo cual incluye aspectos como acceso a agua limpia, electricidad y vivienda. Estos mismos parámetros constituyen el núcleo del Índice de Desarrollo Humano (IDH), que mide la expectativa de vida, los años de escolaridad y el ingreso per cápita. Según el Dane, la pobreza multidimensional en Colombia no se redujo, sino tuvo un crecimiento entre 2016 y 2018, revirtiendo una tendencia descendente que había por lo menos desde el año 2010 (Dane, 2018b). Pero, además, la pobreza multidimensional en centros poblados y rural disperso duplica al total nacional, indicando una brecha mucho más amplia que en la pobreza monetaria.

Por otro lado, el IDH para Colombia en 2018 fue 0.747, lo que lo ubica en el puesto 90 entre 189 países. Al mismo tiempo Colombia sigue mostrando uno de los mayores indicadores de desigualdad de acuerdo con el coeficiente de Gini, que mide la concentración en la riqueza y los ingresos, y que para 2018 fue de 0.517 mostrando un incremento con respecto al año anterior (Dane, 2018b). Aunque los reportes del PNUD han encontrado que no existe una clara correlación entre pobreza multidimensional y desigualdad medida en coeficiente de Gini, es claro que la inequidad en el acceso a servicios básicos en el país se convierte en un factor que puede retrasar la reducción de la pobreza. De acuerdo con la descripción del décimo ODS, a pesar de los avances en reducción de la pobreza en diferentes lugares del mundo, “siguen existiendo desigualdades y grandes disparidades en el acceso a los servicios sanitarios y educativos y a otros bienes productivos”. Y en ese mismo sentido, en este texto se agrega: “existe un consenso cada vez mayor de que el crecimiento económico no es suficiente para reducir la pobreza si este no es inclusivo ni tiene en cuenta las tres dimensiones del desarrollo sostenible: económica, social y ambiental”. Por eso, en las metas de este ODS se señala que, además de lograr el crecimiento en ingresos del 40% más pobre de la población, es necesario promover la inclusión social, económica y política, y garantizar la igualdad de oportunidades.

Si bien existe un consenso en el sentido de que la ciencia, tecnología e innovación impactan positivamente el desarrollo y el crecimiento económico, se requieren esfuerzos específicos para garantizar que la producción de conocimiento y su aplicación atienda directamente las necesidades de las capas menos favorecidas de la población colombiana, especialmente en lo relacionado con las barreras de acceso a servicios básicos (más aún si se considera que una incorporación eficiente de tecnología puede elevar el coeficiente de Gini en un primer momento, antes que reducirlo). Como ha dicho Esther Duflo, premio Nobel de economía 2019, “el objetivo es asegurar que la lucha contra la pobreza se hace basándose en evidencia científica”. En este sentido, es imprescindible que el Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SNCTI) asuma como una prioridad de primer orden la producción de conocimiento e innovación para la superación de la pobreza multidimensional y la reducción de la desigualdad en Colombia.

Objetivo general de la Misión emblemática

Reducir la desigualdad social y la pobreza multidimensional en Colombia a partir del conocimiento científico y la innovación social.

Objetivos específicos

- Construir e implementar, de forma participativa y a partir de investigación y evidencia empírica, una Política de Innovación Social que oriente la producción, transferencia y aplicación de conocimiento con miras a la erradicación de la pobreza multidimensional y la reducción de la desigualdad.
- Producir conocimiento que contribuya a la universalización del acceso a servicios básicos, acelere la inclusión social y fortalezca el desarrollo autónomo de las poblaciones menos favorecidas.
- Definir criterios e instrumentos para la promoción y el fortalecimiento del diálogo de saberes, en un marco de respeto a las comunidades locales, sus diferentes formas de producción de conocimiento y sus visiones del desarrollo y la sostenibilidad.

- Fortalecer la institucionalidad necesaria para generar igualdad de oportunidades a lo largo del territorio nacional.

Metas de la misión para 2030

- A través de la priorización y concentración de esfuerzos científicos y financieros, haber ejecutado un mínimo de cinco proyectos regionales por cada programa, que muestren contribuciones específicas al cierre de la brecha de pobreza multidimensional entre las zonas rurales y urbanas.
- Haber ejecutado un mínimo de cuarenta proyectos de innovación social en cada uno de los programas de la Misión (320 en total).
- Contar con un banco de por lo menos diez proyectos replicables a nivel nacional, en cada uno de los programas de la Misión.
- Haber logrado la apropiación de la Política de Innovación Social por parte de todos los actores del Estado y del SNCTI.

A través de estas metas, y contando con que se dé continuidad a los seis programas, se espera que para 2045 la misión pueda demostrar contribuciones concretas a los siguientes objetivos de país:

- Universalizar el acceso a educación, salud, justicia, agua y alimentos, infraestructura y tecnología y arte y cultura.
- Reducir de forma sostenida el desempleo, aumentar el empleo formal y fortalecer la estructura productiva, especialmente en los departamentos con mayor incidencia de pobreza multidimensional.
- Reducir la pobreza multidimensional en centros poblados y rurales dispersos, prioritariamente.
- Aumentar del Índice de Desarrollo Humano del país.
- Reducir el Coeficiente de Gini a nivel nacional y especialmente en los departamentos con mayor incidencia de pobreza multidimensional (Guainía, Vichada, Vaupés, Guajira y Chocó).

Planteamiento estratégico: innovación social como motor de la equidad

La inclusión de la población menos favorecida en el desarrollo social, económico y cultural del país es un imperativo moral y una deuda histórica. Para ello se necesita estudiar a fondo las causas y dinámicas de la desigualdad y generar soluciones, basadas en conocimiento, para impulsar la construcción de capacidades y oportunidades en todo el territorio nacional, y garantizar el acceso de todos los colombianos a servicios básicos como salud, educación, justicia, agua y alimentos, infraestructura y tecnología, cultura, procesos productivos y un medio ambiente sano.

De acuerdo con el primer objetivo de esta misión, para poner el conocimiento al servicio de la equidad es necesario construir e implementar una Política de innovación social, que no se restrinja al Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación, sino que plantee responsabilidades y deberes concretos para el Estado y la sociedad en su conjunto, reconozca las políticas y programas existentes en relación con pobreza y desigualdad y contemple mecanismos e instrumentos concretos para mejorar las condiciones de vida de toda la población. Para ello, teniendo en cuenta el carácter de “abajo a arriba” que debe caracterizar a cualquier proceso de innovación social, dicha política debe ser construida con base en un esfuerzo investigativo que permita establecer puentes entre la ciencia y otras formas de conocimiento, conocer en detalle las dinámicas de pobreza y desigualdad en contextos locales e identificar oportunidades para el desarrollo de iniciativas y proyectos de innovación social en conjunto con las comunidades.

De acuerdo con lo anterior, la misión *Conocimiento e innovación para la equidad* se plantea la siguiente hoja de ruta:

- a) Para el 2020, el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, debe crear convocatorias específicas para producir conocimiento en cada uno de los programas de esta misión. Dichas convocatorias deben priorizar la participación de comunidades locales en el diseño y ejecución de proyectos, la confluencia de diferentes disciplinas, los procesos de diálogo de saberes y la participación del sector público (universidades, entidades territoriales) a nivel local y

regional. También se debe priorizar la investigación en los cinco departamentos con mayor incidencia de pobreza multidimensional (Guainía, Vaupés, Vichada, La Guajira y Chocó). En el marco de estas convocatorias, se debe financiar un mínimo de cinco proyectos anuales para cada uno de los programas de esta misión. Las convocatorias se deben abrir con una periodicidad anual.

- b) Durante el 2021, el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación debe construir mecanismos para la sistematización de los resultados de las convocatorias de investigación contempladas en el punto anterior con miras a la construcción de la política de innovación social.
- c) Para el 2022, el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación debe producir un documento de política de innovación social para su discusión y apropiación en diferentes instancias del Estado y la sociedad civil.
- d) Para el 2022, el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación debe crear convocatorias específicas de innovación social que contemplen metas concretas de inclusión en cada uno de los programas de esta misión. En el marco de estas convocatorias se debe financiar anualmente un mínimo de cinco proyectos por cada programa, que contemplen: 1) construcción de conocimiento y soluciones en conjunto con las comunidades afectadas, 2) interdisciplinariedad y diálogo de saberes, 3) participación del sector público a nivel local y regional, 4) participación del sector privado en la financiación y ejecución de los proyectos 5) mecanismos de evaluación y sistematización de resultados con miras a su replicabilidad.
- e) Para el 2023, se debe promulgar la política de innovación social. A partir de ese mismo año se debe implementar una estrategia para: 1) fomentar la apropiación social de la política de innovación social, 2) lograr que todos los actores del SNCTI incorporen dentro de sus políticas el fomento a la innovación social con miras a la equidad.
- f) Para el 2024, los ministerios, departamentos administrativos, entidades territoriales y otras entidades del Estado deben formular

metas y construir instrumentos específicos para la implementación de la política de innovación social.

Programas de la Misión emblemática

Programa 1. Entender la inequidad: producción de conocimiento sobre aspectos históricos, económicos, jurídicos, sociales y culturales de la pobreza y la desigualdad en Colombia

El abordaje de un problema tan complejo como la desigualdad social requiere un esfuerzo permanente de comprensión de fenómenos que no se pueden reducir a un solo marco disciplinar o epistémico. La particularidad de cada contexto, de sus disputas y tensiones sociales, de sus diferencias culturales y de sus dinámicas económicas, exige un ejercicio permanente de investigación empírica y teórica que permita construir marcos explicativos específicos e identificar oportunidades para el diseño de iniciativas de innovación social que se puedan construir junto con las comunidades.

En este sentido, es fundamental convocar a todos los actores del SNCTI a producir conocimiento e innovación social alrededor de las siguientes temáticas:

- Trayectorias históricas de las asimetrías sociales y la violencia estructural en Colombia.
- Culturas y subjetividades en contextos de pobreza multidimensional y desigualdad social.
- Factores económicos y sociales de la desigualdad y la exclusión: empleos y salarios, movilidad social, sistemas fiscales, distribución del ingreso y distribución de la tierra.
- Acceso a la justicia, jurisprudencia y protocolos de atención legal para víctimas y comunidades vulnerables o con alta incidencia de pobreza multidimensional.
- Desarrollo de modelos y metodologías para la resolución de conflictos y educación para la paz.
- Desarrollo de materiales y contenidos para la apropiación social de conocimiento relacionado con desigualdad, pobreza multidimensional e innovación social.

Metas del programa

- Para el 2022, este programa debe haber producido los fundamentos conceptuales y técnicos para la formulación de una política de innovación social.
- Para el 2030, Colombia debe ser referente mundial en la producción de conocimiento sobre la desigualdad, la pobreza multidimensional y la exclusión social. Esto implica haber conseguido un incremento anual de 10% en publicaciones (y citaciones) sobre estos temas, así como haber incrementado proyectos en colaboración internacional con instituciones y personas reconocidas en estos temas (como el Abdul Latif Jameel Poverty Action Lab del MIT, el Oxford Poverty and Human Development Initiative y otros).

Programa 2. Equidad en salud para Colombia

La inequidad en salud se refiere a las diferencias modificables e injustas, entre personas según sus niveles socio económicos, que afectan su condición de salud. Según un estudio del Ministerio de Salud en equidad en salud, 3.5 millones de personas no gozan de agua potable y 10 millones carecen de servicios y sistemas sanitarios, tales como letrinas, evacuación de aguas, alcantarillado, lo cual propicia la inequidad sanitaria y una mala salud y falta de bienestar (Ministerio de Salud y Protección Social, 2015). Según reportes del Instituto Nacional de Salud, la mayor tasa de muertes por nacidos vivos en el 2018 se registró en los departamentos de Vichada, Atlántico, Chocó, Amazonas y San Andrés. Estos departamentos tienen un alto índice de pobreza multidimensional, sus necesidades básicas están insatisfechas y las personas tienen bajo acceso a los servicios de salud. Estas circunstancias impiden el acceso a atención prenatal, del parto y a atención del recién nacido (Instituto Nacional de Salud, 2019). Es necesario implementar intervenciones efectivas y descentralizadas para solucionar las necesidades locales.

En Colombia, el grado de inequidad nacional en salud se ha estudiado a través de variables indicativas de la salud en la población adulta, infantil, mujeres y gestantes, así como en el acceso, calidad y utilización de los servicios de salud. No obstante, el país carece de herramientas y datos para

medir las condiciones de equidad en salud entre grupos poblacionales y sociales frente a los determinantes sociales. Este conocimiento se debe desarrollar para atacar la relación entre pobreza y salud y dar soluciones efectivas en salud según las condiciones locales y a cada grupo poblacional. Así pues, el gran reto en materia de salud es lograr equidad en salud en todo el territorio colombiano. Para afrontar este reto se proponen las siguientes cuatro líneas de trabajo para generar conocimiento e innovación en relación con objetivos de salud: 1) bajo peso en niños, 2) mortalidad perinatal y neonatal tardía, 3) vida sin enfermedad y 4) depresión y ansiedad en zonas afectadas por el conflicto. Las siguientes son las acciones y metas relacionadas con estas líneas:

- Investigación sobre determinantes sociales en salud.
- Investigación sobre los factores nutricionales que los niños requieren en Colombia en función de las dietas regionales y las capacidades de producción para cumplir con las demandas locales.
- Programas regionales de alimentación dirigidos a la primera infancia (ver también el programa “Acceso equitativo al agua, la energía y los alimentos”).
- Fortalecimiento del sistema de vigilancia epidemiológica de la mortalidad materna basado en la web para entender las causas inmediatas y subyacentes de estas muertes.
- Investigación e intervención para abordar la transición obstétrica en todo Colombia.
- Fortalecimiento de los programas de promoción y prevención en áreas rurales enfocados en la salud materna mejorando la cobertura y atención de la mujer embarazada, neonatal y pediátrica.
- Implementación del Modelo de Acción Integral Territorial (Maite) en las regiones o poblaciones vulnerables con privaciones en indicadores de salud, mediante acciones coordinadas entre los agentes del sistema de salud (p. ej., implementación de la cátedra de medicina comunitaria, internado rural).
- Estrategias para consolidar la colaboración en los equipos multiprofesionales de salud y garantizar capacidad resolutoria adecuada con acceso a la información de salud y a servicios de

telesalud (incluida la telemedicina), con prioridad en las regiones con mayor vulnerabilidad en salud.

- Programa y estrategias para la formación para cuidadores de personas con dependencias o discapacidades.
- Salud mental en las personas de las poblaciones con mayor afectación por el conflicto armado, la violencia intrafamiliar y las economías ilegales.

Metas del programa

- Lograr que menos del 1% de los niños colombianos presenten bajo peso, tanto en las zonas rurales como en las urbanas en el 2030.
- Lograr coberturas mayores al 90% de los programas de crecimiento y desarrollo en todo el territorio nacional.
- Disminuir la mortalidad perinatal y neonatal tardía en menos de 12 muertes por 1000 nacidos vivos en todos los departamentos de Colombia.
- Para el 2030, todos los municipios identificados con población vulnerable deberán haber elaborado y puesto en marcha planes de prevención en salud basados en sus particulares determinantes sociales en salud.
- Incrementar en cinco años los años de vida libre de enfermedad tanto en hombres y mujeres.
- Disminuir la depresión y ansiedad a menos de un 10% en la población civil que habita en zonas históricamente afectadas por el conflicto.

Programa 3. Acceso equitativo al agua y los alimentos

La universalización de la cobertura en servicio domiciliario de agua potable, así como el acceso a una alimentación balanceada, exige soluciones innovadoras y sostenibles que permitan beneficiar a una población mucho mayor, a menores costos, en condiciones sociales, geográficas y económicas difíciles.

Aunque los temas de agua y producción de alimentos se contemplan en otras misiones de manera general, se requiere un enfoque diferenciado

para solucionar las barreras de acceso al agua potable y a una dieta balanceada en las poblaciones más vulnerables del país. Por ello, se plantean las siguientes líneas de trabajo:

- Desarrollo del Programa de gestión integral del agua en Colombia.
- Flujo hídrico y caudal ambiental.
- Conectividad hídrica y mantenimiento y mejoramiento del sistema hidráulico
- Calidad y cobertura del recurso hídrico.
- Amenazas y riesgos que pueden afectar a los recursos acuáticos.
- Desarrollo e implementación de políticas de seguridad alimentaria y nutricional a nivel regional y local.
- Programas de alimentación para mejorar el acceso de poblaciones vulnerables (rurales y urbanas) a alimentos saludables. Dentro de esta línea se incluye el desarrollo de soluciones para la alimentación escolar que contemplen no solo la producción de alimentos saludables a bajo costo, sino también su almacenamiento y distribución con tecnologías como *blockchain*, para garantizar que lleguen a quienes lo necesitan.
- Agricultura urbana y periurbana.
- Mercados de cercanías.

Metas del programa

- Para el 2030, se debe reducir en 50% la desnutrición infantil en zonas rurales, poblaciones indígenas y departamentos con alta incidencia de pobreza multidimensional.
- Para el 2030, se debe reducir la incidencia de obesidad en edades de 18 a 64 años, y especialmente en zonas urbanas, a menos del 15% a nivel nacional.
- Las autoridades ambientales en todo el territorio nacional deberán establecer a diciembre de 2020, la lista de las fuentes y cantidades de vertimientos y disposición de residuos líquidos y sólidos, para definir la reducción al 80% a enero de 2022 de estas fuentes contaminantes.

- En el 2030, el país deberá mejorar, restablecer y mantener las condiciones de calidad del agua buscando la eliminación, tratamiento y disposición final adecuada de residuos líquidos y sólidos a los ecosistemas dulceacuícolas y marino-costeros provenientes de fuentes puntuales o distribuidas que puedan poner en riesgo la subsistencia de especies acuáticas.
- En el 2030, Colombia debe tener la capacidad de garantizar, mejorar y recuperar el buen estado de un ecosistema dulceacuícola respecto a la hidrología (flujo) y a las funciones que cumple (servicios ecosistémicos), y el aseguramiento de un caudal ambiental que permita el desarrollo de las comunidades bióticas en el área.

Programa 4. Conectividad y apropiación de tecnologías

De acuerdo con un Informe de Brecha Digital Regional del 2014, existe una correlación significativa entre el Índice de Brecha Digital (IBDR) y el Índice de Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI). La conectividad digital tiene impactos directos sobre la construcción de equidad pues asegura que los flujos de información tengan el mayor alcance posible. Esta es una oportunidad que puede aprovecharse en términos de calidad y cobertura de la educación, la gestión de procesos administrativos y productivos, la capacidad de control y vigilancia e, incluso, la divulgación de ciencia y tecnología. La conectividad es también una herramienta pedagógica efectiva, que permite acercar a las comunidades, incluyendo aquellas tradicionalmente marginadas, a todo el conjunto de oportunidades que surgen a partir de las redes de información y comunicación.

Pero para que se cumplan estos objetivos la conectividad no puede reducirse a un aumento en el número de conexiones de banda ancha. Si bien es fundamental solucionar problemas básicos de infraestructura, la conectividad digital tiene que estar acompañada de estrategias para la apropiación de tecnologías que permitan su pleno aprovechamiento por parte de toda la población colombiana. Por ello, es necesario que en cada iniciativa de ley que contemple desarrollos tecnológicos, se incluya un informe sobre cómo dicha iniciativa va a contribuir al cierre de brechas, considerando especialmente posibles impactos en la generación de empleo.

Si bien la universalización de la conectividad digital está en la agenda del gobierno actual, y se encuentra contemplada en la ley de modernización de las TIC (Ley 1978 de 2019), la inclusión digital de las poblaciones más vulnerables presenta retos específicos que deben ser abordados con producción de conocimiento e innovación. De acuerdo con lo anterior se formulan las siguientes líneas de acción:

- Desarrollo de soluciones de infraestructura para la conectividad regional total, especialmente para las zonas más remotas y de difícil acceso.
- Desarrollo de políticas para la apropiación crítica de las TIC en departamentos con alta incidencia de pobreza multidimensional.
- Programas de formación masiva para la apropiación de las tecnologías convergentes (nano, bio, info y cogno).
- Desarrollo de contenidos y soluciones tecnológicas para el fortalecimiento y masificación de la Estrategia de Ciudadanía Digital de MinTIC que certifica competencias y habilidades digitales desde los 13 años de edad.
- Transformación digital del Estado.
- Aplicación de *Big data*, IoT, *blockchain* e IA a la gestión territorial, control de la movilidad urbana y sistemas de monitoreo ambiental y prevención de desastres.

Metas del programa

- Para el 2030, en los departamentos con mayor incidencia de pobreza multidimensional se debe haber logrado un incremento de por lo menos 20% en los siguientes indicadores medidos por el Dane en el Boletín técnico de indicadores de tenencia y uso de TIC: 1) uso del teléfono celular, 2) uso del computador, 3) uso de internet.
- Para 2030, creación de una plataforma de intercambio de datos del Estado para el impulso de la innovación con transparencia.
- Para 2030, es necesario contar con asociaciones público-privadas con empresas de alta tecnología, con el fin de alcanzar la escala necesaria que pueda generar soluciones que realmente den respuestas efectivas a los desafíos y oportunidades que traerá la Cuarta Revolución Industrial.

Programa 5. Arte, cultura y creatividad para la equidad

Tanto la Constitución política de 1991 como la Ley 397 de 1997 contemplan la cultura como un derecho. Sin embargo, la infraestructura para la creación, producción y circulación de contenidos culturales muestra una enorme concentración en ciudades principales. Al mismo tiempo, el consumo cultural en ciudades pequeñas y zonas rurales se concentra en contenidos ofrecidos por los medios masivos. Estas dos condiciones pueden conducir a un deterioro de las identidades locales y a un empobrecimiento de la diversidad cultural del país, que no solamente es uno de sus principales recursos, sino que constituye una piedra angular para la formación de identidades, la construcción de tejido social, el respeto a la diferencia y el cultivo de valores democráticos. En este sentido, es necesario que, desde el Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación, se genere conocimiento para garantizar el derecho a la cultura, proteger la diversidad cultural, elevar el sentido de pertenencia y fomentar la apropiación del patrimonio cultural. Para ello se requiere trabajar en las siguientes líneas:

- Investigación y documentación sobre las prácticas y manifestaciones culturales colombianas, su historia, los grupos humanos que las generan y su papel en la formación de identidades, con énfasis en poblaciones excluidas históricamente. Esta línea se complementa con las líneas sobre patrimonio cultural planteadas en el reto de Colombia Bio-diversa.
- Desarrollo de métodos, contenidos y materiales didácticos para la educación no formal en técnicas y lenguajes expresivos, en conjunto las poblaciones en situación de vulnerabilidad, a través de diálogo de saberes. Se complementa con lo contemplado a este respecto en la misión “Educar con calidad para el crecimiento, la equidad y el desarrollo humano”.
- Creación e investigación + creación (I+C) en conjunto con las comunidades para el fortalecimiento de la producción cultural local y el sentido de pertenencia.
- Desarrollo y adecuación de infraestructura física para la circulación interregional de contenidos culturales.

- Desarrollo de soluciones de bajo costo para la producción, distribución y puesta a disposición del público de contenidos culturales de todas las regiones.
- Desarrollo de materiales y contenidos para la apropiación de tecnologías relacionadas con la creación, producción y distribución de contenidos culturales.
- Arte y ciencia para la innovación social.
- Implementación de la iniciativa de viveros creativos en zonas con alta incidencia de pobreza multidimensional.

Metas del programa

- Para 2030, los contenidos producidos localmente deben ocupar no menos del 20% de la oferta cultural de cada municipio y departamento.
- Para 2030, los contenidos producidos en otras regiones del país deben ocupar no menos del 10% de la oferta cultural de cada municipio y departamento.
- Para 2030, se debe haber logrado un incremento sostenido de consumo cultural en los diez departamentos con mayor incidencia de pobreza multidimensional, en las variables que mide la Encuesta de Consumo Cultural del Dane: asistencia a presentaciones y espectáculos culturales, asistencia a espacios culturales y asistencia a cine; lectura impresa y digital de libros, revistas y periódicos; lectura de blogs, foros, páginas web y correos electrónicos; consumo de audiovisuales como videos, televisión, radio y música grabada; realización de prácticas culturales y asistencia a talleres en áreas artísticas y culturales.
- Para 2030, deben estar en funcionamiento al menos dos viveros creativos en cada departamento del país. Estos viveros deben estar generando valor económico a partir de contenidos originales basados en la cultura local.

Programa 6. Economías locales y procesos productivos

Las inversiones de capital extranjero en grandes proyectos productivos son importantes generadoras de empleo en varias regiones de Colombia. Sin embargo, el énfasis en economías extractivas alrededor de recursos no renovables hace que esta inversión no siempre genere capacidades e infraestructura para el fortalecimiento de las economías locales a largo plazo. Se requiere conocimiento para el desarrollo de procesos productivos sostenibles que permitan a las comunidades construir capacidades económicas que no dependan de la abundancia coyuntural de un determinado recurso. Dentro de esta línea se pueden priorizar los siguientes temas:

- Identificación, adecuación y aprovechamiento de infraestructuras, recursos y capacidades locales para la creación de proyectos productivos.
- Emprendimiento para la solución de problemas en contextos de exclusión social.
- Economías alternativas, desarrollo local y sostenibilidad.
- Investigación y desarrollo tecnológico para el fortalecimiento y la competitividad de procesos productivos locales.
- Investigación y desarrollo para el mejoramiento del empleo rural.
- Desarrollo de mercados locales.

Metas del programa

- Para 2030, el programa debe haber conducido a la identificación, puesta en marcha y evaluación de por lo menos diez proyectos productivos sostenibles en cada uno de los cinco departamentos con mayor incidencia de pobreza multidimensional.
- Para 2030, el programa debe haber contribuido a reducir la tasa de informalidad del empleo rural a niveles comparables con el total nacional actual (en el 2018 esta tasa fue de 82 %, mientras el total nacional alcanzó 48.2 %).

Repercusión de la Misión Emblemática en el sistema de CTI y en la sociedad colombiana

A raíz de los diferentes procesos de negociación con grupos armados, se ha dicho en reiteradas ocasiones que la paz no depende de la firma de un acuerdo, sino de la construcción de unas condiciones de equidad que permitan llevar una vida digna a todos los colombianos. Las ciencias sociales y humanas no han sido ajenas a este llamado y han volcado sus esfuerzos en los últimos años a la generación de conocimiento que permita la superación del conflicto. Sin embargo, estos esfuerzos se han hecho en muchas ocasiones al margen del SNCTI y con apoyo principalmente de gobiernos extranjeros, entidades multilaterales y otras agencias del gobierno nacional.

La definición de una agenda prioritaria alrededor de la reducción de la desigualdad y la erradicación de la pobreza multidimensional permitirá concentrar los esfuerzos del país en la superación de las condiciones inequitativas que históricamente han sido origen de conflictos de diferente naturaleza. Al mismo tiempo, el carácter necesariamente interdisciplinar de esta agenda permitirá una mayor participación y visibilidad de las ciencias sociales en el SNCTI. Este esfuerzo permitirá generar las bases necesarias para el desarrollo de una sociedad igualitaria con valores y principios, acción necesaria en la creación de un país que esté en capacidad, de valorar a la ciencia como herramienta para el desarrollo.

Al convocar a muy diversos actores alrededor de una agenda de país, enmarcada en dos de los objetivos de desarrollo sostenible, esta misión significará un profundo avance en la transformación social, cultural, política y económica del país y permitirá brindar mayor salud y bienestar a su población.

Referencias

Dane. (2018a). *Boletín Técnico de Pobreza Monetaria*. Recuperado de https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/condiciones_vida/pobreza/2018/bt_pobreza_monetaria_18.pdf. Consulta: 15 de octubre de 2019.

- Dane. (2018b). *Boletín Técnico de Pobreza Multidimensional*. Recuperado de https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/condiciones_vida/pobreza/2018/bt_pobreza_multidimensional_18.pdf. Consulta: 21 de septiembre de 2019.
- Hernández-Ascanio, J., Tirado-Valencia, P., Ariza-Montes, A. (2016). El concepto de innovación social: ámbitos, definiciones y alcances teóricos. *Revista de Economía Pública, Social y Cooperativa*. 88, 164-199.
- Instituto Nacional de Salud. (2019). Boletín epidemiológico semanal. Recuperado de <https://www.ins.gov.co/buscador-eventos/BoletinEpidemiologico/2019> Boletín epidemiológico semana 12.pdf.
- Marulanda, N. y Tancredi, F. (2010). *De la innovación social a la política pública. Historias de éxito en América Latina y el Caribe*. Santiago: Cepal.
- Ministerio de Salud y Protección Social. (2015). La Equidad en Salud para Colombia. Brechas internacionales y territoriales. Recuperado de <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/equidad-en-salud-para-colombia.pdf>

Misión emblemática Educar con calidad para el crecimiento, la equidad y el desarrollo humano

Horizonte de esta misión

La Misión Internacional de Sabios 2019 debe pensar en términos de la próxima generación. La pregunta que nos hacemos es ¿qué es necesario para que a partir de 2045 todas y todos los jóvenes que cumplan 18 años hayan recibido educación con atención integral de 0 a 5 años; y hayan accedido por lo menos a educación media diversificada o doble titulación (clásica + técnica)?

Esto implica haber logrado universalizar la educación con atención integral de niñas y niños de 0 a 5 años en el año 2026 al terminar el próximo gobierno (2022-2026) y haber culminado la universalización de la educación media diversificada o con doble titulación de bachiller (académico y técnico) en 2030.

Para que estas ampliaciones de cobertura en los dos niveles sean viables, es necesario hacer cambios importantes en la promoción de la

investigación avanzada en educación y en la capacitación, los procesos de aprendizaje y la formación de los maestros en todos los niveles. Las prioridades nacionales y regionales deberán dialogar para definir las prioridades de investigación y de formación. De igual manera, se deberá recurrir a nuevas tecnologías y otorgar fuertes incentivos para disminuir las grandes disparidades regionales.

Objetivo central de la misión

Crear las condiciones para que surja una generación de colombianas y colombianos educados con calidad y poseedores de capacidades que les permitan contribuir al desarrollo humano, al fomento y respeto de la diversidad, a la valoración del conocimiento, las prácticas culturales de las regiones y de las identidades, de forma que se potencie el desarrollo económico sostenible y equitativo.

Programas de la misión

- Universalización de la educación con atención integral de alta calidad a todas y todos los menores de 5 años.
- Universalización y diversificación disciplinaria, profesional y cultural de la educación media, para que los y las adolescentes puedan acceder a una amplia gama de oportunidades y puedan aprovechar y contribuir a desarrollar las potencialidades de la economía local y de sus comunidades.
- Reforma del sistema de formación de maestros del país para atender a las nuevas necesidades de educadores, fortaleciendo y haciendo llegar a más lugares las escuelas normales, abriendo programas de educación en todas las universidades acreditadas y poniendo a la cabeza del sistema al Instituto Superior de Investigación en Educación y Alta Formación de Maestros (ISIE), que oriente programas nacionales de investigación y forme a través de la investigación a los “maestros de maestros” de todo el sistema.
- Puesta en funcionamiento de un conjunto de redes regionales y subregionales de centros de innovación en educación, que serán espacios de encuentro y aprendizaje mutuo de los maestros en

ejercicio en los que, a través de la investigación, las actividades culturales y la interacción con la comunidad, se desarrolle la calidad de la labor magisterial y se involucre a la comunidad en los procesos educativos, con el apoyo de universidades locales.

- Desarrollar programas para promover las habilidades socioemocionales y las competencias ciudadanas teniendo en cuenta los contextos locales, la participación de las comunidades y la educación en memoria histórica con el objetivo de promover el bienestar personal, la democracia y la construcción de paz, especialmente en comunidades que han experimentado diversas formas de violencia.
- Permear a todo el sistema educativo en el desarrollo de capacidades creativas y artísticas.
- Asegurar una estrecha conexión entre la investigación científica y la educación. Preparar a todos los estudiantes, independientemente de si van a la universidad, a una educación técnica o al trabajo, de bases científicas que les permitan realizarse y adaptarse más adelante a nuevas actividades. En una educación dirigida al desarrollo de la creatividad, y de un espíritu crítico a la vez amplio y tolerante, la investigación científica juega un papel central. La manera como se llega a un conocimiento nuevo es similar a los mecanismos psicológicos que el ser humano usa para apropiarlo. El papel de la investigación debe ser diferente en cada nivel educativo, pero en todos (incluida la primera infancia) contribuirá a desarrollar la creatividad y asegurar la adquisición de los conocimientos de cada nivel.

Metas de la primera etapa (2020-2022) y etapas posteriores

- a) Educación primera infancia:
 - Avanzar durante el trienio hasta llegar a una cobertura de 40% de todas las niñas y niños de 0 a 5 años al final de 2022 en educación con atención integral, ya sea en instituciones públicas o privadas.
 - Haber alcanzado al final de 2022 a capacitar a 30% de las personas que tienen a su cargo a las niñas y niños de 0 a 5 años, para que

puedan considerarse como idóneos para asumir la educación y la atención integral de los menores.

- A largo plazo, la meta es que entre la educación pública y la privada se logre en el 2026 cobertura universal de la primera infancia.
- b) Educación media:
 - Con el concurso de los gobiernos territoriales, estar impartiendo al final de 2022 programas de educación media diversificada al 60 % de la población de 15 a 17 años.
 - A largo plazo, la meta es que en 2032 se haya logrado cobertura universal de la población en edad de recibir educación media diversificada.
- c) Haber disminuido en 2026 las tasas de deserción en primaria, secundaria y media (urbana y rural) en todos los municipios del país en un 20% con respecto a las actuales.
- d) El Instituto Superior de Investigación en Educación y Alta Formación de Maestros (ISIE) estará en funcionamiento en 2022, operando con recursos de presupuesto nacional y provenientes de aportes privados, y estará habilitado para otorgar títulos de maestría y doctorado, solo o en asocio con universidades.
- e) En 2021, estará funcionando un programa itinerante de grandes maestros nacionales e internacionales que promuevan las vocaciones en el sistema de normales y en las facultades de educación del país.
- f) Haber fortalecido a finales de 2022 el 40% de las escuelas normales de todo el país a través del programa itinerante de grandes maestros, la revisión de las estrategias de formación y un programa de atracción con becas a estudiantes de alto rendimiento.
- g) Haber desarrollado programas piloto de redes subregionales de centros de innovación educativa en dos departamentos de altos índices de pobreza, uno de pobreza media y uno en el que el sistema educativo haya presentado avances sobresalientes. Estas redes estarán apoyadas por universidades locales y guiadas en sus procesos de investigación por el Instituto Superior de Investigación en Educación y Alta Formación de Maestros (ISIE).

- h) Haber iniciado en 10 colegios de distintas regiones el proyecto *Cosmología*, como etapa piloto en innovación pedagógica y educación, basado en el concepto de “universales”, propuesto en la Misión de ciencia, educación y desarrollo.
- i) Haber puesto en funcionamiento en 2022 un programa amplio de formación en doctorados nacionales e internacionales y de posdoctorados, junto con un programa de empleo de doctores que asegure su vinculación a las actividades académicas o empresariales por un término mínimo de cuatro años.
- j) El ISIE habrá diseñado y orientado la puesta en funcionamiento, en asocio con universidades acreditadas para el efecto, programas de educación continuada para la actualización y la reconversión de los maestros.
- k) Las universidades acreditadas del país, en asocio con otras universidades, el Sena y las grandes empresas, estarán ofreciendo en todas las capitales de departamento programas de educación continuada que capaciten y faciliten la actualización y la reconversión de empresarios, emprendedores y técnicos en todas las ramas.
- l) Haber desarrollado al final de 2022 programas piloto de desarrollo de habilidades socioemocionales y competencias ciudadanas en seis subregiones que hayan sido especialmente afectadas por la violencia, con miras a llevarlos a todo el país, previa evaluación.
- m) Haber puesto en funcionamiento en 2022 un programa de excelencia por única vez, que seleccione por concurso a jóvenes de capacidad muy alta que quieran desarrollar áreas importantes, pero con presencia débil en el país. Este grupo de jóvenes recibirá becas para estudios doctorales y pasantías posdoctorales en universidades de reconocimiento mundial. Al término del posdoctorado deberán tener asegurada su vinculación a una universidad colombiana con buenas capacidades para investigación y el financiamiento básico para construir un laboratorio o grupo de trabajo. La duración estimada del programa será de diez años.
- n) Para el 2021, debe haberse implementado un sistema nacional de redes a nivel nacional, que permita el vínculo entre maestros de

las diversas regiones del país, el intercambio de saberes, la creación de nuevas metodologías y el desarrollo de estrategias pedagógicas.

- o) Para el 2022 se contará con un programa específico de formación de maestros en metodologías de formación artística y cultural, que será implementado a través del ISIE, las escuelas normales, la oferta de educación continua de diferentes universidades y otros canales. Con esto se espera triplicar, para el año 2025, el número de maestros con conocimientos y capacidades básicas para la formación artística y cultural.
- p) Para el año 2020, el Ministerio de Educación debe producir lineamientos para lograr transformaciones curriculares, pedagógicas y evaluativas en primera infancia, básica y media, desde una aproximación estética, es decir, que desarrolle la percepción, la sensibilidad y la receptividad.

Desarrollo de los programas

Educación con atención integral para la primera infancia

Durante los primeros cinco años de vida, el cerebro genera más del 90% de sus conexiones neuronales, haciendo de este período una etapa crítica. Múltiples investigaciones han corroborado las ventajas económicas, sociales y de política pública que tienen las intervenciones en ese momento de la vida, razón por la cual se ha establecido como prioritaria en las agendas de la mayoría de gobiernos en este siglo. Colombia no es la excepción: su política de Estado para el Desarrollo Integral de la Primera Infancia De Cero a Siempre (Ley 1804 de 2016) establece los objetivos frente a esta población y permite armonizar las políticas, planes, programas y acciones de manera concertada entre los diferentes actores para lograr una atención integral a la población en primera infancia.

A pesar del avance loable de tener una política de Estado para atender a esta población, se requieren esfuerzos adicionales para lograr su implementación de manera amplia y en todo el territorio. El panorama para esta población sigue siendo preocupante si se tiene en cuenta que más del 11.5% vive en situación de pobreza extrema, el 25% no recibe atención médica para hacer seguimiento a su crecimiento y desarrollo y cerca del 65% aún

carece de educación inicial de carácter formal. Sus madres, agentes con rol preponderante en los procesos de cuidado y atención de estos niños, aún son víctimas de inequidad, abuso y maltrato. Así, para potenciar la implementación de la política, la Misión propone, a corto plazo, llevarle a la población más vulnerable los componentes mínimos de educación con atención integral en todos los territorios en donde pueden implementarse con las instituciones ya existentes, y además a toda la primera infancia en los dos departamentos de más altos índices de pobreza, esto incluye agentes educativos cualificados para potenciar el desarrollo de los niños y niñas en esta edad temprana, e inversiones en infraestructura en los dos departamentos seleccionados.

De manera complementaria, como estrategia de desarrollo paulatino, la Misión propone crear centros locales de investigación, educación y desarrollo familiar y comunitario que articulen la gestión del gobierno local con actores de la comunidad, del sector productivo, de la academia y del sistema regional de ciencia y tecnología, a la vez que sirvan de centros de innovación en educación, en los que los maestros comparten sus conocimientos y rompen el aislamiento que se observa en muchos municipios del país con respecto a la cultura y a la comunidad.

Estos centros promoverán la producción de conocimiento socialmente pertinente mediante la investigación que adelanten los educadores, apoyados por redes regionales de los mismos. Promoverán la intervención innovativa que transforme las prácticas de cuidado, atención y educación de los actores sociales. Impulsarán la difusión y circulación de los aprendizajes y conocimientos adquiridos mediante las investigaciones y procesos de trabajo directo, una vez estos hayan sido evaluados y validados e implementarán procesos de formación situada de maestros y demás participantes, a través de procesos formales y no formales. Para esto, se promoverá la oferta oportuna de programas pertinentes que respondan a las necesidades puntuales de los educandos, las familias, las comunidades y los municipios.

Aunque eventualmente cada cabecera municipal deberá contar con por lo menos un centro, consideramos pertinente pilotear inicialmente el modelo antes de implementarlo masivamente. La misión propone convocar a la conformación de alianzas público-privadas que adopten estos centros para un municipio o un grupo de municipios. La convocatoria para la creación de

centros incluirá propuestas que cubran municipios o grupos de municipios (con los centros operando como nodos para municipios cercanos). Estos pilotajes comenzarán en cinco regiones con características muy diferentes, con el propósito de identificar aspectos funcionales en diferentes contextos y aspectos que se puedan mejorar tanto en el diseño como en la implementación.

Universalización con diversificación de la educación media

Los problemas de la educación media son tanto de diversidad como de cobertura. La misión *Educar con calidad para el crecimiento, la equidad y el desarrollo humano* propone aumentar las opciones que tienen los jóvenes para acceder a la educación media de forma flexible y diversa. La manera específica en que se buscaría la flexibilización y diversificación se determinará por las características y potencialidades locales y regionales prioritariamente. De este modo, la educación media será de calidad, con impacto local, fomentará la innovación e impulsará el aprendizaje permanente. Según las características de cada lugar, la educación media de calidad puede ser presencial, semipresencial o a distancia. También puede ser vocacional, técnica, tecnológica o universitaria. De esta manera, se ofrecerá educación disciplinaria, profesional y cultural, que desarrolle las capacidades del individuo y le permita más tarde una más fluida reconversión cuando las habilidades adquiridas se vuelvan obsoletas. En todos los casos, la educación media se orientará a abrir los horizontes de la persona y a vincular a los jóvenes con el sector productivo, la comunidad y los proyectos locales.

Las zonas del país con mayores recursos pueden asumir el compromiso de universalización de la educación media ampliando la cobertura en los grados 10 y 11, en la primera fase 2020-2022. En concomitancia, pueden considerarse diferentes opciones para la flexibilización y la diversificación, teniendo en cuenta las recomendaciones previamente enunciadas. En las zonas de bajo nivel de desarrollo se recomienda reproducir y agrandar con recursos nacionales los institutos de innovación regional Innovar. Estos centros son fruto de la Misión de Ciencia, Educación y Desarrollo convocada por la Presidencia de la República en 1993. Los Innovar han de brindar estudios presenciales, semipresenciales y a distancia, como también educación vocacional, cultural, técnica, tecnológica y universitaria. Para

ello, es importante que se construyan canales de transferencia, de forma tal que una parte de los estudios se curse en las provincias apartadas con posibilidad de complementar o terminar en instituciones de mayores recursos. Para garantizar cobertura y calidad, es importante desarrollar educación virtual basada en problemas. Se podrían capacitar o traer docentes que funjan como tutores guía. Las TIC también deben emplearse para que las Innovar y sus aliados compartan herramientas, experiencias y conocimientos. El objetivo de las Innovar es brindar educación de calidad para el desarrollo local. Por ende, es fundamental formar alianzas con el sector productivo para mejorar las prácticas y llevar productos a mercados más amplios bajo la lógica de negocios inclusivos y sostenibles, como también fomentar la remuneración durante el componente práctico de los estudios e integrar las modalidades de educación terciaria con formación de empresa. Para aumentar el impacto comunitario se puede vincular las Innovar con la educación de primera infancia y secundaria, brindando complementos, actividades recreativas y valorización de las manifestaciones culturales autóctonas. Con el fin de maximizar los recursos, las Innovar pueden utilizar infraestructura ya existente. Estas se pueden implementar en diferentes municipios o departamentos e ir aumentando su cobertura. Buenas alianzas público-privadas y la participación de las comunidades ayudarán a las Innovar a ser más exitosas. Asimismo, deberán ser fruto de la cooperación entre los ministerios de Educación, Ciencia, Tecnología e Innovación, Agricultura, TIC, y las gobernaciones, alcaldías, el Sena y las universidades locales. La educación media debe dejar fundamentos científicos, sociales y éticos básicos y debe conectarse con la universitaria y la técnica.

La nueva formación de maestros

Para lograr la diversificación y el acceso universal a la enseñanza secundaria, el acceso de calidad a la educación en primera infancia y romper los ciclos de violencia desde la niñez, es necesario expandir significativamente la formación de profesores basada en la nueva evidencia y en pedagogías experimentales. Para ello, se propone un sistema paralelo de formación docente, junto con la promoción de redes de profesores dispuestos a actualizar sus conocimientos. Serán componentes centrales de la formación

de maestros la investigación en educación, la pedagogía basada en la experimentación, la formación en desarrollo de habilidades socioemocionales, la vinculación de los maestros con los contextos locales y los objetos de estudio y la innovación transformativa ligada a la comunidad.

Para la formación de lo que serían los “maestros de maestros”, la misión de Educación propone la creación del Instituto Superior de Investigación en Educación y Alta Formación de Maestros (ISIE). Con la finalidad de armonizar los objetivos de las instituciones educativas, potenciar sus capacidades y empoderar a sus agentes. El ISIE también orientará, a través de guías, las capacitaciones y formación para personal administrativo y directivo. El ISIE asumirá, entre otros, las humanidades digitales, la confrontación de teorías pedagógicas y la formación de la inteligencia a través de las artes. Como parte del pènsu, los maestros en formación serán capacitados como formadores de habilidades socioemocionales para el bienestar, la paz y el desarrollo de ciudadanía democrática, de la mano de la educación en memoria histórica.

Se promoverá la oferta de cursos o programas por parte de las universidades a quienes quieran ser instructores de habilidades socioemocionales. Se recomienda contar con la asesoría de las organizaciones con experiencia en desarrollo de dichas habilidades que operan en Colombia, tanto para formular los cursos como las capacitaciones. Esto se puede hacer a través de convocatorias abiertas o bien en concertación directa con las que brindan de manera gratuita formación virtual. Para la educación en memoria histórica con miras al desarrollo de habilidades socioemocionales, existen ya manuales que pueden servir como base de futuros desarrollos, en los que se explica la metodología y se ofrece material didáctico. El ISIE propondrá programas y proyectos de investigación a las escuelas normales del país.

Un programa paralelo debe desarrollarse para extender esta nueva formación a los diferentes actores que forman parte del proceso educativo de niñas y niños del país. Los actores sociales como las madres comunitarias, jóvenes líderes, funcionarios de los gobiernos locales y miembros de ONG encargados de las diversas modalidades de educación y atención, sobre todo en la primera infancia, estarán incluidos en los esfuerzos de capacitación de este programa, que se considera prioritario por cuanto

evaluaciones recientes consideran que cerca de 80% de las personas que tienen a su cargo a la primera infancia no son idóneos para esta función.

¿Cuántos nuevos maestros necesitamos?: una primera estimación

La universalización de la atención integral de 0 a 5 años y de la educación secundaria y media con niveles de calidad demanda la formación de un número considerable de maestros para estos niveles. Con base en los datos más recientes de cobertura y población de Colombia (2017), los menores en estos niveles educativos se estiman así:

Tabla 14.

Nivel educativo	Población en esta edad	Población CON cobertura educacional	Población SIN cobertura educacional	Porcentaje SIN cobertura
Primera infancia (0 a 5 años)	5220203	1589599	3630604	69.55
Secundaria (11 a 14 años)	3405852	2440634	965218	28.34
Media (15 a 16 años)	1713657	733273	980384	57.21

Según el artículo 11 del decreto 320 del 10 de diciembre de 2002, se establece que “Para la ubicación del personal docente se tendrá como referencia que el número promedio de alumnos por docente en la entidad territorial sea como mínimo 32 en la zona urbana y 22 en la zona rural”. Sin embargo, en los países con mejores sistemas educativos de calidad, como Singapur, Finlandia y Holanda, esta relación no sobrepasa de 15 alumnos por docente, al igual que en los países de ingreso alto y los miembros de la Oede³⁹.

39 Comparación de las cifras de proporción alumnos-maestro en los niveles primario, secundario y terciario del Banco Mundial en <https://datos.bancomundial.org/indicador/SE.SEC.ENRL.TC.ZS>

Siguiendo la reglamentación del Ministerio de Educación Nacional presentada por el Consejo Directivo del Icontec el 30 de agosto de 2006, se tiene un mínimo de 15 alumnos por profesor y un máximo de 20 alumnos por profesor en el nivel de primera infancia, dado que se tiene en cuenta que muchas veces los docentes trabajan de la mano con las madres comunitarias, un máximo de 40 alumnos por profesor en el nivel de secundaria y media y un máximo de 12 alumnos con alguna condición especial por profesor. Con base en lo anterior, las cifras de los nuevos maestros que se necesitan para atender a los niños y las niñas sin cobertura actualmente se pueden estimar en primera aproximación y de manera provisional así:

Tabla 15.

Nivel educativo	12 alumnos por maestro (esp.)	15 alumnos por maestro	20 alumnos por maestro	30 alumnos por maestro	40 alumnos por maestro
Primera infancia (0 a 5 años)		242040	181530	121020	
Secundaria (11 a 14 años)				32174	24130
Media (15 a 16 años)				32679	24510

No obstante, el incremento en el número de maestros para estos niveles no debe hacerse a costa de una menor calidad, como ha ocurrido con otros niveles en el pasado. La educación de calidad debe ser la prioridad. De allí la prioridad que debe dársele a la investigación en educación, la innovación educativa analizada y sistematizada, la formación y la capacitación permanente de los maestros.

Las líneas generales de esta Misión encuentran coincidencias en sus propósitos con algunos objetivos del Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022 de la presente administración. La priorización de los niños y niñas que se

encuentran en condición de mayor vulnerabilidad y pobreza es una de esas coincidencias. Sin embargo, es importante avanzar más allá de los planes actuales y en todo el territorio hacia la universalización de la atención integral, apelando a organizaciones privadas y a financiamientos estatales adicionales. Por ello, los objetivos planteados en la presente misión superan los objetivos de la administración, además de señalar un derrotero para próximos gobiernos. La cobertura educacional de calidad para la primera infancia debe superar los 2000000 de niños y niñas, lo que representa el 38.4 % de la población de 0 a 5 años (meta del gobierno actual)⁴⁰ para el 2022, y debe alcanzar, antes de 2025, a 3123850 niños y niñas.

Instituto Superior de Investigación en Educación y Alta Formación de Maestros (ISIE)

- La institución encargada de orientar académicamente estos programas de formación de los nuevos maestros y del fortalecimiento de las capacidades pedagógicas de los antiguos maestros será el Instituto Superior de Investigación en Educación y Alta Formación de Maestros (ISIE). En el ISIE se formarán los maestros de los maestros. Quienes allí se formen irrigarán las escuelas normales y facultades de educación de todo el país. El ISIE centrará sus actividades en la investigación y propondrá una formación ecléctica y holística de los maestros. De esta manera se tendrá un sistema académicamente articulado de formación, investigación e innovación, organizado alrededor del doble propósito de orientar la investigación y los aprendizajes compartidos de los maestros, así como de formar los profesores de las normales y las facultades de educación de todo el país para hacer viables las dos universalizaciones propuestas.

El ISIE ofrecerá programas de posgrado, siguiendo las modalidades descritas en la Ley 115 de 1994 y el Decreto 272 de 1998. Sus profesores serán todos investigadores y pedagogos. Su experiencia en escuelas normales

⁴⁰ Bases para el Plan de Desarrollo Nacional 2018-2022. Recuperado de <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Prensa/PND-2018-2022.pdf>

y su conexión directa con las necesidades regionales será valorada. Tendrán funciones de investigación en grupos que conformarán con sus colegas y estudiantes. Además, orientarán investigaciones multicéntricas que adelantarán los centros y redes de centros de innovación en educación, en distintas regiones del país. Las redes de centros de innovación en educación se conectarán con seis centros regionales de investigación participativa, que se desarrollarán siguiendo el modelo del Mova⁴¹.

En su proceso de aprendizaje, los estudiantes del ISIE adoptarán la estrategia de “formación en cascada” similar a la propuesta para el programa *Todos a Aprender*⁴², lo que permitirá que los estudiantes de la escuela difundan y compartan su conocimiento con las redes de centros de innovación en educación.

El ISIE tendrá dos institutos anexos de educación, uno para el área rural y otro para el área urbana, donde los estudiantes desarrollarán prácticas en los niveles de primera infancia, media (15 a 16 años) y básica (5 a 14 años). Estos se desarrollarán en forma progresiva y servirán de espacio de prácticas para maestras y maestros que estudien en el ISIE. Los profesores-investigadores incentivarán la investigación para la educación basada en las necesidades del contexto que apunten a intervenciones concretas y a generar un impacto social.

La financiación del ISIE, al igual que la coordinación de las redes de centros de innovación en educación, se hará con presupuesto nacional. Los programas relacionados con educación de primera infancia, tendrán

41 Mova es una política pública de ciudad que se concentra en la formación de maestros, maestras, directivos docentes y agentes educativos del Municipio de Medellín, dando cumplimiento al Acuerdo 019 de 2015. Mova nace como una propuesta de ciudad de formar al maestro que queremos: un maestro que crea, innova, investiga, aporta y valida. Con cuatro líneas de formación (desarrollo humano, formación situada, reflexión metodológica e investigación). Cuenta con tres sedes y una infraestructura de 8000 m2 al norte de la ciudad (Alcaldía de Medellín, 2019).

42 Programa de Transformación de la Calidad Educativa del plan sectorial del Ministerio de Educación Nacional “Educación de calidad, el camino para la prosperidad” 2010-2014. Recuperado de https://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-299245_recurso_1.pdf

componentes de inversión que serán financiados con recursos nacionales, departamentales, municipales y, más adelante, con regalías provenientes del 15 %, adicional al porcentaje que actualmente se destina a actividades de CTI, como es propuesta de la Misión para asegurar la reconversión de la economía hacia una base de acumulación centrada en el capital humano y el conocimiento. La creación del ISIE contribuirá a realzar el prestigio del docente, garantizando la oportunidad de su vinculación a las facultades de educación, institutos anexos y normales, entre otros; y al lograr que la pedagogía se reconozca como un área del conocimiento en constante evolución en la que confluyen distintas disciplinas, puesto que quienes la practiquen deben participar de procesos avanzados de creación y de puesta en práctica de conocimientos.

Fortalecimiento de las Escuelas normales superiores

Actualmente, en el país existen 137 escuelas normales superiores. Como parte del programa de educación propuesto por esta misión, se fortalecerá la red existente de escuelas normales Superiores (ENS) en los planos de formación personal del maestro y su liderazgo, en investigación y en contenidos más amplios y avanzados. Desde su creación, las ENS se han destacado por una formación de maestros con vocación; sin embargo, para esta misión es necesario agregar a esta formación un componente de investigación, así como asegurar su adaptación a necesidades cambiantes globales, nacionales y regionales. La creación de nuevo conocimiento y, sobre todo, de conocimiento pedagógico es una herramienta clave para lograr el objetivo de esta misión y el ODS n.º4, educación de calidad universalizada.

Distintos documentos del MEN señalan una insuficiente capacidad de elaboración de propuestas curriculares pertinentes, que le permitan al maestro y al aspirante aproximarse de la manera correcta a las transformaciones de las realidades sociales de naturaleza muy específica, como la de la población desplazada y en el margen de lo urbano. Igualmente, es preocupante la fractura que se muestra en el proceso de la investigación científica, debido al aislamiento de las ENS con respecto al universo académico. El MEN indica que esta fractura en la investigación se debe principalmente al desconocimiento del contexto interno y externo de cada

ENS en la formulación de problemáticas, la recolección de información y la puesta en marcha de propuestas metodológicas.

Esta misión propone llenar estos vacíos. Es necesario que las ENS cuenten con una institución nacional articuladora que coordine, vigile y garantice mínimos de calidad en la formación docente, dentro de la autonomía que ofrecen los PEI, con el fin no solo de cerrar las brechas entre lo rural y lo urbano sino de incentivar la formación de un pensamiento crítico y curioso en conocimiento de los maestros. De la misma manera, y con base en lo descrito en el párrafo anterior, esta misión pretende responder a la necesidad de un programa de investigación con la creación de centros investigativos enfocados en los contextos locales de cada Escuela Normal. La Misión propone igualmente crear nuevas ENS en las zonas que se encuentran en situación de vulnerabilidad. Estas tendrán como primer objetivo formar a los maestros alrededor de los problemas del entorno.

Redes subregionales de centros de innovación en educación

Para el desarrollo de esta estrategia se propone establecer redes de “centros de innovación en educación”, entendidas estas como espacios para compartir aprendizajes, adelantar investigación pedagógica y sobre el contexto, y vincular a los maestros con la cultura y las comunidades. Los centros de innovación en educación funcionarán en conexión estrecha con las casas de cultura y se buscará que en ellas converjan los procesos de educación y la producción local. Las redes de centros de innovación en educación recibirán el apoyo de las universidades regionales, las casas de la cultura, el ISIE, a los que esta Misión convoca a participar de esta estrategia. Ello permitirá desarrollar la investigación con pertinencia local y la circulación de materiales y metodologías pedagógicas valiosas. Estas redes brindarán capacitaciones en habilidades socioemocionales, competencias ciudadanas y construcción de paz utilizando los mismos mecanismos y recursos que pondrá a disposición el ISIE, más aquellos que los maestros encuentren pertinentes.

Habilidades socioemocionales, competencias ciudadanas y memoria histórica

Décadas de múltiples formas de violencia han dejado cicatrices profundas en la sociedad colombiana. Los problemas de salud mental en la población, especialmente en los jóvenes, han aumentado sustancialmente: niños, niñas y jóvenes sufren tasas de ansiedad, depresión y suicidio notoriamente crecientes. El país enfrenta también profundos retos para formar ciudadanos comprometidos, que cooperen entre sí, cumplan la ley y exijan el respeto por la democracia. Algunos de estos retos son mayores en las zonas afectadas por el conflicto armado, no solo por la violencia que han sufrido sino también por vivir bajo la gobernanza armada de los grupos al margen de la ley.

Considerando el beneficio y valor de las habilidades socioemocionales y las competencias ciudadanas, su desarrollo debe ser una prioridad. A pesar de los avances logrados en el campo de las competencias ciudadanas, se considera necesario implementar y escalar programas que hayan demostrado generar un impacto en esta área, al igual que aquellos que, de manera exitosa, logren la promoción de habilidades socioemocionales y generen bienestar. Es fundamental incorporar en estos programas componentes de educación en memoria histórica que integren y construyan sobre estas habilidades. Los programas que alcancen los objetivos esperados serán escalados a otros territorios con características similares. Operando mediante convocatorias, se generará un sistema de incentivos para que diversos actores aúnen esfuerzos en pro de programas integrales que cuenten con respaldo y participación local. Estos programas estarán orientados a: (1) capacitación de maestros durante su formación pedagógica, (2) formación de maestros en ejercicio y (3) formación de estudiantes y padres.

Tomando como referencia las lecciones aprendidas de programas destacados en Colombia y el mundo, a continuación se detallan algunas de las características que deberían tener estos programas. En el caso de las habilidades socioemocionales para el bienestar, las investigaciones señalan: (1) el éxito de incorporar al aula prácticas contemplativas como yoga o *mindfulness* que han sido puestas a prueba con éxito en varios países, (2) el efecto superior que tiene involucrar a toda la comunidad educativa,

incluyendo directivas y familia, y el abarcar todas las áreas de la vida escolar, (3) la necesidad de que sea el maestro y no un instructor externo quien esté a cargo de impartir el programa a sus estudiantes y (4) la necesidad de adaptar las intervenciones a los contextos locales específicos.

Finalmente, para el trabajo en memoria histórica, varias investigaciones y evaluaciones han identificado que resulta necesario: (1) desarrollar un ambiente de aula que introduzca prácticas participativas centradas en los y las estudiantes como la discusión y el debate, (2) formar a los docentes para aproximarse a la historia con preguntas en lugar de respuestas y para manejar los procesos emocionales que surjan en las lecciones, (3) trascender el aula para conectarse con la comunidad logrando la participación de padres y otros actores sociales y (4) incluir narrativas de distintos actores que permitan visualizar la agencia moral de los individuos y evitar el desentendimiento moral que acompaña conflictos violentos.

La educación en contexto y el desarrollo de capacidades creativas y artísticas

La educación, en Colombia, requiere de un sistema educativo en contexto y como respuesta a los retos que el mundo aborda en la actualidad, comprendiendo y entendiendo problemas fundamentales como el cambio climático, la necesidad de tomar conciencia sobre la importancia del patrimonio cultural y natural, la rápida transformación de los ecosistemas y entornos de vida, la importancia del conocimiento y el pensamiento científico y artístico, la necesidad fundamental de entender y comprender el valor y el significado de la vida en todas sus manifestaciones, la enorme velocidad de transformación en las áreas del conocimiento, el acceso cada vez mayor a la información y diversas fuentes de conocimiento, el desarrollo vertiginoso de nuevas tecnologías, la relevancia histórica y constructiva de los saberes ancestrales, el reto enorme de abordar y entender una multiculturalidad cada vez más diversa, la necesidad de comprendernos mejor en un entorno asociado y articulado a una increíble biodiversidad.

La cosmología está encaminada en una dirección articulada, en la integración general de las bases conceptuales de todas las áreas del conocimiento, en el fomento y desarrollo de un pensamiento holístico, global,

universal, dinamizado y puesto en práctica a través del juego, dinámicas sociales y mecanismos participativos, entre otros. De igual manera, plantea la importancia de conocer y entender el origen de las cosas, nuestra historia cultural, biológica y personal, la inclusión de lenguajes variados como los observables en el arte y la ciencia (la música, la programación, la matemática) y su origen y transformación en las diversas etapas de evolución del ser humano. Desarrollar un modelo educativo en contexto es el propósito del proyecto *Cosmogonía*, propuesto inicialmente por Rodolfo Llinás en la Misión de ciencia, educación y desarrollo de 1994.

La educación artística y cultural es fundamental para el desarrollo de la sensibilidad y las habilidades comunicativas, la apertura a lo diferente, el cultivo de la curiosidad y el desarrollo del sentido de pertenencia, especialmente si está basada en contenidos culturales locales. Más allá de formar talentos sobresalientes, la educación en arte y cultura para toda la población es necesaria si se quiere formar una ciudadanía capaz de apreciar, cuidar y aprovechar la riqueza de la diversidad cultural y natural del país. Entendida como una forma de producción de conocimiento que desarrolla competencias básicas no presentes en otros aprendizajes, la práctica artística en diferentes niveles de educación debe ser nuclear y fundamental, no complementaria o accesorio. Igualmente, la educación estética no debe ser un compartimento separado de otras materias. Por el contrario, toda la formación de nivel básico debe ser orientada con una perspectiva estética, sin perjuicio de que existan espacios específicos para el desarrollo de la expresión propiamente artística. Finalmente, es vital que, con la inclusión de la educación artística y cultural como forma de conocimiento fundamental en el sistema educativo del país, se propicien prácticas que privilegien la creación colectiva, el fortalecimiento de equipos de trabajo y el interrelacionamiento de las diversas áreas del conocimiento.

Se proponen las siguientes metas:

- Para el 2025, se debe multiplicar por diez la producción de materiales didácticos para solucionar la carencia de estos en muchos lugares del país, dados los problemas de acceso de, formación, información y soporte tecnológico.

- Para el 2022, se contará con un programa específico de formación de maestros en metodologías de formación artística y cultural a ser implementado a través del ISIE, las escuelas normales y la oferta de educación continua de diferentes universidades.
- Para el 2020, el Ministerio de Educación debe producir lineamientos para lograr transformaciones curriculares, pedagógicas y evaluativas en primera infancia, básica y media, desde una aproximación estética, es decir, que desarrolle la percepción, la sensibilidad y la receptividad (estésis).
- Para el 2021, debe haberse implementado un sistema nacional de redes a nivel nacional, que permita el vínculo entre maestros de las diversas regiones del país, el intercambio de saberes, la creación de nuevas metodologías y el desarrollo de estrategias pedagógicas.

Integración de competencias investigativas en la educación


Es imperativo desarrollar habilidades de pensamiento crítico. Para ello, se requiere una adaptación de los currículos y una formación del maestro (en el proceso inicial y en los de mejoramiento continuo) de manera que la enseñanza se base más en preguntas que en respuestas prefabricadas.

Para lograr este objetivo, es necesario aumentar la experimentación en clase, al estilo de programas como “pequeños científicos” o “*la main à la pâte*”, o con análisis de datos y de casos. La metodología debe adaptarse a los diferentes niveles. No es la intención que todos los educandos se formen para ser científicos, pero sí que todos estén en la capacidad de abordar problemas analizándolos críticamente. Será también indispensable hacer una revisión y actualización de textos de estudio para que el acento no sea informativo sino de indagación.

Se propone construir un programa que incentive en facultades de educación, de ciencias naturales y de ciencias sociales (con becas y con contratos) trabajos de grado que generen los materiales necesarios para acompañar estos procesos de formación a partir de la investigación. En colaboración con el MinTIC se adelantará un programa para llevar conectividad a las comunidades y escuelas rurales dispersas, y poner a su disposición los nuevos instrumentos construidos para apoyar estas nuevas pedagogía y didáctica.

Stib

Conclusiones



La Misión Internacional de Sabios 2019 fue convocada por el Presidente Iván Duque en seguimiento a una conversación con la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales poco después de ser elegido. Le asignó la tarea de su organización a la Vicepresidente Marta Lucía Ramírez, señalando con eso el altísimo nivel de prioridad que le concedía.

Se incorporó a la Misión un grupo de expertos colombianos y extranjeros. Se organizaron en ocho focos temáticos: 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 y Tecnologías Convergentes (nano, info y cogno) e Industrias 4.0. Esa composición altamente incluyente reconoce el papel de la investigación fundamental, que en algunos ámbitos llaman “basada en la curiosidad” y que está en la base de prácticamente todos los desarrollos modernos. Reconoce también a la investigación social tan importante para una sociedad que vive conflictos y grandes inequidades. Manifiesta su preocupación por el territorio, los mares y la diversidad biológica, e integra todo eso con consideraciones importantes de desarrollo industrial moderno, de energías alternativas y de tecnologías biológicas que lleven a una bioeconomía renovadora. Considera prioritariamente el acervo cultural propio y entiende su importancia para el bienestar de la gente y su potencial

sui generis en el desarrollo. Los Objetivos de Desarrollo Sostenible, con los cuales el país se comprometió con otras 192 naciones del mundo, están presentes en todas las preocupaciones y todas las propuestas.

La composición y estructura de la Misión aseguraba que serían considerados los más importantes retos que afronta el país con su alta heterogeneidad cultural en su esfuerzo por hacer de la ciencia, la educación y la cultura los ejes fundamentales del futuro desarrollo del país, así como por integrarse en la muy competitiva sociedad global del conocimiento. Pero, además de todo eso, es una composición que representa a una comunidad científica variada y heterogénea y a un sistema (aún no formalmente constituido) que es abierto y que tiene como actores a investigadores, grupos, universidades, centros, institutos, organismos de gobierno, empresas, niños y escuelas y cualquier otra organización que tenga entre sus objetivos la investigación científica, su fomento, su uso o su difusión.

La comunidad científica colombiana, a pesar de no ser extraordinariamente grande, es importante y se ha consolidado durante los últimos tres decenios. Ha habido dos leyes de ciencia y tecnología, Colciencias ha cambiado de posición en la estructura del Estado, siempre ascendiendo en importancia, hasta llegar a ser en este momento un ministerio. Varias universidades han asumido la investigación como un eje misional central, hay institutos y centros que tienen como papel principal la investigación científica y hay numerosos ejemplos de éxitos científicos y de empresas conjuntas entre los actores del sistema. Esa comunidad participó en las deliberaciones de la misión a través de encuestas y múltiples foros y encuentros regionales y nacionales. Participaron en las consultas también otros actores de la sociedad civil. Sus problemas y sus visiones de futuro han sido recogidos mayoritariamente en las propuestas que la misión le hace al Gobierno y a la sociedad.

Estas propuestas que hace la misión constituyen fundamentalmente una hoja de ruta que le sirve al país para dar un salto cualitativo en su estrategia de desarrollo humano, económico, social y cultural. Una estrategia que pone a la educación, la ciencia, la tecnología, la innovación y la creación como ejes generadores de bienestar para toda la sociedad, no para grupos o sectores particulares, y que compromete a diversos sectores en un empeño común.

En la hoja de ruta hay tres tipos de propuestas diferentes, las tres igualmente importantes y relevantes. Una es darle impulso a buena parte de la investigación a través de misiones emblemáticas (según la definición que de ellas hace la economista Mariana Mazzucato). El enfoque de investigación orientado por misiones ha sido adoptado por muchos países en el mundo. Se inspira en el gran proyecto americano que decidió poner un hombre en la Luna en un tiempo que parecía en aquel entonces irrealmente breve. Es el enfoque que está tras la creación del internet y los revolucionarios desarrollos en áreas como la biotecnología, la nanotecnología y la tecnología de energías verdes. La estrategia de misiones se enfoca en retos sociales específicos que pueden ser resueltos con la interacción de múltiples disciplinas y sectores. En esas misiones participan las matemáticas y las ciencias básicas y naturales que resuelven impedimentos fundamentales, las ciencias sociales que hacen posible la incorporación de los resultados a la vida de la gente, las ingenierías, el diseño, las empresas y las finanzas. En el enfoque de misión se reclutan recursos públicos y recursos privados en la forma más eficiente posible. En el marco de las misiones se ha hecho posible construir instituciones que aprenden y que manejan la incertidumbre y el riesgo, y se pueden desarrollar mecanismos en que los sectores público y privado compartan en forma justa los riesgos y las recompensas.

La propuesta de misiones está dirigida a una concentración de esfuerzos adicionales en los propósitos descritos, no pretende de ninguna forma reemplazar los esfuerzos permanentes y necesarios en ciencias básicas y aplicadas de calidad ni en aquellos en ciencias sociales, en humanidades y en artes. Estas deberán ser continuamente promovidas. Los presupuestos para las misiones serán adicionales a aquellos que se destinen a las normales actividades e iniciativas del sistema. En cada una de las misiones propuestas participan varios de los focos, todos están inscritos en varias.

Se decidió en conjunto que estas misiones están apuntando a resolver tres retos: Colombia Productiva y Sostenible, Colombia Bio-diversa y Colombia Equitativa. En el marco de esos tres retos se definen cinco misiones: para generar un nuevo modelo productivo y sostenible, para conocer a fondo y promover la utilización de la mega diversidad biológica

(terrestre y marina) y la cultural, para afrontar el cambio climático y el manejo del agua, para mejorar con ciencia la educación a todos los niveles y para aumentar la equidad produciendo conocimientos que eliminen las barreras del desarrollo humano.

Otro tipo de propuestas es el de algunas políticas que podrán tener un impacto importante en el desarrollo de la ciencia y la cultura del país. Entre estas son de resaltar:

- a) Políticas para el apoyo y el desarrollo de centros e institutos de investigación. Partiendo de un análisis de la situación existente y los problemas que enfrentan las diversas modalidades institucionales, se proponen estrategias diferenciadas que les permitan funcionar en forma correcta. También hay propuestas para crear nuevos centros regionales que actúen como interfase entre la investigación y la empresa, y hay una propuesta para generar una integración productiva entre diversos institutos públicos de ciencia y tecnología.
- b) Políticas adicionales para educación. Además de la misión, que se circunscribe a unas acciones prioritarias y medibles, se proponen otras estrategias de carácter más general que podrán impactar muy positivamente al sector educativo en todos los niveles y a largo término, formando a la población no solo para el mercado laboral sino también para la satisfacción de la curiosidad científica, la creación artística, la cooperación social, la interacción no violenta, el ejercicio de la democracia y para que ejerza más ampliamente la libertad de escoger un camino en su vida.
- c) Políticas para el gobierno de la ciencia. La misión propone políticas que permitan una administración más eficiente de la ciencia. Hizo recomendaciones para la estructuración del Ministerio de Ciencia Tecnología e Innovación (CTI) y para el sistema de CTI. Analizó normas existentes (incluidas las actuales para el sistema general de regalías) y recomendó considerar otras más ágiles y apropiadas en forma específica para la actividad investigativa. También se propuso una para promover la internacionalización de la ciencia y una movilidad adecuada que nos comunique con los grandes centros de desarrollo tecnológico del mundo.

Finalmente, y como factor de la mayor importancia, se propone revisar muy cuidadosamente el sistema de financiamiento de toda esta actividad. Para lograr una mayor participación del sector privado será necesario también aumentar muy sustancialmente la inversión estatal. La Misión propone algunos modelos que podrán ayudar al gobierno a detectar fuentes de recursos adicionales y a optimizar combinaciones de ellas de acuerdo con el carácter de cada proyecto. Una solución adecuada al problema crónico de la baja financiación además de dar gran impulso a la actividad científica servirá para resolver el problema de la poca transferencia de resultados del laboratorio a la industria.

Esta hoja de ruta debe concluir con un llamado de urgencia y en alta-voz al gobierno, a las universidades, a las diversas instituciones de ciencia, tecnología e investigación, a los empresarios y a la sociedad en general. La capacidad de crecimiento económico y de resolución de problemas sociales depende, en gran medida, de nuestras acciones hoy. Hay una gran brecha entre nuestro país y los más desarrollados y solo alcanzaremos los niveles de bienestar que ellos detentan si logramos cerrarla. Postergar las soluciones, como ha sucedido en el pasado, nos alejará de este objetivo, tal vez en forma irreversible. El llamado es de urgencia y de coordinación. Usando una figura manida, el llamado es el de remar todos con fuerza y en la misma dirección.

o

c

.



**Apéndice:
Principales
propuestas
de la Misión
Internacional
de Sabios
2019**

1. El grupo de 46 miembros de la Misión de Sabios le propone a la sociedad colombiana, al Gobierno nacional y a los gobiernos territoriales enfrentar, en el curso de los próximos diez años, tres grandes retos: (i) aprovechar nuestros recursos de agua, biodiversidad y diversidad cultural para enfrentar el cambio climático, y desarrollar la bioeconomía y la economía creativa; (ii) modificar la estructura productiva del país hacia industrias y servicios con contenido tecnológico alto, aprovechando las tecnologías convergentes y la visión de la industria 4.0, y desarrollar las tecnologías de uso de las fuentes no convencionales de energía; y (iii) convertir el conocimiento, la innovación social y la educación, especialmente en la primera infancia, en instrumentos para sentar las bases de una Colombia equitativa.
2. Para lograr estos objetivos es indispensable establecer un acuerdo por el conocimiento y la educación entre la sociedad, el Gobierno nacional, los gobiernos territoriales, los empresarios y las organizaciones de la sociedad civil, que permita que el desarrollo se oriente hacia un modelo en el que la base del crecimiento sean el capital humano, la investigación científica, la innovación y su aplicación al desarrollo humano de la población y a todos los sectores productivos.
3. La Misión le propone a la sociedad colombiana y al Gobierno adoptar como meta que en el 2045 todas y todos los jóvenes que cumplan 18 años hayan recibido educación con atención integral de 0 a 5 años, y hayan accedido por lo menos a educación media diversificada o doble titulación (clásica + técnica).

4. Lo anterior implica haber logrado universalizar la educación con atención integral de niñas y niños de 0 a 5 años en el 2026, y haber culminado la universalización de la educación media diversificada o con doble titulación de bachiller (académico y técnico) en 2030.
5. La Misión plantea reestructurar el sistema de formación de maestros del país fortaleciendo las escuelas normales y poniendo a la cabeza del sistema al Instituto Superior de Investigación en Educación y Alta Formación de Maestros (ISIE), que oriente un gran programa nacional de investigación en educación y forme, a través de la investigación, a los “maestros de maestros” de todo el sistema.
6. Convoca a las universidades a abrir programas de educación de alta calidad.
7. Recomienda poner en funcionamiento un conjunto de redes regionales y subregionales de centros de innovación en educación, que serán espacios de encuentro y aprendizaje mutuo de los maestros en los que, a través de la investigación, las actividades culturales y la interacción con la comunidad, se mejore la calidad de la labor magisterial.
8. La Misión plantea rediseñar la educación técnica, desde la educación media hasta las carreras tecnológicas, vinculándola a la innovación, abriendo a los técnicos canales para su superación y reconversión, y asegurando que se dé sobre sólidas bases científicas.
9. La Misión convoca a todas las instituciones de educación públicas y privadas del país a incorporar y cualificar en sus proyectos educativos institucionales (PEI), elementos formativos en artes y ciencias, matemáticas, diseño, historia e identidad, medio ambiente, cambio climático, competencias ciudadanas, habilidades socioemocionales y convivencia, apuntando al desarrollo humano de la persona y a potenciar su contribución a la sociedad. La educación artística debe ser implementada como área fundamental en los lineamientos curriculares e instaurada en el PEI, desde la primera infancia y a través de todos los niveles y modalidades de la formación básica y media.

10. La educación en todos los niveles debe articular múltiples actores, contextos y territorios para soportar el aprendizaje permanente a lo largo de la vida. Preparar a las personas para el cambio y la reconversión de sus actividades en la medida en que estas puedan tornarse obsoletas ha de ser un objetivo de la sociedad en cuya realización se comprometan las instituciones educativas.
11. El Gobierno y las instituciones educativas deberán redimensionar el rol del maestro para convertirlo en un ejemplo vivo de lo que significa ser un aprendiz en el siglo XXI: referentes de flexibilidad, de apertura, de renovación de actitudes, de saberes y prácticas, sin prescindir de la rigurosidad inherente a la actividad científica y educativa.
12. Un fuerte sistema de incentivos debe ponerse en práctica para enfrentar las disparidades regionales en la educación, a la vez que se impulsen programas remediales que eviten la deserción y nivelen a los estudiantes menos aventajados.
13. La Misión recomienda a las universidades acreditadas ofrecer la opción de doble titulación en su área y en periodismo, a los estudiantes de ciencias básicas y sociales, como forma de contribuir a una divulgación calificada de la ciencia y ofrecer, con el apoyo del Estado, programas de educación continuada para periodistas especialmente en matemáticas, ciencias naturales, medio ambiente y estadística.
14. En un contexto marcado por una larga historia de violencia, deben adelantarse proyectos piloto que experimenten distintas formas de desarrollar habilidades sociocognitivas, de mejorar la valoración de la diversidad cultural, y de promover la interacción y el diálogo entre personas y culturas diversas.
15. Es preciso asegurar que la educación para el trabajo y la formación de técnicos y tecnólogos se dé sobre la base de una formación previa con suficiente fundamento científico y formación en competencias básicas, que les garantice versatilidad y capacidad de reconvertirse cuando el avance tecnológico haga obsoletas sus ocupaciones.
16. El Ministerio de Educación debe producir lineamientos para lograr transformaciones pedagógicas en primera infancia, básica y media desde una aproximación estética, desarrollando la percepción, la

sensibilidad y la receptividad, privilegiando el diálogo de los saberes de las regiones con un conocimiento universal.

17. En la educación deben implementarse metodologías que apelen a la plasticidad del cerebro y lo desarrollen, especialmente en la primera infancia, privilegiando en todos los niveles la creatividad como forma de resolución de problemas o retos, sin que existan respuestas únicas y preestablecidas, y dándole prelación a las soluciones innovadoras como parte fundamental de los procesos de formación.
18. El modelo educativo debe reformarse, pasando de un modelo basado en la enseñanza a uno basado en el aprendizaje contextualizado, que enseñe a pensar, que propicie la crítica constructiva, que apunte a enfrentar retos desde la innovación y la creatividad, y posibilite soluciones en contexto.
19. Debe implementarse una educación que, desde las etapas iniciales, genere un vínculo emocional, que incentive amor y pasión por el conocimiento, la cultura, la ciencia, el arte; que refuerce la confianza, el diálogo, el asombro y el descubrimiento como herramientas y metodologías de exploración, creación y construcción del conocimiento; que reconozca y valore la diversidad, los saberes ancestrales, el conocimiento propio, el patrimonio cultural y los recursos biológicos y culturales de las regiones; y que permita su interacción con el sistema educativo nacional en la construcción, validación y desarrollo de formas propias del conocimiento.
20. Teniendo en cuenta el papel que han cumplido las universidades en el desarrollo de la CTI en los últimos cincuenta años en Colombia y de su potencial de investigación, se propone al Estado generar modelos de financiamiento de la ciencia, la creación, las humanidades y la tecnología que hagan sostenibles sus esfuerzos en el largo término.
21. Colombia tiene la oportunidad de reducir la desigualdad social, la pobreza multidimensional y la exclusión, apoyándose en el conocimiento científico y la innovación social.

22. Los principales caminos por donde el conocimiento y sus recomendaciones podrán contribuir a reducir la desigualdad y la exclusión son la universalización de la educación con atención integral en primera infancia; la investigación en salud y nutrición para atender las enfermedades que prevalecen en los territorios; la cobertura digital; el uso de nuevas tecnologías para el acceso equitativo al agua potable; el desarrollo del patrimonio y el reconocimiento de las culturas locales; y el impulso a los circuitos económicos de las comunidades.
23. El país tiene un vacío en su institucionalidad para las etapas iniciales en la transferencia del conocimiento, necesaria para la innovación de productos y procesos. Se propone para llenar este vacío, la creación por parte del Estado de centros o institutos regionales de investigación técnica y tecnológica por demanda.
24. La Misión propone estrategias diferenciadas para el fomento y fortalecimiento de institutos de investigación autónomos, centros de desarrollo tecnológico, centros de ciencias, institutos nacionales, Cenis, Centros de Excelencia y centros regionales de investigación por demanda. Se debe revisar la política de “overheads” para los proyectos financiados por la Nación. Esta política genera hoy dificultades financieras en el funcionamiento de las instituciones que albergan esos proyectos.
25. La Misión plantea ampliar la capacidad del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación para abordar problemas hoy desatendidos y abrir nichos ocupacionales para el recurso humano que se ha venido preparando al más alto nivel.
26. Es necesario adelantar un programa nacional de renovación y compartición de equipos robustos para universidades, centros e institutos de investigación.
27. Es preciso desarrollar una política nacional de datos abiertos que favorezca la democratización del conocimiento, la transparencia y el empoderamiento ciudadano y regional para una ciencia más dinámica y al alcance de todos.

28. Es fundamental consolidar un programa de diplomacia científica que vincule a la diáspora colombiana y promueva programas de movilidad nacional e internacional para científicos y científicos en formación.
29. Es pertinente desarrollar un programa amplio de apoyo en procesos de patentamiento y de propiedad intelectual.
30. La Misión propone organizar el grueso de su investigación en retos y misiones, que convoquen a la multidisciplinariedad y a la complementación entre actores y comunidades distintas. Además de las misiones, se impulsará la investigación basada en la curiosidad —que debe darse siempre—, como estrategia esencial para abrir nuevas alternativas y oportunidades para el país.
31. Colombia potenciará su riqueza en aguas desarrollando conocimiento para asegurar su cantidad, calidad y variabilidad en condiciones medias y extremas, así como garantizar el acceso de todos al agua potable, la gestión óptima del recurso y la protección de la sociedad ante el cambio climático y otros eventos extremos.
32. La apropiación social del conocimiento de los recursos hidrobiológicos continentales, estuarinos y marinos del país permitirá el desarrollo de regiones y comunidades menos favorecidas.
33. El conocimiento y la ciencia son parte del acervo cultural de una nación. Asegurar que la ciencia y los saberes se intercambien y se transfieran con toda la población es necesario en una sociedad que aspira darle un rol prominente al conocimiento.
34. En Colombia la infraestructura de apropiación social para la ciencia es escasa. La Misión considera que el acceso de los niños a interactuar con la ciencia es un derecho. Para acercar las artes y las ciencias, se promoverán centros de ciencia para los niños y jóvenes (planetarios, museos de historia natural, jardines botánicos, centros interactivos, ferias y eventos científicos).
35. La Misión plantea que se forme progresivamente y con el apoyo de personas especializadas una red distribuida de museos y otros espacios interactivos, basados en distintas temáticas y aproximaciones que despierten las vocaciones científicas y de desarrollo

tecnológico; complementada con medios digitales que aseguren el acceso a estos recursos por parte de niños y adultos, independientemente de dónde se encuentren. Esta red deberá cubrir todas las capitales de departamento y se financiará por los gobiernos nacional o territoriales, por el sector privado o por asociaciones público-privadas.

36. Para potenciar la bioeconomía, así como para superar la crisis climática actual y lograr los Objetivos de Desarrollo Sostenible, es necesario adoptar un paradigma de desarrollo que integre lo social, lo económico y lo ambiental.
37. Los pilares fundamentales de la gestión ambiental, del desarrollo de la bioeconomía y de la conservación de la biodiversidad son el conocimiento científico y la consideración de los contextos geográfico y cultural.
38. La biotecnología es la herramienta para descubrir, conocer y desarrollar una extraordinaria gama de procesos, bioproductos, bioenergía y una nueva agricultura que garanticen la seguridad nutricional, la salud y el medio ambiente.
39. El cambio climático, la destrucción y degradación de los ecosistemas son la causa principal de la pérdida de la biodiversidad, así como una amenaza para el desarrollo y la calidad de vida, por tanto es necesario promover la ciencia, la tecnología y la innovación.
40. La Misión propone crear la Agencia Colombiana del Espacio, adscrita al Ministerio de CTI, con el fin de retomar proyectos espaciales de colocación de satélites y de estaciones terrestres.
41. Es fundamental reforzar programas de ciencias básicas sobre diferentes soluciones tecnológicas para la transformación energética y la conservación ambiental.
42. La Misión plantea el Centro de Investigación en Energía para impulsar la creación de industrias de instrumentación, control y paneles solares orgánicos, de biorrefinerías y como apoyo al desarrollo de ciudades inteligentes (eficiencia energética, edificios, transporte eléctrico).

43. La Misión recomienda la conectividad de alta velocidad en todo el territorio nacional, así la transformación digital del Estado se fortalecerá más allá de las metas del actual Plan Nacional de Desarrollo (PND), para mejorar los instrumentos de gestión territorial, sistemas de monitoreo ambiental, prevención de desastres y movilidad urbana. Nuevas tecnologías como el *big data*, IoT, *blockchain* o inteligencia artificial serán instrumentos básicos de transformación.
44. Es importante que el Estado ofrezca créditos e incentivos para integrar a las pequeñas y medianas empresas (Pymes) en la dinámica de la cuarta revolución industrial.
45. Los incentivos tributarios a la inversión en CTI deben reestructurarse para evitar fenómenos de desplazamiento de fondos (*crowding out*). Así, las grandes empresas recibirán estos incentivos por sus inversiones en investigación básica, y aportes a centros e institutos de investigación o a proyectos desarrollados por universidades o Pymes. Las Pymes accederán a líneas especiales de crédito con riesgo compartido y a incentivos en forma de créditos tributarios. El Estado promoverá y se asociará en fondos de capital de riesgo, administrados en delegación por bancos privados experimentados. Se lanzarán convocatorias para que las grandes empresas sirvan de ancla en proyectos con Pymes.
46. La investigación científica y tecnológica tiene, por definición, una alta incertidumbre y conlleva riesgos; es una exploración en lo desconocido. La Misión ve como prioridad la existencia de fondos de inversión de riesgo, complementados con normas que entiendan la posibilidad de obtener resultados imprevistos, incluso contradictorios con las expectativas iniciales de los proyectos.
47. La Misión propone implementar la iniciativa emblemática de “Viveros Creativos”, consistente en un modelo de relacionamiento de cuádruple hélice (empresa, universidad, Estado y sociedad) para las Industrias Creativas y Culturales, que integra características de laboratorios de creación, incubadoras de emprendimientos y centros con programación abierta al público.

48. Es fundamental mejorar la salud y el bienestar de las poblaciones al abordar los determinantes de la salud y el bienestar de manera articulada basándose en la ciencia y en los avances de la tecnología.
49. La Misión plantea fortalecer el ecosistema científico mediante la integración de las capacidades humanas y tecnológicas de los Institutos Públicos de Ciencia, Tecnología e Innovación como contribución al cumplimiento de los objetivos de desarrollo sostenible.
50. Recomienda crear nodos de investigación traslacional en centros de salud y universidades en los 32 departamentos del país, que conduzcan a la generación y aplicación de conocimiento a los contextos particulares de cada región.
51. Es importante establecer centros de excelencia o programas dirigidos por universidades y centros/institutos de investigación que permitan la investigación y el desarrollo de tecnologías para la salud, esenciales en la prevención y el tratamiento de enfermedades desatendidas, emergentes y priorizadas por el Ministerio de Salud.
52. Es necesaria la promoción de la investigación sobre recursos y patrimonio regionales para contribuir al diseño de alternativas sustentables en las regiones, partiendo de la valoración de sus visiones de mundo, sus formas de cognición y de habitar en los territorios.
53. El Ministerio de CTI liderará la articulación con todas las entidades del Estado que promuevan la producción de conocimiento en el país, en especial manteniendo una estrecha relación de cooperación y armonización de políticas con los Ministerios de Cultura, Educación y TIC. Se propone la creación de un programa nacional de experimentación diseñado y coordinado por el Ministerio de CTI que conecte a las misiones y a diferentes proyectos alrededor de transformaciones sociales y ambientales para un desarrollo humano sostenible.
54. El Ministerio de CTI profundizará la integración de la investigación+creación en las actividades de investigación, desarrollo, innovación, fomento, divulgación y apropiación social del conocimiento.

55. El Sistema Nacional de Ciencia Tecnología e Innovación gozará de autonomía en todas sus actuaciones y buscará articularse o asociarse con otros sistemas de investigación y otros con los que tenga intereses en común.
56. El Estado promoverá y apoyará los esfuerzos de las empresas y organizaciones que contribuyan a programas de educación y ciencias, para que se den concertaciones y asociaciones que aseguren un impacto de mayor visibilidad a sus programas.
57. Los esfuerzos iniciales del Ministerio de CTI se enfocarán en desarrollar mecanismos de diálogo y acuerdos de largo plazo entre el Estado, los empresarios, los investigadores y las regiones; en diseñar las reglas de gobernanza y los incentivos de los actores convocados por las misiones y gestores de los centros e institutos; y en acrecentar la financiación para las actividades de investigación y desarrollo.
58. Una agencia para la gestión de finanzas combinadas (que integre fuentes heterogéneas de financiación), adscrita al Ministerio de CTI, será creada para proveer de recursos al Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología.
59. Se desarrollará una normatividad que facilite las alianzas de cuádruple hélice para impulsar las cinco misiones propuestas por la Misión.
60. Se revisarán y racionalizarán los requisitos para importación de materiales y equipos de laboratorio e insumos controlados; se reformará y facilitará la expedición de registros y normas técnicas para nuevos productos, procedimientos, servicios y equipos tecnológicos.
61. Se propone permitir períodos de ejecución plurianuales para este tipo de actividades en las instituciones públicas que las llevan a cabo.
62. Se definirá una normatividad para presentación de proyectos científicos que atienda a las especificidades de estos proyectos, que son muy diferentes a otras contrataciones estatales. Así mismo, el esquema de seguimiento y evaluación de los mismos debe hacerse de acuerdo con la flexibilidad que exigen los procesos de investigación científica.

63. Es indispensable contratar un préstamo de USD 300 millones para i+d con la banca multilateral y subir a 25 % el porcentaje de regalías para CTI y para educación con atención integral de la primera infancia (partiendo del actual 10 %, lo que requiere una reforma constitucional).
64. El liderazgo del Estado y un esfuerzo importante de financiación con los recursos públicos son necesarios para lograr las transformaciones que se están proyectando. La senda de inversiones en investigación y desarrollo (i+d), el índice usado internacionalmente en los análisis de la relación entre CTI y productividad, debe visualizar dos fases: la Fase 1 'capital público paciente' se caracteriza por un esfuerzo alto del sector público y la Fase 2 'despegue de i+d privado' por un repunte de la inversión privada.
65. Al final de la Fase 1 en 2028, se podría llegar a un 1.20 % de inversión total en i+d como porcentaje del PIB (en que la inversión pública debe ser 0.80 % y la privada del 0.40 %); al final de la Fase 2, se podría llegar a 1.80 % de inversión total en i+d como porcentaje del PIB (en que la inversión pública debe ser 0.85 % y la privada del 0.95 %). Dentro de esta senda, en 2022 la inversión pública en i+d debe llegar a 0,37 % y la privada a 0,26 % del PIB.

AGRADECIMIENTOS

Son muchas las personas y las organizaciones que apoyaron el trabajo de la Misión y es imposible mencionarlas a todas. No obstante, los miembros de los ocho focos temáticos de la Misión Internacional de Sabios 2019, sus equipos de apoyo y sus relatores deseamos expresar nuestros agradecimientos especiales a las siguientes personas y a las organizaciones a las que están vinculadas, por su apoyo generoso en el cumplimiento de nuestra misión.

Agradecimientos generales

Marta Lucía Ramírez, Vicepresidenta de la República;
María Victoria Angulo, Ministra de Educación Nacional;
Cristina Garmendia y equipo de Science & Innovation
Link Office (SILO); Diego Hernández, Director de
Colciencias; Sonia Monroy, Subdirectora de Colciencias;
Adriana Paola Serrano; Directores de Programas y
Asesores de Colciencias; Humberto Rosanía y Freddy
Castro, Vicepresidencia de la República.

Universidad del Rosario, Universidad de los Andes,
Universidad Nacional de Colombia, Pontificia Universidad
Javeriana, Universidad Industrial de Santander,
Universidad del Norte, Universidad Jorge Tadeo Lozano,
Universidad del Valle, Universidad de Antioquia,
Universidad EAFIT.

Ernesto Ardila (traductor), Angélica Olaya y Sonia
Cárdenas (correctoras de estilo).

Agradecimientos del Foco de Bioeconomía, Biotecnología y Medio Ambiente (BBMA)

Fernando Gaviria (Rector de la Universidad Tecnológica
de Pereira) y Martha Marulanda (Vicerrectora de la
Universidad Tecnológica de Pereira); Luz Marina Mantilla
(Directora del Instituto SINCHI) y María Soledad
Hernández (Sostenibilidad e intervención Instituto
SINCHI); Jorge Mario Díaz (Director de Agrosavia)
y Juan Diego Palacios (Director del centro Tibaitatá
Agrosavia); Ivan Montenegro; Pablo Navas (Exrector de la
Universidad de los Andes), Alejandro Gaviria (Rector de
la Universidad de los Andes), Carlos Montenegro y Mirtza
Arroyo (Universidad de los Andes); Clara Leticia Serrano
(Asorinoquía); Wilmar Camilo Fonseca González, Laura
Vanesa Rodríguez Arcila, Catalina María Bernal Murcia,
Laura Bibiana Zuluaga Pineda, Lina María Rubiano
Arias, Edgar Francisco Otálora Bohórquez (Semillero de
investigación Universidad de los Andes); Arturo Luna
(Gestor del Programa de Biotecnología de Colciencias,
Gerente de Colombia-Bio); Luis Miguel Renjifo
(Vicerrector de Investigación, Pontificia Universidad
Javeriana).

Agradecimientos del Foco Ciencias Básicas y del Espacio (CBE)

Enrique Forero, Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (ACCEFYN) y participantes en el foro permanente de apoyo a la Misión; Dolly Montoya, Rectora de la Universidad Nacional de Colombia; Obdulio Velásquez, Rector de la Universidad de La Sabana y participantes en el foro Industria-Universidad; Fanor Mondragón, ACCEFYN; Camilo Yunes, Vicerrector Sede Manizales, Universidad Nacional de Colombia; profesores y estudiantes voluntarios que contribuyeron en la Organización del Foro de Ciencias Básicas y del Espacio. Todos los participantes en nuestros foros y reuniones, quienes respondieron nuestras encuestas, y los miembros de gobiernos departamentales y locales que discutieron con los comisionados del foco.

Agradecimientos del Foco Ciencias Sociales y Desarrollo Humano con Equidad (CSDHE)

Universidad del Rosario y Escuela de Ciencias Humanas (Universidad del Rosario); Universidad de los Andes; Alejandro Acosta (CINDE); José Luis Villaveces; Luis Enrique Orozco; Carlos Eduardo Vasco; Eduardo Aldana; Fernando Chaparro; Hernán Jaramillo Salazar; John Sudarsky; María Piedad Villaveces; Margarita Peña; Germán Puerta; Andrés Casas; Manuela León; Víctor Restrepo; Siembra Colombia; Alberto Echeverry; Natalia Duque; Catalina Martínez; Juliana Ordoñez; Diego Montoya; Luisa Fernanda Urrea; María Camila Díaz Granados; María Villaveces; Beethoven Herrera; Rubén Darío Utría; Enrique Forero; Fanor Mondragón; Imelda Restrepo y su equipo asesor (ANDI); Comisiones Académica y Gestora del Plan Nacional Decenal de Educación; Jairo Giraldo (Buinaima); Ingrid Rueda; Yadira Casas; Liliana Castro (Colciencias); Marieta Quintero (Universidad Distrital); Oscar Saldarriaga (Universidad Javeriana); Jaime Saldarriaga (Universidad de Antioquia); Claudia García (Universidad Libre de Pereira); María Camila Ospina, Héctor Fabio Ospina, Julián Loaiza y Daniela León (Centro de Estudios Avanzados en Niñez

y Juventud del Cinde y la Universidad de Manizales); Andrés Mauricio Mendoza (Cifras y Conceptos); Jorge Iván González (Universidad Nacional); Jorge Iván Jurado, María Piedad Marín, Alejandro Barrera, Edisson Castro, Alejandro Cardona, Ana María Hincapié, Claudia Munévar, Eliana Gallego, Carlos Urrego y Mónica Arango (Universidad de Manizales); Gabriel Vélez (Universidad de Antioquia); profesores y estudiantes del Doctorado en Ciencias Sociales Niñez y Juventud del Cinde y la Universidad de Manizales; directores del Doctorado en Educación a nivel nacional; profesores de la Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad Nacional (sede Bogotá); Enrique Chau; Ana María Velázquez; Arturo Harker; Andrés Moya; Oscar Sánchez; María Emma Wills; Alexander Ruiz; Educapaz; Centro Nacional de Memoria Histórica; El Arte de Vivir; Dunna; Alternativas Creativas para la Paz; RESPIRA; Programa de Desarrollo y Paz del Magdalena Medio; Colegio Sathya Sai, Bogotá; The International Center for Transitional Justice; niñas, niños y padres que participaron en los talleres de futuro y ciencia en distintos lugares del país.

Agradecimientos del Foco Ciencias de la Vida y de la Salud (CVS)

John Jairo Arboleda Céspedes, Rector Universidad de Antioquia; Sergio Cristancho Marulanda, Vicerrector de Investigación, Universidad de Antioquia; Gloria Valencia Bustamante, Asistente de la Vicerrectoría de Investigación, Universidad de Antioquia; Luis Fernando Múnera Díez, Director, Fundación Universidad de Antioquia; Carlos Alberto Palacio Acosta, Decano de Medicina, Universidad de Antioquia; Esteban David Ahumada; Luz Adriana Martínez, Universidad de Antioquia; Julio Aldana, Director Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos (Invima); Pahola Pulgarín y Judith Mestre, Invima; María Teresa Domínguez, Ministerio de Salud y Protección Social; Claudia Tinjacá y Diana Milena Calderón, Colciencias; Raúl Murillo, Director del Centro Javeriano de Oncología; Margarita Ronderos, Universidad Javeriana; Esther de Vries,

Directora del programa de Doctorado en Epidemiología Clínica en la Javeriana; Ángela Ruiz, profesora y Directora del Grupo de Investigación Clínica Universidad del Rosario; Gloria Sánchez, profesora y Coordinadora del Grupo Infección y Cáncer, Universidad de Antioquia; Lyda Osorio y Lena Barrera, profesoras de Salud pública Universidad del Valle; Marion Piñeros y Armando Baena, epidemiólogos en el IARC, Lyon; Maciej Orkisz, profesor de la Universidad de Lyon, coordinador con la Universidad de los Andes y Javeriana; Eduardo Dávila, Ingeniero de CNRS en ciencias de la computación Creatis; José Luis Méndez; Asociación de Industrias Farmacéuticas Colombianas (Asinfar); Cámara de la Industria Farmacéutica de la Asociación Nacional de Industriales (ANDI); Elkin Echeverry; Yessica Gutiérrez; Jorge Areiza (Ruta N); Salim Mattar (Universidad de Córdoba); Carlos Corredor (Universidad Simón Bolívar); Hernando Baquero; Pedro Javier Villalba (Universidad del Norte); William Reyes; Susan Benavides Universidad de Santander (UDES); Gabriel Jaime Tobón (Universidad ICESI); Norma Serrano (Fundación Cardiovascular de Colombia); Luis Guillermo Restrepo Vélez (Universidad del Rosario); Academia Nacional de Medicina de Colombia; Instituto Nacional de Salud; Instituto Nacional de Cancerología; Instituto de Evaluación Tecnológica en Salud; Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos (Invima); Organización Panamericana de la Salud.

Agradecimientos del Foco Energías Sostenibles (ES)

Hernán Porras (Rector Universidad Industrial de Santander), Guillermo González (Vicerrector de Investigación y Extensión), Farid Chejne Janna, Karen Cepeda, Yovany Portilla, Rafael Chona, Angie Martínez, Gonzalo Ordóñez, Rodolfo Villamizar, César Duarte, Gabriel Ordóñez, José Rincón, Juan Oviedo, Javier Solano, Humberto Rodríguez, Iván Serna, Horacio Torres y asistentes a los foros con empresarios e investigadores de Medellín y Bucaramanga.

Agradecimientos del Foco Industrias Creativas y Culturales (ICC)

Tania Delgado, María Camila Cabezas e Iván Franco (Colciencias); Germán Rey, Marisol Cano y Javier Rodríguez (Universidad Javeriana); Ana Piñeros (Asocinde); Héctor Bonilla (Acofartes); Javier Vallejo (Ministerio de Educación); David Solodkow (Universidad de los Andes); Diego Molano (Concejo de Bogotá); Felipe Buitrago, Sandy Guerrero, Cleopatra Marrugo y William Otero (Consejería para asuntos económicos y estratégicos); Carolina Romero y Julián Riatiga (Dirección Nacional de Derecho de Autor); José Luis Niño y Jimena Peña (Universidad EAN); Juan Pablo Salcedo (Universidad El Bosque); Diana Cifuentes (Observatorio Economía Naranja); Carlos Mora y Francisco Carrillo (DANE); Luis Astaiza, Alberto Tamayo, Oscar Corzo y Felipe Arango (Universidad Central); Yesenia Valencia (Smartfilms); Alejandra Álvarez (Corporación Universitaria Taller 5); Mónica Suárez y Diego Téllez (Corporación Universitaria Taller 5); Manuel Sevilla y María Consuelo Villamil (Pontificia Universidad Javeriana, Cali); Germán Flórez (Centro de Pensamiento de Propiedad Intelectual); Paula Botero (Instituto Tecnológico de Medellín); Roberto Amador (Universidad Nacional de Colombia); Santiago Niño Morales (Universidad Distrital Francisco José de Caldas); Estela Barreto (Universidad de Bellas Artes de Cartagena); Lucy Cifuentes (Universidad Autónoma de Bucaramanga); Banco de la República, San Andrés; Lina Rodríguez y Gisela Pérez (Festival de Cartagena – FICCI); Felipe César Londoño (Universidad de Caldas); Luis Carlos Reyes (Observatorio Fiscal, Pontificia Universidad Javeriana); David Melo, Angie Pinzón, María Cristina Díaz, Ulia Yemail, Cristian Estrella, José Argote y Carlos Dueñas (Ministerio de Cultura); Felipe Barrientos, Ignacio Gaitán y Miguel Olarte (Innpulsa); Carlos Baena (Ministerio de Trabajo); Adriana Padilla y Marcela Corredor (Cámara de Comercio de Bogotá); Mario Suárez y Juana Andrade (Secretaría de Cultura Bogotá); Ana María Fries y Jimena Puyo Posada (Artesanías de Colombia); María Claudia Páez (Cámara de Comercio

de Cartagena); Nicolás Carrizosa (Secretaría Distrital de Desarrollo Económico); Fernando Vicario (Organización de Estados Iberoamericanos); Javier Machicado (Consultora Lado B); Julián Riatiga (Dirección Nacional de Derecho de Autor); Fabián Dangond (Gobernación del Cesar); Giovanni Peña Betancur (Redecon); Antonio Cortés (Gobernación de Cundinamarca); Diego García Reyes (Bogotá Design Festival); Juan Carlos Gaitán (Prana); César Sánchez y Betsy Gelves (Comisión Gestora Plan Decenal de Educación); Yesid Bernal (Ministerio de Tecnologías de Información y Telecomunicaciones); Lina Parra (Sala del Ocio y la Fantasía, SOFA; Carlos Reyes (IGDA); Dilia Robinson, Joseph Dan Bush Murillo, Elkin Robinson y Louis Gregory Robinson (Isla de Providencia); Gloria Patricia Zapata (Ministerio de Educación); Cesar Augusto Zambrano (Universidad del Tolima); Raiza Deluque y Roberto Hinestroza (Consejería de Juventudes); Lina Arbeláez (PNUD); Leticia Gennes (World Entrepreneurs); Juan Diego Ortiz (Asanfe); Alcaldía de Villa de Leyva, Instituto Técnico Central (ITC); Jorge Mario Bergoglio (IED); Uniandinos; Fundación Universitaria Juan N Corpas; Corporación Universitaria Minuto de Dios (Uniminuto); Universidad Pedagógica Nacional; Universidad Pontificia Bolivariana; Lasalle College Institute (LCI); Institución Universitaria Pascual Bravo; Universidad Externado de Colombia; Orquesta Filarmónica de Bogotá; Universidad del Rosario; Universidad Jorge Tadeo Lozano; Universidad Antonio Nariño (UAN); Universidad de Boyacá; Corporación Universitaria Unitec; Arcadia Sonora; Secretaría de Cultura de Sopó; Universidad de San Buenaventura; Corporación Lidérate; Corporación Escuela de Artes y Letras; Universidad Santo Tomás; Mola Hub Moda Sostenible; Tarpui; Comisión Profesional de Diseño Industrial; Premio Lápiz de Acero; Ascun; Curupira SAS; Universidad Tecnológica de Pereira; Colegiatura Colombiana; Dirección de formación profesional SENA; Designall, Art Not SAS; Colpensiones; Connect Bogotá Región; Polifonía – Escuela Reúsate y Platzi.

Agradecimientos del Foco de Océanos y Recursos Hidrobiológicos (ORH)

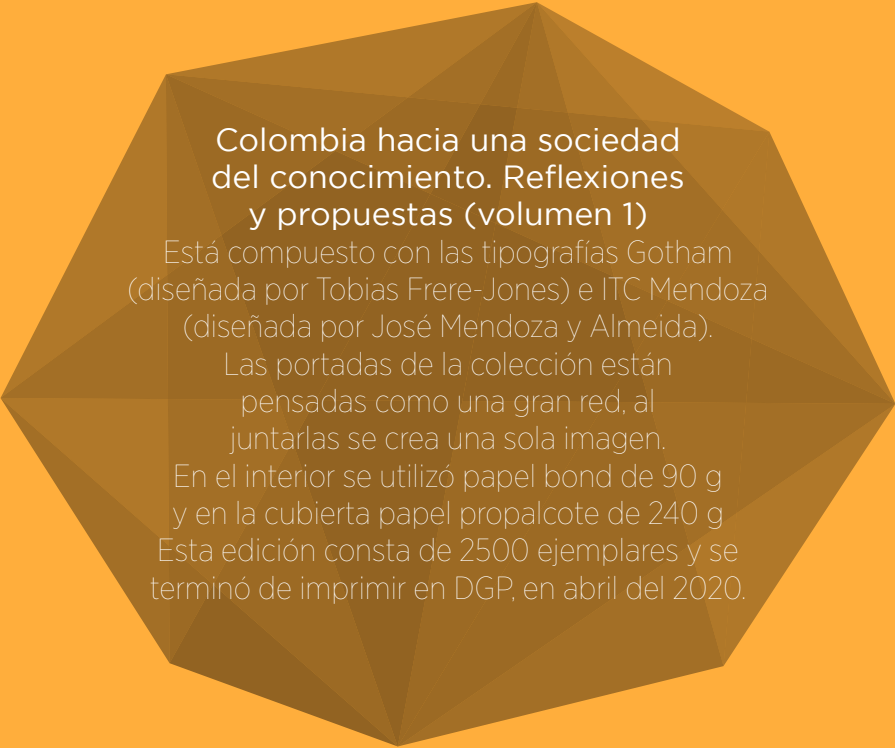
Diego Torres, Cecilia María Vélez, Margarita Peña, Isaac Dyner, Ingrid Paola Barragán, Martha Cortés, Luz Estela Gómez, Luz Piedad Arrigui, María del Pilar Blandón, Paola Noreña, Carl Langebaek, Jorge Molina, Manu Forero Shelton, Tatiana Rey, Enrique Forero, Marcela Macías, Capitán de Navío (r) Francisco Arias, Jesús Antonio Garay, Sandra Rincón, Paula Cristina Sierra, David Alonso, Luz Marina Mantilla, Carlos Alberto Mendoza, Edwin Agudelo, Adriana Santos, Nestor Campos, Sven Zea, Arturo Acero, Ernesto Mancera, Claudia Vaca, Luisa F. Dueñas, Señor Vicealmirante (r) José William Porras, Señor Almirante Mauricio Soto, Señor Almirante Edgar Romero, Capitán de Navío (r) Ricardo Ariza, Capitán de Navío (r) Carlos Alberto Andrade, Señor Contralmirante Francisco Hernando Cubides, Capitán de Fragata Alejandro Rueda, Capitán de Corbeta Julio Monroy, Teniente de Navío Diana Sánchez, Capitán de Navío Juan Camilo Forero, Mónica López, Carlos Alberto Ramírez, Juanita Goebertus, Iván Agudelo, Luis Fernando Barrios, Luis M. Manjarrés, Juan Mayorga, Juan Carlos Alonso, José Saulo Usma, Luz Stella Gómez Giraldo, Luis Fernando Gómez, Analinda Torres, Gina Ortiz, Hilayalith Rodríguez, Ana Carolina Barrera, Nicolás Bustamante.

Agradecimientos del Foco Tecnologías Convergentes e Industrias 4.0 (TCel4.0)

Markus Eisenhauer, Fraunhofer Institute FIT (Alemania); Juan Luis Mejía (Rector de la Universidad EAFIT); Adolfo Meisel Roca (Rector de la Universidad del Norte); Raimundo Abello Llanos (Universidad del Norte); Oscar Caicedo, Mauricio Arroyave Franco, José Alejandro Montoya, Olga Lucía Quintero, Nora Cadavid Giraldo y Diego Leal Fonseca (Universidad EAFIT); Andrea Álvarez (Universidad del Norte).

LISTADO DE SIGLAS

Asociación público privada (APP)	Instituto Superior de Investigación en Educación y Alta Formación de Maestros (ISIE)
Aspectos de los Derechos de Propiedad Intelectual relacionados con el Comercio (ADPIC)	Investigación + Creación (I+C)
Bioeconomía, Biotecnología y Medio Ambiente (BBMA)	Investigación y desarrollo (I+D)
Centros de Innovación del Maestro (MOVA)	Metodología General Ajustada (MGA)
Ciencia, Tecnología e Innovación (CTI)	Ministerio del Ambiente y el Desarrollo Sostenible (MADS)
Ciencias Básicas y del Espacio (CBE)	Modelo de Acción Integral Territorial (MAITE)
Ciencias de la Vida y de la Salud (CVS)	Objetivos de Desarrollo Sostenible (ods)
Ciencias Sociales y Desarrollo Humano con Equidad (CSDHE)	Océanos y Recursos Hidrobiológicos (ORH)
Consejo Nacional de Política Económica y Social (Conpes)	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE)
Dirección Nacional de Derecho de Autor (DNDA)	Productividad Total de los Factores (PTF)
Energías Sostenibles (ES)	Producto Interno Bruto (PIB)
Fuentes No Convencionales De Energía Renovables (FNCER)	Proponemos que el Consejo Nacional de Acreditación (CNA)
Industrias Creativas y Culturales (ICC)	Proyectos educativos institucionales (PEI)
Infraestructura Científica y Técnica Singular (ICTS)	Recursos energéticos descentralizados (RED)
Instituciones de Educación Superior (IES)	Red de Nacional Académica de Tecnología Avanzada (RENATA)
Instituto Colombiano Agropecuario (ICA)	Regiones Autónomas de Planificación (RAP)
Instituto Colombiano de Antropología e Historia (ICANH)	Sistema Nacional Ambiental (SINA)
Instituto Nacional de Salud (INS)	Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SNCTI)
	Sistema Nacional de Información sobre la Educación Superior en Colombia (SNIES)
	Tecnologías Convergentes e Industrias 4.0 (TCeI4.0)




Colombia hacia una sociedad del conocimiento. Reflexiones y propuestas (volumen 1)

Está compuesto con las tipografías Gotham (diseñada por Tobias Frere-Jones) e ITC Mendoza (diseñada por José Mendoza y Almeida).

Las portadas de la colección están pensadas como una gran red, al juntarlas se crea una sola imagen.

En el interior se utilizó papel bond de 90 g y en la cubierta papel propalcote de 240 g. Esta edición consta de 2500 ejemplares y se terminó de imprimir en DGP, en abril del 2020.



La colección *Misión Internacional de Sabios 2019* reúne las contribuciones sobre educación, ciencia, tecnología e innovación del grupo de 46 científicos y expertos convocado por el presidente de la República. Este primer volumen es el documento central de la Misión.

Parte de una visión de la Colombia de la próxima generación, y propone que Estado y sociedad se comprometan con cinco misiones emblemáticas: asegurar la equidad con conocimiento; universalizar la educación de 0 a 5 años; conservar el agua; desarrollar la bioeconomía, y optar por una economía creativa y productiva. Son los primeros pasos para que educación y conocimiento sustituyan progresivamente a los recursos naturales agotables como base del desarrollo nacional.



9 789585 135123