

COLOMBIA HACIA LAS FRONTERAS DEL CONOCIMIENTO

Síntesis de las
propuestas
Volumen 2



El futuro
es de todos

Gobierno
de Colombia



MISIÓN DE
SABIOS
COLOMBIA - 2019

COLOMBIA HACIA LAS FRONTERAS DEL CONOCIMIENTO

Síntesis de las
propuestas

Volumen 2

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

Primera edición, 2020

ISBN Impreso: 978-958-5135-14-7

ISBN Digital: 978-958-5135-15-4

Colección

Colombia hacia una sociedad del conocimiento

Volumen 2

Colombia hacia las fronteras del conocimiento

Compiladores

Clemente Forero Pineda

Universidad de los Andes

Juliana Valdés Pereira

Universidad del Rosario

Coordinación editorial

Piedad Salgado Camacho

Facultad de Administración

Universidad de los Andes

Diseño de la colección y cubierta

leonardofernandezsuarez.com

Corrección de estilo y diagramación

Susana Rudas

Impresión

Hecho e impreso en Bogotá, D. C., Colombia, 2020



Catalogación en la publicación

Colombia hacia las fronteras del conocimiento : síntesis de las recomendaciones.
-- Primera edición. -- Bogotá : Vicepresidencia de la República de Colombia, Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, 2020.
396 páginas : ilustraciones, diagramas.-- (Colección Misión Internacional de Sabios, 2019)
Incluye referencias bibliográficas al final de cada capítulo
ISBN 978-958-5135-14-7 (impreso). -- ISBN 978-958-5135-15-4 (digital)
1. Desarrollo científico y tecnológico -- Colombia 2. Sociedad de la información
3. Educación y desarrollo -- Aspectos sociales 4. Gestión del conocimiento 5. Innovaciones tecnológicas 6. Tecnología de la información 7. Colombia -- Desarrollo sostenible





COLOMBIA HACIA LAS FRONTERAS DEL CONOCIMIENTO

Síntesis de las
propuestas

Volumen 2



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

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, coordinador
Angela Wilkinson (Reino Unido)
Eduardo Posada
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, coordinador
Weildler Antonio Guerra
Jorge Reynolds
Juan Armando Sánchez
Sabrina Speich (Francia)

Tecnologías Convergentes Nano, Info y Cogno Industrias 4.0

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

Coordinador de coordinadores

Clemente Forero Pineda



RELATORES, SECRETARÍAS TÉCNICAS Y EQUIPO DE APOYO

Biotecnología,
Bioeconomía y
Medio Ambiente

Secretaría Técnica –
Universidad de los
Andes, Vicerrectoría de
Investigación
María Fernanda Mideros
Claudia Carolina Caballero
Laguna
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
Guillermo González
Relatores
Dionisio Laverde
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
Carlos Edwin Gómez
César Augusto Ruiz
Relatores
Francisco de Paula
Gutiérrez
Enrique Peña

Tecnologías
Convergentes
Nano, Info y Cogno
Industrias 4.0

Secretaría Técnica –
Universidad del Norte y
EAFIT
Mauricio Perfetti
Relatores
Mónica Lucía Álvarez
Lainez
Elías David Niño

Secretaría Técnica
de la Misión

Cristina Garmendia
y Science & Innovation
Link Office (SILO)



P12 *uno* Presentación de la serie y del volumen 2

Un gran paso para la ciencia colombiana, enorme logro para la Nación **p17**

Soñar con los pies en la tierra: de la Misión de Sabios al Minciencias **p23**

La educación en una Colombia que avanza hacia una sociedad del conocimiento **p26**

Una reflexión como miembro de la *Misión Internacional de Sabios* **p31**

P34 *dos* Síntesis de las recomendaciones de los focos de la Misión

1. Foco de Biotecnología, Bioeconomía y Medio Ambiente (BBMA) **p37**

Retos de país y misiones emblemáticas propuestas a la *Misión Internacional de Sabios 2019* con la participación del Foco BBMA **p37**

Principales conclusiones y recomendaciones del Foco de Biotecnología, Bioeconomía y Medio Ambiente (BBMA) **p38**

1.1 Contexto **p39**

1.2 Alcance **p41**

1.3 Regionalización **p42**

1.4 Internacionalización **p42**

1.5. Síntesis de talleres con la participación ciudadana-Misión de Sabios **p43**

1.6. Documentos temáticos de integrantes del Foco de BBMA **p46**

1.7. Propuestas y acciones del Foco de Biotecnología, Bioeconomía y Medio Ambiente **p71**

2. Foco Ciencias Básicas y del Espacio: las ciencias básicas y del espacio para la sociedad colombiana **p81**

2.1 Antecedentes y contexto **p81**

2.2 Relación Academia-Empresa-Estado **p98**

2.3 Conclusiones **p115**

3. Foco de Ciencias de la Vida y de la Salud: garantizar una vida saludable y promueve el bienestar de todos los colombianos en todas las edades **p117**

3.1 Propósito **p117**

3.2 El desafío clave **p117**

3.3 Antecedentes y contexto **p118**

3.4 Salud y bienestar **p122**

4. Foco de Ciencias Sociales y Desarrollo Humano con Equidad: la educación y la construcción de un desarrollo humano con equidad **p153**

4.1 Contexto y enfoque **p153**

4.2 Los componentes del desarrollo humano abordados en este informe **p155**

4.3 Propuestas del foco de Ciencias Sociales y Desarrollo Humano con Equidad **p162**

4.4 Conclusiones **p185**

5. Foco de Energías Sostenibles **p191**

Resumen ejecutivo **p191**

5.1 Las tendencias mundiales **p194**

5.2 Colombia en energía **p195**

5.3 Colombia en CTEI para energía **p198**

5.4 Recomendaciones **p199**

5.5 Tecnologías, educación y política de CTEI: discusiones **p201**

5.6 Política de CTEI para energía **p211**

5.7 Gestión y gobernanza de la CTEI **p214**

5.8 Algunas tareas **p216**

6. Foco de Industrias Creativas y Culturales: las industrias creativas y culturales en el Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación **p219**

6.1 Propuestas del foco de Industrias Creativas y Culturales **p223**

6.2 Educación para las industrias creativas y culturales **p227**

6.3 Circulación de contenidos, articulación con industria, Integración de cadenas de valor **p232**

6.4 Infraestructura y tecnología p236

6.5 Regulación, financiación, información p239

7. Foco de Foco de Océanos y Recursos Hidrobiológicos: estado global y nacional de los océanos, mares, humedales y recursos hidrobiológicos marino-costeros, oceánicos, insulares y continentales misiones emblemáticas al 2030 **p243**

Introducción p243

7.1 Objetivos y metodología p246

7.2 Documentos preparados por el foco de Océanos y Recursos Hidrobiológicos p248

7.3 El proceso de consulta y concertación p249

7.4 Una visión conjunta del agua y los ecosistemas acuáticos marinos y continentales p250

7.5 Línea base sobre el estado mundial de las temáticas del foco de Océanos y Recursos Hidrobiológicos p252

7.6 Salud de los ecosistemas p273

7.7 El capital humano y su formación p280

7.8 La producción científica y la infraestructura científica y tecnológica p280

7.9 El marco normativo, políticas públicas, la institucionalidad y la gobernanza p281

7.10 Proyectos y misiones emblemáticas p283

8. Foco de Tecnologías Convergentes e Industrias 4.0: una nueva Colombia hacia la convergencia tecnológica y la cuarta revolución industrial **p293**

Resumen ejecutivo p293

8.1 Contexto global p295

8.2 ¿Qué significan la convergencia tecnológica y la cuarta revolución industrial? Conceptos básicos p296

8.3 Arquitectura crítica para la innovación y la oportunidad global p300

8.4 Línea base para la identificación de barreras y oportunidades que tiene Colombia en las áreas de las tecnologías convergentes como base para la cuarta revolución industrial p310

8.5 Objetivo del foco p322

8.6 Meta de la misión emblemática: Colombia hacia un nuevo modelo productivo, sostenible y competitivo p326

P330 tres

Epílogo

Presentación: la pandemia, la reactivación y el viraje propuesto por la Misión de Sabios p333

1. Ciencias básicas y soberanía tecnológica en tiempos de COVID-19 p340

2. Desarrollo humano y educación en tiempos de pandemia p345

3. El papel de la educación en la transformación y evolución a una nueva sociedad p352

4. La ciencia, el largo plazo y las crisis p355

5. Bioeconomía en la post-pandemia p359

6. La ciencia, la tecnología y la innovación como constructoras de un futuro diferente p365

7. La transición hacia la nueva Colombia después de la crisis COVID-19 p368

8. La pandemia y el cambio climático: amenazas existenciales globales con causas y efectos comunes y sobre el retorno a la “normalidad” p372

9. La Misión de Sabios y las lecciones de la pandemia p382

P386 cuatro

Agradecimientos

Agradecimientos generales p389

Agradecimientos del foco de Bioeconomía, Biotecnología y Medio Ambiente (BBMA) p390

Agradecimientos del foco de Ciencias Básicas y del Espacio (CBE) p390

Agradecimientos del foco de Ciencias Sociales y Desarrollo Humano con Equidad (CSDHE) p391

Agradecimientos del foco Ciencias de la Vida y de la Salud (cvs) p392

Agradecimientos del foco Energías Sostenibles (ES) p393

Agradecimientos del foco Industrias Creativas y Culturales (ICC) p394


Agradecimientos del foco de Océanos y recursos hidrobiológicos (ORH) p395

Agradecimientos del foco Tecnologías Convergentes e Industrias 4.0 (TCEI 4.0) p395

UIN 20

**Presentación
de la serie
y del volumen 2**





La colección *Misión Internacional de Sabios 2019* reúne las reflexiones que durante diez meses hizo un grupo de científicos y expertos convocados por el presidente de la República de Colombia, con el propósito de guiar las políticas del Estado en ciencia, tecnología, innovación y educación, las estrategias de las organizaciones sociales y de los sectores productivos, y la acción colectiva de la sociedad durante las próximas décadas. Pensar y avanzar hacia ese país posible es una tarea de todas y todos. Las reflexiones contenidas en estos volúmenes proponen una ruta hacia una sociedad basada en el conocimiento, equitativa y sostenible.

El primer volumen, *Colombia hacia una sociedad del conocimiento*, contiene las propuestas centrales del grupo de 47 científicos y expertos comisionados al gobierno y a la sociedad colombiana y los consensos logrados en las deliberaciones. Este segundo volumen, *Colombia hacia las fronteras del conocimiento*, presenta una síntesis de las recomendaciones específicas de los ocho focos de la Misión: Ciencias Básicas y del Espacio; Ciencias Sociales y Desarrollo Humano con Equidad; Ciencias de la Vida y de la Salud; Biotecnología, Bioeconomía y Medio Ambiente; Océanos y Recursos Hidrobiológicos; Industrias Creativas y Culturales, Energía Sostenible y Tecnologías Convergentes e Industria 4.0. A manera de epílogo, nueve reflexiones —realizadas por miembros de la Misión en 2019 y muy pertinentes para enfrentar la múltiple crisis generada por la pandemia—, en donde se evidencia que la ciencia y el conocimiento se han convertido en las principales herramientas de la humanidad para combatir la enfermedad y sus secuelas económicas y sociales.

Los siguientes volúmenes, editados por las universidades que acompañaron el proceso, reúnen las reflexiones personales y colectivas de los miembros de los focos de la Misión; valiosas contribuciones complementarias de otros investigadores y expertos del país despliegan las propuestas centrales y complementarias resumidas en este segundo volumen, y apuntan a guiar la implementación de las propuestas de la Misión.



Un gran paso para la ciencia colombiana, enorme logro para la Nación

Marta Lucía Ramírez de Rincón

Vicepresidente de la República de Colombia

Colombia debe buscar de manera incesante su mejor versión. Las diversas ramas y campos de la ciencia son aliados imprescindibles, en los que encontramos inspiración para desarrollar el potencial nacional y para buscar el equilibrio entre el bienestar, el cuidado ambiental y el crecimiento económico.

El 8 de febrero de 2019 el presidente Iván Duque Márquez convocó a 47 expertos —nacionales e internacionales—, para conformar la *Misión Internacional de Sabios*, con el objetivo de elaborar una hoja de ruta en materia de educación, ciencia, tecnología e innovación que le permitiera a Colombia dar un salto para convertirse en un país del conocimiento y cerrar las brechas existentes.

En desarrollo del Decreto 1714/18 tuve el privilegio de coordinar la organización, los ejes de trabajo y el desarrollo de la *Misión Internacional de Sabios*, con la convicción de encontrarnos como nación en un momento emblemático por coincidir con la celebración del Bicentenario de la Independencia Nacional. Luego de un juicioso trabajo en equipo, con miembros de todas las instancias del Gobierno, las universidades y entidades del sector público y privado, el país recibió, el 5 de diciembre de 2019, las recomendaciones de la Misión para el avance de la ciencia, la tecnología y la innovación.



Hoy contamos con el sustento para proyectar el propósito de consolidar una sociedad y una economía basadas en el conocimiento, donde los avances científicos y la investigación permitan al país innovar e implementar tecnologías que impacten al aparato productivo y la competitividad, e instaurar una atmósfera de bienestar social para todos los ciudadanos.

Esto implica considerar que las economías crecen por múltiples factores, entre los que se encuentran: (1) un mayor desarrollo tecnológico —máquinas e instrumentos altamente sofisticados— y más capital físico con capacidad de sustituir el trabajo físico para dar paso al trabajo intelectual; (2) trabajadores cada vez más calificados —es decir, con mayor nivel de formación—, que les permite crear y agregar mayor valor a su actividad laboral; (3) compromiso con el desarrollo humano y el crecimiento sostenible, y (4) madurez de los ecosistemas de emprendimiento e innovación que posibiliten un mayor crecimiento y desarrollo económico.

Como sociedad debemos trabajar para aumentar la acumulación de capital físico, la formación del capital humano y el desarrollo de tecnologías, con firmes consideraciones éticas e integridad que fundamenten el desarrollo de ecosistemas competitivos orientados hacia el desarrollo sostenible. El crecimiento económico debe traducirse rápidamente en bienestar social, y es por ello que, de la mano de los grupos de Ciencias básicas y del espacio y Ciencias de vida y de la salud, consideramos indispensable el foco de Ciencias Sociales, Desarrollo Humano y Equidad en la Misión, para mantener vigente la importancia de profundizar en la ciencia de frontera, la ciencia inter y transdisciplinar, la ética en la ciencia y el análisis de las dinámicas sociales y humanas.

La Misión representa un ejercicio de nación sin precedentes. Durante 300 días la academia, el sector productivo, la sociedad civil y el Estado acudieron a más de 100 encuentros —en foros, conversatorios, y reuniones—, que al estilo de las antiguas ágoras permitieron establecer una línea-base con la que, a partir de datos cuantitativos y cualitativos, se identificaron retos y oportunidades para Colombia y sus regiones desde ocho focos principales:

1. Tecnologías Convergentes e Industrias 4.0
2. Energías Sostenibles
3. Biotecnología, Medio Ambiente y Bioeconomía



4. Ciencias Sociales y Desarrollo Humano
5. Océanos y Recursos Hidrobiológicos
6. Ciencias de la Vida y de la Salud
7. Industrias Culturales y Creativas
8. Ciencias Básicas y del Espacio

Desde la Misión, la sociedad civil, la academia, los empresarios y el Gobierno entendimos rápidamente que vivimos una etapa de aceleración vertiginosa de las tecnologías que transforman al mundo, incluso las denominadas tecnologías sociales, sustentadas en nuevos modelos de inteligencia colectiva con base en cooperación, coordinación y colaboración efectiva.

La implementación a cabalidad de las recomendaciones de la Misión llevará al surgimiento de nuevas formas de expresión y participación de los ciudadanos, considerando que incluso las democracias están sometidas a nuevas y fascinantes dinámicas de innovación social. Las industrias creativas y culturales, de la mano de la ciencia, la tecnología y la innovación, van a contribuir al desarrollo de capacidades para avanzar como sociedad, donde impere el bienestar y en la cual cada uno encuentre tierra fértil para cultivar sus sueños.

Ubicarnos en el contexto global-local implica considerar que Colombia cuenta con diversos sectores productivos con potencial. Según fuentes como la Unesco, la Organización Mundial de Propiedad Intelectual, Ernst & Young y la Cepal, la economía de industrias creativas aportan entre el 2 % hasta el 5 % del PIB mundial; en Colombia, según el DANE, este es del 1,82 %. Este es un sector que junto a las nuevas tecnologías puede crecer a buen ritmo, por lo que el potencial que tenemos en el país de articular la cuarta revolución industrial con nuestra cultura, nuestros estilos de vida e identidad, es de igual magnitud gracias a la diversidad de nuestros territorios.

La Educación, como eje transversal que definió la Misión, tiene el potencial transformador necesario para propulsarnos hacia una Colombia competitiva, a la altura de los retos de la revolución industrial 4.0 y de las otras revoluciones por venir, que surgirán, por ejemplo, a partir de la comprensión de los fenómenos y las partículas cuánticas.



Actualmente es posible adelantar cursos cortos, técnicos, programas universitarios, e inclusive programas de maestría, mediante plataformas educativas con elevada participación virtual —cada vez más populares entre la población joven ya que les permite estudiar a su propio ritmo—, que gracias a la retroalimentación de datos sobre el desempeño, permite adecuar la educación de acuerdo con las necesidades de los estudiantes.

El sueño de una Colombia competitiva y a la vanguardia lo lograremos mediante el aumento sustancial de las inversiones públicas en educación, ciencia, tecnología e innovación: en el 2019, por ejemplo, escalamos a la posición 57 en el *ranking* de competitividad de la WEF y llegamos a ser la cuarta economía en Latinoamérica, pero necesitamos llegar a ser la primera. De ser así, el sector privado entrará con fuerza a impulsar mayores inversiones para la innovación y el desarrollo.

Como bien lo plantean los expertos, la oportunidad de transformar al país desde ejes transversales requiere partir de nuestras propias potencialidades:

1. Fortalecimiento de la arquitectura institucional del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SNCTeI).
2. Financiación en ciencia, tecnología e innovación (CTeI).
3. Perfeccionar el papel de la educación.
4. Implementar tres retos fundamentales: Colombia biodiversa, Colombia productiva y sostenible y Colombia equitativa, y la correcta articulación de una red de centros e institutos de investigación e innovación.

Colombia ya cuenta con el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, el cual debe avanzar con mayor agilidad en una política pública que fomente la investigación y la aplique en el desarrollo del ser humano, la economía y la sociedad, articulada con el resto de las autoridades nacionales y regionales, la industria y la sociedad civil, entre las que se resaltan los Sistemas de Innovación Regional. Esta cartera debe liderar la estructuración de proyectos con iniciativas atractivas a nivel internacional, reafirmando los vínculos entre universidad, empresa, Estado y sociedad civil para desarrollar las posibilidades de cada territorio mediante redes de cooperación de carácter interdisciplinar e intersectorial.



La financiación debe combinar fuentes de origen público y privado, priorizando investigación de excelencia, colaboración entre industria, investigadores y creadores, y transferencia de tecnologías por misiones; y desde los centros de investigación, incentivar departamentos de I+D en las empresas y los emprendimientos innovadores o *startups*.

Evidentemente el desafío que nos ha impuesto la pandemia de la COVID-19 indica la altísima eficiencia que debemos lograr en el uso de los recursos públicos, la necesidad de mayor investigación y dotación en salud, pero al mismo tiempo ampliar los recursos de inversión en ciencia y tecnología. En 2028 se debe alcanzar mínimo un 1,20 % del porcentaje del PIB en inversión total en I+D (inversión pública debe ser 0,80 % y la privada sería 0,40 %). Después, se podría llegar a 1,80 % de inversión total en I+D como porcentaje del PIB (inversión pública: 0,85 % y privada 0,95 %).

En esta senda, se espera que en 2022 la inversión pública en I+D llegue a 0,37 % y la privada a 0,26 % del PIB, lo cual en su totalidad sería una inversión superior al promedio de los últimos 10 años, que ronda el 0,25 %. Se espera que, tal como ha ocurrido en la experiencia internacional, el umbral de 0,8 % de inversión pública active las inversiones privadas.

Según datos del Banco Mundial, países emergentes como China, Hungría y Polonia han invertido en los últimos 10 años, entre el 1 % y 2 % de su PIB en investigación y desarrollo, es decir, hasta cuatro y ocho veces de lo que hemos invertido en Colombia. Desde el año 2000 Corea del Sur ha ido aumentando el gasto en I+D que en el 2017 alcanzó el 4,6 % del PIB y, claramente, hoy en día Corea del Sur es referente en tecnología, educación y bienestar en Asia y el mundo.

En cuanto a la educación, urge avanzar con más ambición en la universalización del acceso a la educación universitaria a través de la digitalización. Es primordial aumentar la calidad, con mejor nutrición, favoreciendo la salud, el afecto y demás componentes de una educación integral para todas las niñas y niños en el rango de edades de 0 a 5 años, como pilares de una Colombia mejor para las futuras generaciones.

La misión plantea realizar un esfuerzo adicional en la formación de maestros y la creación de un Instituto Superior de Investigación en Educación y Alta Formación



de Maestros (IESI). Así mismo, tenemos la ilusión de soportar el aprendizaje y actualización permanente de los maestros a partir de un gran ecosistema de aprendizaje; se propone transformar la educación media del país.

Sin perjuicio de la educación superior por medios digitales, las universidades, motor de civilidad y desarrollo de las sociedades, deberán seguir fortaleciendo su rol de guardianes de la investigación básica, las ciencias sociales y humanas, la democracia y la libertad, conectándose de forma estrecha con unos centros de investigación fortalecidos y unos institutos robustos en resultados.

Los retos y los centros que propone la misión, nos permiten focalizar esfuerzos en aquellas prioridades que minimizarán la curva de aprendizaje natural en todos los procesos de transformación de las sociedades.

La *Misión Internacional de Sabios* le ha entregado al país una hoja de ruta vigorosa que está disponible en esta obra editorial. Sin duda alguna, la implementación de esta visión generará valor ahondando en el poderoso activo que tenemos en nuestra diversidad, y transformará la estructura productiva hacia la sostenibilidad con equidad logrando incentivar a los colombianos a que protejan su patrimonio cultural y natural, para que podamos construir un camino hacia un tercer centenario con equidad y oportunidades para todos. Gracias a los 47 expertos y expertas por inspirar a la generación del Bicentenario a tener sueños lúcidos, en clave de Ciencia.



Soñar con los pies en la tierra: de la Misión de Sabios al Minciencias

Cristina Garmendia

Secretaria Técnica de la Misión Internacional de Sabios 2019 y exministra de Ciencia e Innovación del Gobierno de España

Guardo un recuerdo muy vivo del lanzamiento público de la Misión de Sabios. Fue en Bogotá, el 8 de febrero de 2019, hace ya casi un año. Recuerdo la expectativa, el entusiasmo y, porque no decirlo, el escepticismo de algunos en torno a la posibilidad de cumplir nuestro objetivo: entregar al país, en menos de un año, un documento de consenso sobre el papel del conocimiento y la innovación para el futuro de la nación.

Apenas unas semanas antes la vicepresidenta me había invitado a hacer parte de la Misión, ejerciendo un papel de asesora internacional. Se trataba de apoyar a Colciencias en la coordinación de los trabajos y, sobre todo, de aportar una visión neutral y externa a los debates de los comisionados. Acepté con ilusión y responsabilidad, honrada por el ofrecimiento, y decidida a poner todo lo que estuviera en mi mano para que la Misión cumpliera con lo que el país esperaba en términos de visión, calidad y plazos.

Recuerdo también que aquel 8 de febrero, en mis palabras, usé una cita que me gusta especialmente al hablar de ciencia. Es del novelista húngaro-británico Arthur Koestler: “El mejor signo de genialidad no es la perfección sino la originalidad:



la capacidad de abrir nuevas fronteras”. Lo conecté con el concepto de aventura que inspira la palabra *misión*, con la épica y la emoción que debemos recuperar al hablar de educación, investigación e innovación. Y más cuando se hace con la altura de miras y con el fuerte compromiso ético que ha animado a esta Misión de Sabios, que no es otro que transformar profundamente a Colombia desde el conocimiento.

En mi larga vida profesional, pública y privada, he participado en múltiples proyectos, pero pocos —quizá ninguno— tan ambicioso como este. La aventura, la verdadera misión, pasaba porque un grupo de académicos tan distinguidos, pero también tan diversos —45 personalidades agrupados en ocho focos—, hablara un idioma común y lograra trabajar ajustando sus reflexiones a una metodología estricta y a unos tiempos ajustados. Todo ello ha sido posible, únicamente, por dos virtudes que todos y todas ellas han derrochado: generosidad y entrega. Quizá ellos no puedan decirlo, pero yo sí debo hacerlo.

Es obligado hacer una mención especial al profesor Clemente Forero, que ha jugado un papel clave como coordinador de coordinadores, reconocer el apoyo constante de Colciencias, ya transformado en Minciencias, y agradecer el trabajo de la firma SILO en el apoyo técnico. Pero, quiero insistir, el éxito se explica solo gracias a la infinidad de horas que los comisionados han entregado de forma generosa a este proyecto de país, posponiendo otros compromisos y postergando sus proyectos científicos.

Ese sacrificio de la visión individual frente a la colectiva, y de los intereses corporativos frente a las necesidades del país, se refleja también en la estructura y contenido del documento final. A la apuesta por organizar una parte de las recomendaciones en torno a tres de los grandes retos para el país —Colombia biodiversa, Colombia productiva y sostenible, y Colombia equitativa— y a cinco misiones emblemáticas que proponen objetivos para esa transformación del país basada en el conocimiento.

Todo ello hace bueno el propósito declarado en la proclama que acompaña el documento: “Lo que ha hecho este grupo de investigadores [...] fue simplemente señalar una ruta para llegar a ese país de los sueños compartidos”. Ese fue el espíritu que todos compartimos en la ceremonia final del pasado 5 de diciembre y que transmitimos al señor presidente de la República.



Recordamos también que estas recomendaciones, todo este trabajo, es solo un punto de partida. Durante esos once meses, en los que soñamos con los pies en la tierra, se han apuntado las transformaciones de largo plazo. Ahora está todo por hacer y toca comenzar con los primeros pasos. Por eso es tan oportuno que haya coincidido con el lanzamiento del nuevo ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación (Minciencias). Porque al ministerio le toca impulsar una buena parte de los compromisos contenidos en las recomendaciones, pero sobre todo, porque debe ser capaz de coordinar las aportaciones de los otros ministerios, de animar la imprescindible colaboración público-privada, y de monitorizar eficientemente los avances de las cinco misiones, rindiendo cuentas de forma transparente al conjunto de la sociedad.

Todo ello será responsabilidad del nuevo equipo directivo del ministerio que quedó configurado a final de año. Un equipo al que, como secretaria general saliente de la Misión de Sabios y amiga de Colombia, quiero desear los mayores éxitos.



La educación en una Colombia que avanza hacia una sociedad del conocimiento

María Victoria Angulo González
Ministra de Educación Nacional

El Ministerio de Educación Nacional acompañó de manera decidida el trabajo desarrollado por la *Misión Internacional de Sabios en 2019* desde aquel 8 de febrero —cuando se instaló oficialmente—, hasta el 5 de diciembre, día en el que celebramos la entrega del informe final al señor Presidente y la firma del decreto que establece la estructura orgánica del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación. Este informe, concebido como el primer volumen de una serie de documentos que recogen el trabajo de 46 investigadores colombianos y extranjeros agrupados en ocho focos temáticos, es un documento que inspira y orienta a la acción al definir y priorizar un conjunto de intervenciones en el marco de un reto y una Misión emblemática que resalta el papel de la educación de calidad para el crecimiento, la equidad y el desarrollo humano.

En las reflexiones y propuestas de la Misión se reconoce la importancia del conocimiento para el futuro del país —de las ciencias básicas y de la investigación científica para el desarrollo tecnológico—, y de promover un diálogo con otros conocimientos y saberes —como el arte y la cultura—, para que este crecimiento sea sostenible y equitativo. Al preguntarse por el significado de una educación



pertinente para el futuro, la Misión identifica varios retos, entre otros, un sistema educativo que vincule los desafíos de sostenibilidad ambiental y social, que aborde con urgencia el cierre de brechas y enfrente las disparidades regionales, que otorgue un papel activo a los estudiantes en los procesos de aprendizaje y proponga nuevas pedagogías que les permita a los individuos el tránsito por diferentes segmentos de sus vidas.

Este último reto, relacionado con el objetivo de política de tránsitos armónicos entre grados y niveles para la configuración de trayectorias completas, es el eje orientador de los diferentes programas y proyectos que coordina la cartera educativa. La necesidad de generar más oportunidades de educación preescolar; temas asociados con deserción, pérdida y repitencia como un foco muy importante; una educación media que requiere tener mayores coberturas y diferenciación, y un mayor acceso a la educación superior en las zonas rurales, se convierten en desafíos para la garantía integral del derecho a la educación.

Nuestra obsesión es asegurar que estas trayectorias, entendidas como los recorridos que se realizan para consolidar, fortalecer o transformar aprendizajes a lo largo de la vida, les permita a las personas desarrollar plenamente sus potencialidades y tener calidad de vida en lo personal, lo social y lo productivo.

En este sentido, la apuesta central es una educación orientada a la atención integral, con una perspectiva de sostenibilidad y universalidad y con prioridad en la educación inicial. Como lo propone la Misión, el país avanza de manera decidida en este sentido en la primera infancia. En un trabajo conjunto con el ICBF, cerca de un millón y medio de niños y niñas reciben educación inicial integral, lo que representa el 75 % de la meta de dos millones a 2022.

En el marco de esta estrategia, trabajamos de manera permanente en el fortalecimiento de las capacidades de los equipos de las secretarías de educación encargados de la educación inicial y preescolar, de los ambientes y experiencias pedagógicas que les dan sentido a estos niveles, y de las capacidades de los maestros y maestras para generar experiencias pedagógicas planificadas, intencionadas y pertinentes.

La Misión recomienda también avanzar en la universalización y diversificación de la educación media. Estamos convencidos de la importancia de este planteamiento, de una educación media que atraiga y permita la continuidad de estudios del nivel superior. Para ello, este nivel de formación debe avanzar hacia la incorporación de



temáticas, aprendizajes y competencias que motiven a los estudiantes, acercándolos a las realidades sociales, económicas y productivas de sus territorios y haciendo significativa y enriquecedora la experiencia escolar frente a la construcción de sus proyectos de vida.

Avanzamos en la diversificación curricular de la educación media mediante la construcción de orientaciones en programación, talento digital, industrias culturales y creativas, artes e innovación rural, y para la media técnica rural, la implementación de cuatro ecosistemas de innovación en la subregión de Montes de María, Norte de Santander, Valle del Cauca y Barranquilla, y el reenfoque y aseguramiento de la calidad de los programas de articulación con el SENA. Con esta última estrategia, 142 mil estudiantes obtuvieron en 2019, adicional al título de bachiller, una certificación que los habilita para continuar en programas tecnológicos de la educación superior o ingresar al mundo laboral. En este caso, nos fijamos una meta de 650 mil estudiantes al final de cuatrienio.

Otra recomendación de la Misión apunta a la puesta en funcionamiento de un conjunto de redes regionales y subregionales de centros de innovación en educación. Hemos priorizado cuatro Centros de Innovación Educativa Regional que abarcan las diferentes regiones del país y que son coordinados por la Universidad del Valle y la Secretaría de Educación de Cali (zona sur), la Universidad de Cartagena y la Secretaría de Educación de Cartagena (zona norte), la Secretaría de Educación de Envigado (zona occidente), y la Universidad de los Llanos (zona oriente). Así mismo se han identificado los actores que participan en los ecosistemas regionales de innovación educativa y se han definido estrategias diferenciales para el fortalecimiento de los centros. En formación —uno de los ejes previstos—, trabajamos con el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación para mejorar las capacidades de investigación de docentes de educación preescolar, básica y media en la producción de recursos educativos digitales.

Los directivos, maestros y maestras hacen parte central de las recomendaciones que recibimos por parte de la Misión. En ese sentido se propone la estructuración de un sistema que asegure su formación, la investigación y el desarrollo del conocimiento, y la dignificación de su labor. En el Ministerio reconocemos a los docentes y directivos docentes como líderes y agentes de cambio para el avance de la calidad. Por ello, centramos los esfuerzos en fortalecer sus prácticas pedagógicas y didácticas



igualmente a través de una estrategia de formación en todos los momentos de su carrera, promoviendo su desarrollo personal y profesional y favoreciendo condiciones de bienestar, y así garantizar la incorporación de la excelencia como criterio para la provisión de vacantes.

A través del Programa Todos a Aprender, y en alianza con universidades, avanzamos en el fortalecimiento de los ejes misionales y los proyectos educativos de las 129 Escuelas Normales Superiores. Al final de cuatrienio llegaremos a 126 mil docentes con programas de formación continua y situada; 10 mil docentes en programas de profundización o investigación de posgrado en educación superior, y 16 mil participando en la línea de maestros investigadores.

El ejercicio de cruzar las recomendaciones de la Misión con los programas y proyectos del Ministerio de Educación nos permite corroborar que las apuestas educativas del Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022 “Pacto por Colombia Pacto por la Equidad”, son relevantes y están en el marco de las recomendaciones, teniendo en cuenta los antecedentes del país y las dinámicas y tendencias educativas.

Hay otras recomendaciones relacionadas con el desarrollo de competencias socioemocionales y ciudadanas, el desarrollo de capacidades creativas y artísticas, y la conexión entre investigación científica y educación, en las que tenemos avances significativos y en las que seguiremos avanzando, teniendo como referente lo expuesto en los documentos de la Misión.

En este segundo volumen, por ejemplo, las recomendaciones del foco de Industrias Creativas y Culturales nos llaman a fortalecer la formación artística en todos los niveles educativos y avanzar en la implementación del Marco Nacional de Cualificaciones; y las del foco de Ciencias Básicas y del Espacio, a mejorar la calidad de la educación en ciencias y a profundizar la interlocución de la universidad con el sector productivo. En educación superior, el foco de Biotecnología, Bioeconomía y Medio Ambiente señala la importancia de implementar posgrados en programas de educación sobre conocimiento, conservación y aprovechamiento sostenible de recursos naturales, y de fomentar programas de maestría y doctorado en comunicación de la ciencia.

Como varios estudios lo indican, la coyuntura actual de la COVID-19 tiene el potencial de exacerbar las inequidades educativas. La Unesco (2020) estima que el 89 % de la población estudiantil mundial se encuentra afectada por el cierre de



escuelas. En atención a esta realidad, y considerando las dificultades inherentes al desarrollo masivo de un esquema virtual o a distancia, diferentes entidades han hecho un llamado a transitar –con oportunidad y responsabilidad– de la educación en casa a la presencialidad con gradualidad y alternancia, haciendo así un llamado a planificar este proceso de la reapertura de las escuelas con innovación, rigor, protocolos de bioseguridad y, sobre todo, con una conversación con todos los actores de la escuela.

Nos encontramos desarrollando este proceso para lo cual hacemos uso de toda la información científica disponible: escuchamos a los expertos, aprendemos de las experiencias de otros países y de las recomendaciones que nos hacen diariamente los secretarios de educación, los rectores de las instituciones de educación superior y diferentes miembros de la comunidad educativa.

Este es un ejemplo de la importancia de la ciencia y el conocimiento, y de su divulgación calificada para tener capacidad de discernimiento, buscar soluciones a problemas complejos y tomar decisiones fundamentadas. Como lo señala la Misión, en el contexto de la apropiación social del conocimiento crear una cultura científica implica, entre otras cosas, transformaciones curriculares en todos los niveles y una mejor comunicación de la ciencia.

Estas transformaciones ya se encuentran en marcha. Somos testigos de los cambios sociales que están generando las políticas y estrategias que promueve este gobierno a nivel individual y en los territorios, y de su contribución para una Colombia que avanza hacia una sociedad del conocimiento.

Referencias

Unesco. (2020). *Planificación educativa sensible a las crisis*. Nota temática N° 2.4. Notas temáticas del Sector de Educación, UNESCO, Sector de Educación. Recuperado de <https://www.iesalc.unesco.org/2020/04/01/planificacion-educativa-sensible-a-las-crisis/>



Una reflexión como miembro de la *Misión Internacional de Sabios*

Mabel Gisela Torres Torres
Ministra de Ciencia, Tecnología e Innovación

Ha pasado un poco más de un año desde que el presidente Iván Duque conformara la *Misión Internacional de Sabios* con el propósito de construir una estrategia que le permita al país avanzar hacia una sociedad del conocimiento con una conexión entre ciencia, tecnología e innovación, bienestar, buen vivir y desarrollo económico. Esta Misión, integrada por 46 investigadores nacionales e internacionales de diversas áreas del conocimiento, concluyó con una hoja de ruta basada en recomendaciones, estrategias y misiones.

Tuve el honor de participar como mujer y como hija de una región en este grupo de científicos con la gran tarea de realizar aportes para la construcción de una política de Estado que permitiera enrumbar al país en torno a sus potencialidades. Una tarea nada fácil pero sí muy retadora, que nos permitió aportar a la construcción de un legado que ahora hace parte de las propuestas del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, del cual tengo el gran honor y responsabilidad de ser su primera ministra.

En un principio hubo interrogantes sobre cuál sería nuestro papel, pues no estaba clara la forma de construir una ruta para conectar las múltiples visiones considerando las oportunidades y particularidades específicas de los territorios.



De otro lado, nunca dejó de inquietarme cómo un grupo tan numeroso de personas interactuaría y trabajaría en este propósito, pero, sobre todo cómo lograr incorporar la visión de territorio cuando los investigadores de región somos menos del 5 %. Había una expectativa grande sobre lo que seríamos capaces de hacer y sobre lo que pasaría con respecto a la primera misión de 1993. Sin embargo, todo empezó a fluir y la tarea se convirtió en una oportunidad y a la vez en una responsabilidad por intentar poner las voces y los sentimientos de aquellos a quienes no escuchamos diariamente.

Con la pluralidad con la que debemos abordar el tema, desde nuestro foco de Bioeconomía, Biotecnología y Medio Ambiente logramos llevar la Misión a las regiones para escuchar a esa otra Colombia. La primera experiencia fue en el mes de abril, en Quibdó, donde se logró conversar con líderes comunitarios, líderes cívicos, emprendedores, academia, gobiernos locales, instituciones y organizaciones no gubernamentales, entre otros. Una lección nos deja Rosmira Salas, lideresa chocoana que con la apertura y claridad que la caracteriza dijo: “a mí no me van a sistematizar, lo que ustedes aprendieron en nueve años no pretendan que lo haga en solo 45 minutos”; esto, refiriéndose a los cortos tiempos que siempre tenemos cuando las cosas importantes son tratadas. Otra de las lecciones aprendidas en relación con la apertura que debe generar la ciencia frente a la construcción de una sociedad del conocimiento horizontal en la que todos podamos aportar, fue esta frase de un abuelo: “Yo soy bruto de letra, pero no de conocimiento”, una de las grandes lecciones que han marcado mi vida. Con estos aprendizajes replanteamos la metodología, construimos sobre lo construido, deconstruimos para seguir ahondando en la misión de escuchar los territorios, pero, sobre todo, de los modos, tiempos y lugares para hacerlo.

No lo puedo negar: los eventos regionales fueron una especie de catarsis en la cual las personas, con mucha razón, manifestaban estar cansadas de tanto diagnóstico; no obstante, permitieron conducir y encontrar el camino para realizar nuevos planteamientos y considerar los aportes como nuevas luces, convirtiendo los diagnósticos en mapas para construir estrategias —y así valorar lo que ya se había hecho—, y tomándolos como referentes en la elaboración de los planes o como insumo en la construcción de una política de Estado, porque como bien lo manifiestan las personas “hay muchas cosas hechas” que debemos tomar como



punto de referencia para seguir construyendo. Así recorrimos el país, escuchando; realizamos encuentros presenciales y virtuales durante varias semanas, intentando mantener el contacto, decodificando las mejores formas de aportar con el sentimiento y que lo propuesto fuera escuchado para su implementación.

Hemos buscado en las publicaciones, en las páginas de internet, en los estudios realizados por organizaciones e instituciones, pero necesitamos encontrar esa literatura que no está expresada en letras sino en el corazón y en el sentir de la gente —esos procesos de construcción y de literatura gris, como se llama lo que no se encuentra en la nube ni en las bases de datos digitales; esa que solo encontramos en el diálogo y la interacción continua. Necesitamos escuchar a Colombia y que Colombia nos escuche, necesitamos construir una visión con equidad para acortar las brechas y romper paradigmas, necesitamos, desde la Misión, resolver lo importante, lo estructural, no lo urgente.

Al final me pregunto si vale la pena ser sabia y medito en esta reflexión de Jadad: ‘¿Cuándo es una persona sabia? Cuando sabe qué es vivir bien y hace todo lo posible para lograrlo, dadas las circunstancias, contribuyendo a que otras personas puedan hacer lo mismo’. En eso espero que se convierta la Misión de Sabios: una hoja de ruta para construir felicidad con las acciones que se generan desde la ciencia, la tecnología y la innovación, en un país que cuenta con una diversidad de activos —entre ellos la biodiversidad—, con el propósito de asumir el reto de una Colombia equitativa, biodiversa y productiva.

Así, los planteamientos originados desde esta discusión y armonización de científicos de diferentes disciplinas y provenientes de diferentes lugares son el producto de la praxis de toda una vida que ha permitido consolidar una propuesta para alcanzar esa soberanía científica y tecnológica, y una sociedad que convierte el conocimiento en bienes y servicios desde los activos. Desde el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación asumimos el compromiso y la responsabilidad de su implementación, en articulación con otros ministerios y actores, como una propuesta de Estado que nos lleve a la democratización y a la regionalización del conocimiento.



100

**Síntesis de las
recomendaciones
de los focos de
la Misión**

1. Foco de Biotecnología, Bioeconomía y Medio Ambiente (BBMA)

Silvia Restrepo, Federica Di Palma, Michel Eddi, Guy Henry, Elizabeth Hodson, Esteban Manrique, Germán Poveda, Martin Ramírez, Cristián Samper, Mabel Torres y Ludger Wessjohann

Retos de país y misiones emblemáticas propuestas a la *Misión Internacional de Sabios 2019* con la participación del foco BBMA

Reto Colombia biodiversa: un modelo de economía basada en la diversidad natural y cultural.

Misión emblemática: Colombia Diversa, Bioeconomía y Economía Creativa enfocada en el conocimiento básico de la biodiversidad y de los recursos naturales y culturales, propiciando el mejoramiento de los sistemas productivos del país dentro del marco de la bioeconomía y la economía creativa.

Misión emblemática: Agua y cambio climático: garantizar el acceso al agua potable al 100 % de los colombianos y garantizar la sostenibilidad hidrobiológica mediante un programa de gestión integral del agua; y reducir a la mitad la vulnerabilidad de la sociedad y los ecosistemas ante el cambio climático mediante la actualización de los planes y programas de adaptación y mitigación para minimizar los riesgos y maximizar la resiliencia socioambiental.

Reto Colombia productiva y sostenible: Misión emblemática: Colombia hacia un nuevo modelo sostenible y competitivo: combina las amplias oportunidades del aprovechamiento productivo sostenible de la biodiversidad terrestre, hidrobiológica marino-costera, insular y continental, con los requerimientos de mejorar el bienestar y la productividad regional, adoptando la innovación tecnológica y el uso de las tecnologías convergentes en una forma ajustada a los sistemas productivos locales y servicios asociados.

Reto Colombia equitativa: Misión emblemática: conocimiento e innovación para la equidad, en la cual, entre otros temas, se plantea el acceso equitativo al agua y a los alimentos.

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

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.

El pilar fundamental para el desarrollo de la bioeconomía es el conocimiento científico. Con él podremos dar un nuevo enfoque territorial, conocer y conservar la biodiversidad, hacer uso sostenible de los recursos naturales y, con todo ello, implementar los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS) para la gestión ambiental y progreso de la sociedad colombiana.

La biodiversidad es el conjunto de los genes, seres vivos y ecosistemas cuyo conocimiento es la base para el desarrollo de la bioeconomía.

La biotecnología es la herramienta fundamental, basada en el conocimiento, para descubrir, conocer y desarrollar una extraordinaria gama de procesos, bioproductos e innovaciones sostenibles, así como para potenciar la productividad y la eficiencia de la agricultura y la



bioenergía, para garantizar la seguridad nutricional de los colombianos y resolver problemas ambientales, de salud e industriales.

El cambio climático, la destrucción y degradación de los ecosistemas y la contaminación 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 CTEI para entender sus causas y sus consecuencias, y proponer las soluciones.

La inversión en CTEI es el factor limitante en la obtención de conocimiento. En particular, debe incrementarse en los temas de BBMA, con énfasis en el apoyo a los institutos de investigación del Sistema Nacional Ambiental (SINA), los grupos de investigación en las universidades, los centros de investigación públicos y privados, nacionales y regionales.

La búsqueda de soluciones a los problemas ambientales de Colombia requiere el establecimiento de programas de investigación específicos orientados en temas tan relevantes como la biodiversidad, el agua y los ecosistemas (marinos y terrestres), con el fin de describir nuevas especies, evitar la contaminación de suelos y aguas, conocer las relaciones entre las especies y el medio que habitan, y reducir la deforestación.

1.1 Contexto

Para el foco de Biotecnología, Bioeconomía y Medio Ambiente la adopción del concepto de bioeconomía debe ser una de las políticas públicas clave para el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), y lograr un desarrollo integral, sostenible e inclusivo de las distintas regiones del país y el bienestar de sus comunidades. Este enfoque, que incluye el uso sostenible de los recursos naturales de Colombia, demanda el conocimiento pleno de la biodiversidad para su conservación y la restauración de los ecosistemas degradados, y requiere de la implementación de sistemas productivos sostenibles de base

biotecnológica mediante procesos en cascada que maximicen las potencialidades de la biodiversidad y de la bioeconomía.

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 proporcionaría el mecanismo requerido para aprovechar todos los recursos naturales disponibles mediante la incorporación del conocimiento y la innovación en el mundo productivo. Por lo tanto, este enfoque engloba el medio ambiente y las soluciones basadas en la naturaleza, y la 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, por su parte, 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, los procesos y los principios biológicos en todos los sectores de la economía. 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, valorización 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 del sistema de CTEI, el Gobierno, la academia, la industria y la sociedad civil.

Paralelamente, el enfoque bioeconómico mejorará la calidad del medio ambiente y fomentará el empleo y 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.

1.2 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 su conocimiento y propiciar su restauración, conservación y uso sostenible. Por tanto, la piedra angular del grupo BBMA es mantener la salud de los ecosistemas, la biodiversidad y los servicios ecosistémicos de soporte a la vida, al tiempo que se garantiza su uso sostenible. La investigación científica que se necesita para desarrollar el cambio productivo dentro de la bioeconomía requiere de la interdisciplinariedad, del trabajo conjunto entre las ciencias naturales y las ciencias sociales y las humanidades, así como con un amplio rango de ingenierías y otras herramientas de investigación (Big Data, inteligencia artificial, Machine Learning, Deep Learning, internet de las cosas, informática, robótica, nanotecnología, tecnología de secuenciación del genoma, biología sintética, entre otras). Este enfoque interdisciplinario implica una agenda de investigación científica que incluye: (1) seguimiento, recopilación, almacenamiento y control de calidad de datos, además de inventarios 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 de la academia con la empresa privada y las agencias del estado en el tema para incorporar los conocimientos a los sistemas productivos sostenibles.



1.3 Regionalización

Por su misma definición, el desarrollo de la bioeconomía exige el conocimiento del medio físico y de la biodiversidad que este soporta, a diferentes escalas (nacional, regional y local). 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 nacional, departamentales y municipales. Así mismo, 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 CTEI en las distintas regiones del país.

1.4 Internacionalización

La ciencia, la tecnología y la 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 y la sofisticación de las herramientas de laboratorio y de seguimiento ambiental requeridas para su solución. Es por tanto 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 el valor añadido de 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.

Referencias

- Global Bioeconomy Summit (GBS). (2018). *Communiqué. Global Bioeconomy Summit 2018. Innovation in the Global Bioeconomy for Sustainable and Inclusive Transformation and Wellbeing*. Berlín: Global Bioeconomy Summit. 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*. Paris: OECD.



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. Ginebra: World Economic Forum. Recuperado de http://www3.weforum.org/docs/WEF_Harnessing_4IR_Life_on_Land.pdf.

1.5 Síntesis de talleres con la participación ciudadana-Misión de Sabios

Wilmar Camilo Fonseca González, Laura Vanesa Rodríguez Arcila, Catalina María Bernal Murcia, Laura Bibiana Zuluaga Pineda, Lina María Rubiano Arias, Edgar Francisco Otálora Bohórquez y Martín Ramírez.

Durante el desarrollo de la *Misión Internacional de Sabios 2019*, el foco de Biotecnología, Bioeconomía y Medio Ambiente convocó seis talleres regionales con el objetivo de identificar barreras, oportunidades y recomendaciones a través de la participación de los agentes sociales de cada región. Instituciones académicas públicas y privadas, gremios, empresas, asociaciones campesinas, diversas comunidades y el gobierno se reunieron para discutir dichos temas para poder, desde allí, generar propuestas para la construcción de una política de ciencia, tecnología e innovación. A continuación, se describen los resultados de estos talleres.

TALLER	Número de participantes y entidades	Información objeto y/o metodología	Principales mensajes respecto a biotecnología, bioeconomía y medio ambiente
Chocó -22 de abril de 2019-	25 participantes Codechocó, UTCH, Bioinnovo, Sena, Cocomacia, Agro Valoyes, Goloreina Ancestry, Comité Cívico, Las mismas, Escuela de robótica.	Barreras y oportunidades de la Región Pacífica, organizados mediante una matriz DOFA.	<ul style="list-style-type: none"> • Oportunidad: basar la economía en el aprovechamiento de la biodiversidad y recursos humanos que posee la región. • Debilidad: problemas asociados a la calidad de vida de los habitantes de la región. • Amenazas: la explotación de recursos con malas prácticas que perjudican el medio ambiente y la facilidad de obtener permisos del Gobierno nacional para fines extractivos y sin consultas previas. • Fortaleza: calidad humana, la conciencia colectiva de la población de la región sobre los recursos naturales, y la necesidad de protegerlos.

TALLER	Número de participantes y entidades	Información objeto y/o metodología	Principales mensajes respecto a biotecnología, bioeconomía y medio ambiente
Villavicencio -13 de mayo de 2019-	37 participantes Comité de Ganaderos, Agrosavia, Asocriollanos, Asorinoquíá sena, redime Universidades: Llanos, Santo Tomás, Cooperativa de Colombia, Minuto de Dios.	Barreras, oportunidades y recomendaciones de cada tema del foco.	<ul style="list-style-type: none"> • Barreras: limitaciones para la investigación agrícola, baja capacitación del personal, reglamentación poco clara y con vacíos, y dificultad para la adopción de biotecnología. Economía extractiva no sostenible. • Oportunidades: posible implementación de procesos de producción agroecológicos (sostenibles). • Recomendaciones: identificar actividades que sean rentables y sostenibles que permitan el cuidado de la biodiversidad y del medio ambiente, para aprovecharlas a través de la biotecnología. Educar para promover una conciencia colectiva enfocada a la protección y el cuidado del medio ambiente.
Pereira -24 de mayo de 2019-	44 participantes Cámara de Comercio Risaralda, Colciencias, Gobernación de Risaralda, Liceo Pino Verde, Sociedad de Mejora de Pereira, Universidades: Libre, Quindío, Área Andina, Tecnológica de Pereira, Andes, Tecnológica del Choco, Tolima, Católica, Caldas.	Definición de siete temas específicos para el desarrollo del país en términos de bioeconomía, biotecnología y medio ambiente.	<ul style="list-style-type: none"> • Fuentes de financiación: revisar el uso de parafiscales para el desarrollo de la ciencia. • Regulación de proyectos: seguir los planteamientos del nuevo PND para impulsar el emprendimiento bajo un marco de sostenibilidad y coherencia dentro de la normativa internacional. • Instituciones involucradas: mesas y redes de trabajo para generar proyectos integrales. • Capacidades en términos de recursos humanos y educación: potenciar el desarrollo humano impulsando la educación política enfocada en vocación y ciencia. • Infraestructura: hacer un diagnóstico de los equipos disponibles en las instituciones y universidades para generar alianzas estratégicas. • Cultura de la ciencia: aprovechamiento de las tecnologías de información y la comunicación (TIC) para fortalecer la cátedra en ciencias e involucrarlas en planes de estudio de primera infancia • Factores de contexto: importancia de reconocer las necesidades y realidades locales para potenciar propuestas en biocomercio e investigación.



TALLER	Número de participantes y entidades	Información objeto y/o metodología	Principales mensajes respecto a biotecnología, bioeconomía y medio ambiente
Bogotá -5 de junio de 2019-	82 participantes ANDI, DNP, Parques Nacionales Naturales, SINCHI, Agrosavia, Fedecacao, Colciencias, Instituto Humboldt, Wildlife Conservation Society, Gobernación de Boyacá, Cámara de Comercio de Bogotá Universidades: Andes, Central, Rosario, Nacional, Jorge Tadeo Lozano, Javeriana, Icesi.	Oportunidades y recomendaciones para las áreas de medio ambiente, biotecnología y bioeconomía en el país.	<ul style="list-style-type: none"> • Medio ambiente: necesidad de promover cambios culturales para pasar de una ética antropocéntrica a una ética eco y biocéntrica. • Biotecnología: revisar la regulación de patentes y de permisos de acceso a recursos genéticos, además de la promoción de la educación en biotecnología para desmitificar temas controvertidos. • Bioeconomía: fortalecer la interfase entre ciencia y política, así como sobre el potencial que tiene un país megadiverso como Colombia en bioeconomía.
Tibaitatá -27 de junio de 2019-	33 participantes Agrosavia	Recomendaciones para las áreas de medio ambiente, biotecnología y bioeconomía en el país.	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar prioridades y necesidades de los territorios para realizar un buen uso de los recursos y aumentar el porcentaje de PIB destinado a ello, con el fin de disminuir la desigualdad en términos de recursos y derechos básicos. • Apoyar la meritocracia y la exigencia por el cumplimiento de requisitos básicos para todo aquel que desea adquirir la responsabilidad de un cargo público, para combatir la corrupción. • Fortalecer la participación de los científicos en escenarios públicos y políticos para apoyar decisiones informadas. • Generar lazos entre la industria y centros de investigación para potenciar la producción de manera sostenible.
Leticia -16 de agosto de 2019-	27 participantes SINCHI, SAMP, Comunidad Panche, Colciencias, Parques Nacionales Naturales, universidades: Nacional, UNAD.	Recomendaciones para las áreas de medio ambiente, biotecnología y bioeconomía en el país.	<ul style="list-style-type: none"> • Necesidad de integrar cadenas y redes de valor de productos de bioeconomía. • Fortalecer la idea de que los productos pueden ser comercializados y no solo sirven para autoconsumo. • Se requiere cambiar el imaginario nacional sobre la Amazonia y potenciar las oportunidades de bioemprendimientos. • Necesidad de empezar a trabajar en el establecimiento de clusters de bioeconomía. • Fortalecer el sentido de nación en las personas de la región.



1.6 Documentos temáticos de integrantes del foco de BBMA

1.6.1 La importancia de las colecciones de historia natural en jardines botánicos y museos de ciencias naturales

Esteban Manrique

Director del Real Jardín Botánico - CSIC (Madrid, España)

Cristián Samper

CEO y Presidente de Wildlife Conservation Society (New York, USA).

El estudio y coleccionismo de objetos de historia natural es muy antiguo, guiado por el interés en las cosas raras o novedosas de todo tipo y origen. Podríamos decir que este coleccionismo estuvo guiado, hasta el siglo XVIII, por la curiosidad de conocer aquello que no era habitual en el entorno inmediato. Pero es a partir del siglo XVIII, el siglo de la ilustración, que el pensamiento científico se hace mucho más patente, y con él la necesidad de conocer y describir todos estos objetos naturales de los que, en muchos casos, se conocía su utilidad para el ser humano.

Actualmente las colecciones científicas de historia natural se guardan en los museos de ciencias naturales, los jardines botánicos, las universidades y otras instituciones con intereses en la investigación, descripción y conservación de la biodiversidad. Las colecciones científicas son un referente claro de la biodiversidad, tanto presente como pasada; son repositorios sistematizados —bien identificados, clasificados y ordenados— de objetos de historia natural —plantas, animales, hongos y microorganismos— o partes de ellos. Las colecciones más antiguas se remontan hasta tres siglos atrás. Además, junto a estas colecciones de especímenes se conservan, ligadas a ellas, las bases de datos que incluyen toda la información relativa a cada espécimen —nombre científico, lugar de recolección, recolector, fecha de recolección, etc.—. Estas colecciones, y las bases de datos ligadas a ellas,



son un elemento fundamental para los estudios, dado que es lo que abre la posibilidad de hacer investigación de muy diferentes formas y niveles de aproximación. Es por esto que las colecciones científicas de historia natural son esenciales para la correcta descripción y conservación de la biodiversidad de un determinado territorio. Por un lado, el objeto en sí mismo, y sobre todo cuando se trata del ejemplar tipo —esto es, el espécimen que colectó quien lo describió por primera vez—, es esencial para comparar con recolecciones actuales y conocer si se trata de la misma especie o si hay que describir otra nueva. Pero, además, los datos relacionados con este espécimen nos van a permitir realizar estudios comparativos de distribución y de presencia a lo largo del tiempo. Se podría deducir si la especie se ha extinguido o si se trata de una especie que nunca antes había sido encontrada en ese lugar. De la misma manera, podría ayudar a definir un grado de amenaza para la misma. Los especímenes son por tanto un referente perpetuo para los científicos actuales y futuros, fuente muy valiosa de material genético y una herramienta muy potente de divulgación científica. De ahí su importancia para definir y perfeccionar estrategias para su conservación.

Desde la segunda mitad del siglo xx se ha incrementado el reconocimiento del valor que representan los recursos biológicos para el desarrollo social y económico de la humanidad; pero a la vez, ha ido extendiendo la amenaza a especies y ecosistemas hasta niveles nunca antes conocidos, lo que ha movilizado a gobiernos, científicos y ciudadanos, creándose un cuerpo jurídico internacional con ánimo de paliar el peligro que representa la desaparición de especies y ecosistemas para la vida y la economía en el planeta.

El hito más relevante de las tres últimas décadas, el Convenio de Diversidad Biológica (1992), promueve medidas para promover un futuro sostenible y considera, por primera vez, la importancia de la diversidad biológica a todos los niveles: ecosistemas, especies y recursos genéticos. Poco a poco se han incorporado otros acuerdos internacionales que se centran en la conservación *ex situ* de la biodiversidad en los jardines botánicos y en los museos de historia natural, a los que se reserva un importante papel más



allá de su mera función de museos, destacando la investigación en animales, plantas y hongos, la conservación *ex situ* y la concienciación y formación que se realiza en los mismos. Los esfuerzos se complementan con estudios tendientes a caracterizar los genomas de los organismos de las colecciones. En estos centros de investigación, las colecciones representan un recurso vital de apoyo a la ciencia, la conservación, la agricultura y la educación.

A principios del siglo **XXI** se puso en marcha una iniciativa global sobre información en biodiversidad (Global Biodiversity Information Facility, GBIF) para materializar el registro de todos los seres vivos. GBIF representa actualmente la mayor red de datos abiertos en biodiversidad, en la que participan 58 países, incluido Colombia. Esta red existe porque detrás de ella están los jardines botánicos y los museos de ciencias naturales que han conservado, no solo sus colecciones, sino además toda la información (metadatos) de la que se alimenta GBIF. Gracias a GBIF los científicos y los gestores de la biodiversidad pueden acceder a datos —que de otra forma serían inaccesibles o difíciles de conseguir—, para proponer planes o actuaciones de conservación y programas de investigación de sus territorios. Con la decidida colaboración de los jardines botánicos y los museos de historia natural que mantienen las colecciones y las bases de datos, así como otras instituciones, GBIF pone actualmente a disposición de las personas interesadas, científicos y gestores del medio natural, los nombres y datos de 1339 millones de registros, correspondientes a 4,4 millones de especies (contabilizando sinonimias). De estos datos han surgido, en los últimos diez años, un total de 3500 publicaciones científicas, de las que tan solo en 2018 29 corresponden a Colombia, ocupando el puesto 12 en producción —de un total de 98 países— y el tercero de América Latina, solo por detrás de Brasil y México, lo que da una idea de la capacidad investigadora colombiana actual (Fuente: GBIF.org).



1.6.2 La importancia del conocimiento local, los saberes tradicionales en la construcción de la agenda de CTeI para Colombia

Mabel Gisela Torres Torres
Universidad Tecnológica del Chocó

En el marco de la construcción de una política CTeI es necesario reconocer que Colombia alberga una extensión considerable de territorios étnicos representados, en un gran porcentaje, por comunidades negras, palenqueras y raizales, indígenas y campesinas, que como parte de su supervivencia han preservado un conocimiento ancestral que les ha permitido reconocerse y crear identidad. Los territorios étnicos comprenden una de las áreas más ricas en biodiversidad, saberes ancestrales y tradiciones culturales que se convierten en elementos preponderantes para el desarrollo de una economía basada en la biodiversidad, que contribuye a reducir las brechas de la pobreza extrema y las deficiencias en educación.

Mucho de este conocimiento ha sido aplicado por las comunidades locales para la construcción de economías propias, conservación de los ecosistemas, dinámicas de relacionamiento social y gobernanza, con mucho que aprender aquí sobre la innovación transformativa. Adicionalmente, estos territorios étnicos están ubicados en franjas de activos bioculturales muy importantes para el país, lo cual los convierte en un verdadero tesoro en el cual fundamentar las estrategias para disminuir las brechas de inequidad.

Las zonas en cuestión están ubicadas en áreas vulnerables con mayor índice de pobreza económica del país como el Pacífico, la Amazonia y la Orinoquia. La inclusión del conocimiento ancestral que albergan estas poblaciones puede contribuir a la construcción de políticas más equitativas y de relaciones horizontales que permitirían un diálogo social más fluido e incluyente.

Tres son las líneas que se considera pueden ser activadas desde el reconocimiento de las prácticas ancestrales en el marco de una política de CTeI:

1. Empresas Bio, innovación y ancestralidad



2. Autonomía política y económica
3. Autorreconocimiento, empoderamiento y liderazgo

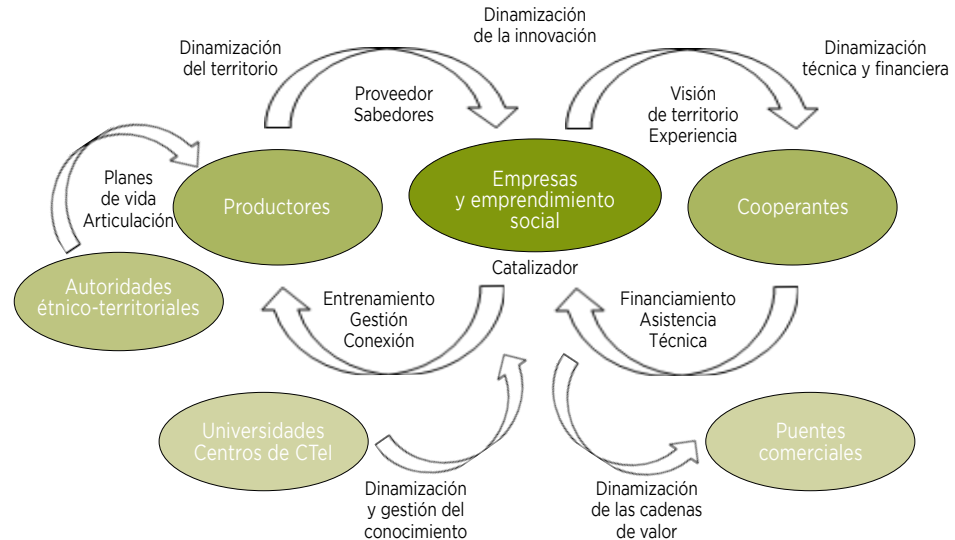
La activación de estrategias locales y de desarrollo endógeno apoyadas y complementadas con CTEI contribuirían, indudablemente, a fortalecer organizaciones de economía BIO que pueden realizar un aporte importante en busca de fortalecer la economía local para favorecer la conservación de ecosistemas, de la tradición y de la cultura, así como al desarrollo de un país más amigable, justo y equitativo. Se requiere entonces, desde este razonamiento, reconocer el conocimiento como un activo que genera bienestar, construir un modelo basado en la necesidad de conectar el conocimiento ancestral —abundante en las regiones apartadas con mucha riqueza natural— con el conocimiento técnico-científico actual. Esto favorecería una visión de negocio y de capacidades de gestión que hasta el momento no se han logrado capitalizar para la generación del desarrollo de los pueblos apartados de los centros más poblados.

La consideración del conocimiento tradicional y de los saberes locales será uno de los requisitos para la construcción de un modelo de bioeconomía para el desarrollo económico local basado en las oportunidades y en las capacidades. Diferentes actores de las cadenas productivas BIO tienen ofertas limitadas debido a su reducida capacidad de producción. Ellos se podrían fortalecer dentro de un proceso articulado que les permita ir creciendo a medida que aumentan los productos con valor agregado en el territorio, y creciendo la demanda y el posicionamiento de productos BIO. Este es un modelo en el que todos crecen juntos. De esta manera se cuida en detalle que las necesidades puntuales de cada hilo de la red sean delicadamente tejidos. En el proceso de tejer se irá mejorando la competitividad, la calidad y la capacidad de producción de los pequeños emprendimientos y/o unidades productivas aisladas —de población marginada y vulnerable— para lograr encadenamientos productivos inclusivos, así como la inserción a la cadena de valor mediante la agregación de valor a productos y servicios derivados de la biodiversidad (Figura 1.1).



Figura 1.1 Ecosistema dinamizador de conocimiento
 Fuente: Mabel Gisela Torres Torres.

Ecosistema dinamizador del conocimiento



Por tanto, el modelo deberá ofrecer la construcción de una propuesta bajo la metodología de diálogo de saberes, gestión de recursos, asesorías, asistencia técnica, conexión con otros actores del sistema –centros de innovación, academia, redes de suministro, compradores, instituciones, administradores locales–, para desarrollar productos y servicios con valor agregado que permitan la conservación de la biodiversidad, la reconstrucción del tejido social y la autonomía económica.

De esta forma se determinarán metas concretas centradas en:

1. Dinamización del territorio
2. Dinamización de la innovación
3. Dinamización de la gestión técnica y financiera
4. Dinamización del conocimiento
5. Dinamización de las cadenas de valor

Desde la CTEI se deberá construir un enfoque que permita articular y validar el conocimiento ancestral con los resultados de investigaciones para generar más valor agregado a los productos, de tal manera que se generen innovaciones perceptibles para las comunidades. Una mayor transformación y valor agregado en el territorio generará mayor dinamismo en la economía.

De otro lado, es muy importante reconocer las metodologías y conocimientos ancestrales que aportan a la sostenibilidad y la reconstrucción de los lazos y valoración del territorio, para fortalecer los lazos de resiliencia, gobernanza y empoderamiento. En el sector educativo se empieza a motivar la orientación profesional dirigida a la apropiación de estas metodologías que construyen identidad y pertinencia. El reconocimiento del conocimiento ancestral abre una nueva perspectiva hacia la construcción de una política de educación pertinente y una visión concertada de territorio.

1.6.3 Los retos de la agricultura en Colombia

Silvia Restrepo

Universidad de los Andes

Los retos del sector agro en Colombia son grandes y la investigación debe fortalecerse en varias áreas. Los principales retos se pueden centrar en torno a tres grandes temas: cadenas de valor rezagadas, problemas en la gobernanza del territorio y problemas de efectos negativos al medio ambiente. El primer reto se relaciona con escasa innovación tecnológica en las cadenas productivas, lo que conlleva a bajo valor agregado, con rezago en mecanización y en uso de tecnologías de avanzada para la toma de decisiones en el ciclo productivo y escasa masa crítica para trabajo tecnificado en el campo. El segundo reto, el de la gobernanza del territorio, se relaciona con el hecho de que Colombia solo utiliza el 24 % de la superficie apta para la agricultura, aunado a altos índices de informalidad en la tenencia de tierras y a malas condiciones socioeconómicas de la población rural. El tercer reto se relaciona con el impacto que la agricultura en general presenta sobre el medio ambiente, máxime



con una agricultura con rezagos y de baja eficiencia en el uso racional y sostenible de insumos.

La investigación-innovación debe abordar, entonces, los siguientes temas en el sector agroalimentario: (1) Innovación en productividad de los cultivos. Este reto se dificulta aún más si se considera el reto de enfrentar un escenario de cambio climático. Se hace indispensable desarrollar nuevas variedades vegetales, a la vez que se piensa en conservar las que ya se tienen, puesto que representan posibles fuentes de genes en el futuro. Por ello es necesario continuar insistiendo en la importancia de los bancos de germoplasma y de la investigación en ciencias básicas. Otro obstáculo a considerar es la reducción progresiva de la población rural y la búsqueda de alternativas para incrementar la productividad con una población agraria en descenso. Se requiere el planteamiento de alternativas atractivas para que los migrantes urbanos regresen al campo. Una posibilidad adicional es la promoción de la agricultura urbana, no solo entre los migrantes, sino entre toda la población. Estos son temas a resolver desde la academia y los centros de investigación autónomos.

Este punto nos lleva al segundo reto. (2) Se requiere dejar de pensar en agricultura *per se*, y pensar más bien en sistemas agroalimentarios holísticos, en donde la agricultura es solo un elemento más. Por añadidura hay otros elementos, por ejemplo, el consumo/nutrición, el medio ambiente y los servicios ecosistémicos, que también han de ser tenidos en cuenta. Los centros de investigación deben mantener programas de mejoramiento vegetal que apunten a variedades y que incluyan en forma integral los microbiomas, y que al mismo tiempo permitan enfrentar plagas y enfermedades, incrementar la productividad a pesar de los estreses bióticos y abióticos y del cambio climático, y desarrollar nuevos productos con mayor valor agregado, con el fin de cumplir con las expectativas de los consumidores y desarrollar cultivos más nutritivos en un contexto de sostenibilidad ambiental, social y económica.

El tercer reto apunta a la necesidad de renovación. (3) La innovación/renovación del servicio de extensión agropecuaria. Un adecuado sistema de extensión debería poder aproximar la tecnología y hacerla más accesible a los agricultores. Cada país y cada producto requieren diferentes tipos de extensión.



Se necesitan sistemas de extensión estructurados, incluso sistemas disruptivos —por ejemplo, sistemas tecnológicos avanzados que faciliten la identificación de patógenos en aplicaciones telefónicas, drones para diversas aplicaciones como distribuir semillas certificadas, o definir necesidades de aplicación de agua o insumos, o sistemas de uber-tractores, entre otras posibilidades—.

El resumen de los retos es la urgente necesidad de innovación en la investigación agrícola. El desarrollo y avance de los sistemas agroalimentarios deben estar soportados en los datos —*Data driven agrosystems*— y en la “agricultura inteligente”. La academia debe proveer esa investigación interdisciplinaria e integradora que se requiere, por ejemplo, combinando la investigación en cambio climático con investigación en sistemas de producción; la edición de genomas con el estudio de fitobiomas —planta+microorganismos asociados— y todas las redes complejas de interacciones entre organismos y ambiente, con el fin de situar a la agricultura en el centro del debate sobre la crisis climática y proponer soluciones de manejo sostenible.

El panorama no es fácil, pero con una inversión decidida en el sistema agro bien soportada por la Ley 1876 del 29 de diciembre de 2017, por medio de la cual se crea el Sistema Nacional de Innovación Agropecuaria, la esperanza es que finalmente la agricultura ocupe el papel protagónico que le corresponde y que Colombia necesita.

1.6.4 Bioeconomía y biotecnología para el desarrollo productivo y sostenible en el marco de los ODS

Elizabeth Hodson de Jaramillo

Profesora emérita de la Pontificia Universidad Javeriana (Bogotá, Colombia)

Guy Henry

economista agrícola del cirad (Montpellier, Francia).

Bioeconomía, modelo para el desarrollo integral de Colombia

Los severos impactos negativos de la actividad humana demandan una transición inaplazable hacia sistemas productivos más sostenibles, con el fin



de garantizar un futuro con bienestar para todos. Para enfrentar el cambio climático y la vulnerabilidad de muchas regiones al mismo, la reducción de la biodiversidad, la insuficiencia alimentaria y nutricional, el agotamiento del agua y el suelo, y las desigualdades sociales, se requiere de la incorporación de desarrollos innovadores en los sectores primarios y secundarios que generen nuevas tecnologías y métodos eficientes para incrementar la productividad (y su valor) agrícola, forestal y acuícola, sin amenazar la capacidad de carga del planeta ni su biodiversidad. La bioeconomía constituye la opción más viable y sensata para la transición de los sistemas productivos insostenibles basados en energía fósil hacia la propuesta integral de un desarrollo con sostenibilidad ambiental, social y económica.

La bioeconomía se considera 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). Este modelo es una respuesta a cuatro retos globales emergentes y convergentes: (1) el incremento de la población mundial (9000 millones de personas para 2050); (2) el incremento en la demanda global de biomasa (al menos un 60 % por encima de los niveles actuales), lo que agrava la escasez de recursos naturales; (3) la evidencia creciente de que la era del petróleo y de la energía de bajo costo está por acabar y (4) la crisis climática. Todas estas tendencias evidencian que continuar con el mismo modelo no es una opción y que es indispensable adaptar los patrones económicos y sociales si se desea cumplir con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de las Naciones Unidas. Por esta razón, la bioeconomía ha sido considerada como una de las rutas prioritarias para alcanzar los ODS, por lo que forma parte de las políticas públicas de casi 50 países (Diakosavvas y Frezal, 2019), integrando objetivos de bienestar humano y del planeta, orientados y fundamentados en avances del conocimiento científico y la tecnología.

Este enfoque se fundamenta en la transición de la dependencia de combustibles fósiles a una situación donde la agricultura no solo contribuya a la seguridad alimentaria, sino también a la producción de biomasa como

materia prima renovable para la industria, la generación de energía y la obtención de diversos bioproductos con otros usos. Para la adopción de modelos de bioeconomía es indispensable una transformación radical en los sistemas de producción, de demanda, de consumo y de disposición, es decir una modificación drástica de los hábitos de vida para la transición hacia sistemas sostenibles, no dependientes de la energía fósil. La implementación exitosa de un sistema basado en la bioeconomía requiere crear ecosistemas empresariales favorables y fortalecer las cadenas de valor que apoyen las actividades de las biorrefinerías y otras industrias de base biológica, con productos que sean sostenibles y comercialmente viables. A pesar de todo, para la implantación de estos innovadores sistemas productivos existen diversos riesgos: por un lado, no hay suficiente conciencia pública; y por otro, los mercados están poco desarrollados, por lo que es necesario contar con políticas públicas sólidas con instrumentos que promuevan el desarrollo de la bioeconomía.

Las estrategias biobasadas cambian los balances establecidos respecto a patrones de acceso, uso de recursos y distribución de beneficios, entre otros aspectos, para promover el incremento de la productividad y la competitividad de los productos de la economía de un territorio dado. Se crea la necesidad de una mejor comprensión a nivel de la comunidad, con procesos claros de toma de decisiones para identificar y manejar las ventajas y desventajas emergentes entre las actividades tradicionales y las nuevas, entre las diferentes escalas de aplicación, y entre el corto y largo plazo. Adicionalmente, es indispensable impulsar la articulación de las diversas acciones institucionales bajo principios de competitividad, equidad, sostenibilidad, multisectorialidad y descentralización. Por ende, la implementación de una bioeconomía requiere una plataforma de actores clave, donde el sector productivo esté en diálogo continuo con diferentes ministerios y agencias públicas, académicos y sociedad civil.

No hay una sola forma de bioeconomía, sino muchas que se ajustan a las condiciones y a las posibilidades de cada situación o región. La bioeconomía se define de maneras muy distintas alrededor del mundo y la terminología empleada también difiere, pero, en el fondo, las políticas en bioeconomía abarcan o engloban la innovación y la sostenibilidad, así como el crecimiento



de la economía y el empleo. Se trata de un proceso de transformación social dinámico y complejo que requiere de políticas a largo plazo que articule en forma integral la CTEI con el sector privado (industria) y con el estado (políticas) a través del conocimiento y la conservación de los recursos naturales, que incluya tanto la biodiversidad como los sistemas de soporte a la vida y su aprovechamiento sostenible, con el objetivo de garantizar el bienestar de la sociedad y del entorno.

La transición exitosa hacia la bioeconomía, en un territorio determinado, va a requerir de un esfuerzo intenso en el desarrollo del recurso humano y en mejores mecanismos para la participación social incluyente. Los procesos biobasados requieren no solo una sólida base tecnológica y un reordenamiento de la base de habilidades científicas para investigación y desarrollo (I+D) sino también que productores e industriales sean capaces de manejar los nuevos procesos (innovación), por lo general mucho más intensivos en conocimiento que los enfoques convencionales.

Colombia, aunque tiene avances en la adopción de procesos bajo el concepto de bioeconomía, y que viene planteando iniciativas con este enfoque, se encuentra en un momento oportuno para avanzar en una discusión más profunda sobre el tema, con el fin de proponer un nuevo modelo de relacionamiento económico que le permita acceder a una economía próspera y sostenible basada en el conocimiento y la innovación. Un modelo de desarrollo bajo este concepto permite aprovechar la riqueza natural del país, con las particularidades de cada territorio, y facilita la inserción en la economía mundial con nuevos productos y servicios sostenibles basados en la agregación de valor a partir del conocimiento científico y tecnológico (Henry *et al.*, 2017). La bioeconomía puede ser para el país un factor disruptivo para lograr el crecimiento económico que desde hace varios gobiernos se ha establecido como meta de Estado. Investigadores y expertos en diversos escenarios y foros de tipo académico, divulgativo o de cooperación internacional, han propuesto que el gobierno priorice la bioeconomía como modelo de desarrollo, ya que sería la mejor fórmula para aprovechar la extraordinaria biodiversidad del país, conservarla y, a su vez, promover el bienestar económico y social en las regiones, bajo la base de que la bioeconomía se fundamenta en los territorios.



En el país hay un entorno institucional muy favorable para este modelo. Son varias las instituciones públicas y privadas que han abordado la tarea de conocer, valorar, conservar y aprovechar sosteniblemente la biodiversidad del país con el fin de contribuir a un desarrollo sostenible, competitivo y socialmente incluyente. Como antecedente de políticas de estímulo a la bioeconomía se cuenta con el CONPES 3697 de 2011 sobre “Política para el desarrollo comercial de la biotecnología a partir del uso sostenible de la biodiversidad”. Desde el 2018, con el lanzamiento de la “Política de Crecimiento Verde”, el Departamento Nacional de Planeación ha priorizado la bioeconomía, en coordinación con diferentes entidades de nivel nacional como Colciencias, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo. La política, adoptada a través del CONPES 3934 del 10 de julio de 2018, tiene el objetivo de “impulsar a 2030 el aumento de la productividad y la competitividad económica del país, al tiempo que se asegura el uso sostenible del capital natural y la inclusión social, de manera compatible con el clima”.

El aprovechamiento de la (agro) biodiversidad y los productos y procesos biotecnológicos puede ser una de las formas más dinámicas del desarrollo de la bioeconomía en Colombia, así como los beneficios de las bioenergías y de la economía circular. La bioeconomía puede desempeñar un papel primordial en el actual momento político del país en el que se está trazando el camino para empezar a salir de su doloroso pasado reciente, pero para que ese camino se consolide, será necesario ser exitosos en crear actividades económicas con sostenibilidad y facilitar actividades socioeconómicas que reequilibren territorialmente al país y faciliten sacar de la pobreza a un amplio sector de la sociedad colombiana. La bioeconomía, siendo territorial en su naturaleza, ofrece una gran oportunidad de nuevas alternativas para la “densificación” en las regiones donde están los recursos y, a través de ello, generar los empleos que se requieren para establecer el crecimiento incluyente que demanda la actual coyuntura. Las experiencias biobasadas y las ideas propuestas en esta nota, prueban que el camino es posible y ofrecen un punto de partida sobre los aspectos a tomar en cuenta para ponerlo en marcha. Y, como está claramente especificado en su definición, los conocimientos, la ciencia, la tecnología y



la innovación están a la base de este modelo. Como tal, la bioeconomía es un modelo muy oportuno para equiparar la ciencia y la tecnología con el desarrollo socioeconómico y sostenible a largo plazo del país.

Biotecnología, ciencia y tecnología para la bioeconomía

La biotecnología se ha convertido en una herramienta fundamental para alcanzar la adición de valor a los recursos biológicos a través de su transformación, con el fin de obtener y desarrollar bienes y servicios para el beneficio del entorno y de la humanidad. El sector agrícola produce la mayor parte de la materia prima para los procesos realizados por el sector industrial. Esta convergencia tecnológica, en la que la biotecnología es un elemento dinamizador, constituye plataformas centrales para potenciar el desarrollo de la bioeconomía (CEPAL/FAO/IICA, 2017), y probablemente es la puerta de entrada a un nuevo mundo de negocios que presenta muchos desafíos de gestión y organización.

La biotecnología ha sido definida por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OECD, 2005), en forma general, como “la aplicación de la ciencia y la tecnología a los organismos vivos, así como a partes, productos y modelos de los mismos, con el objeto de usar y modificar materiales vivos o no, con el fin de producir conocimiento, bienes y servicios”. Esta definición incluye desde las tecnologías más sencillas —como cultivos de células y tejidos— hasta las tecnologías del ADN —genómica, farmacogenética, secuenciamiento, síntesis y amplificación del ADN, e ingeniería genética entre otras—. La biotecnología en sí misma no es una ciencia, aunque tiene como base el conocimiento científico; es transversal y se fundamenta en disciplinas como biología, bioquímica, microbiología, agronomía, química, medicina, veterinaria, física, ingeniería entre otras, y tiene impactos en agricultura, industria de alimentos, farmacia, medicina, biorremediación y procesamiento de biomasa residual industria, en general. Adicionalmente ha originado nuevos campos de estudio y aplicación como bioinformática, nanobiotecnología, bioprospección, y biodiplomacia entre otras.

Su fundamento es utilizar o procesar sustancias de agentes biológicos (microorganismos, plantas o animales) con el fin de obtener —o modificar— bienes

o servicios de interés industrial o social con aplicaciones en medicina, agricultura, ambiente, energía, industria alimentaria, farmacéutica y química, entre otras. Las biotecnologías, en un enfoque integral de consideraciones —tecnológicas, sociales, ambientales, económicas e industriales—, agrupan a una gran amplitud de herramientas que se utilizan en muchos sectores de la sociedad —salud, agrícola, industrial y ambiental—, en busca de proporcionar alternativas que permitan enfrentar los retos del nuevo escenario global y responder a los ODS. La biotecnología moderna, mediante técnicas de ADN recombinante (RADN) integrada adecuadamente a otras tecnologías y sistemas productivos agrícolas y de alimentos, proporciona herramientas muy poderosas para el desarrollo sostenible de la agricultura, la pesca y las industrias alimentarias.

Las herramientas de la biotecnología moderna constituyen un importante instrumento que permite armonizar la producción industrial, eficiente y sostenible en variados campos de aplicación, con el conocimiento, conservación y uso sostenible de la diversidad biológica. Es más, la biotecnología permite la valorización de los recursos biológicos con la producción industrial y el desarrollo económico de un país. Las biotecnologías permiten la conciliación y la integración entre la conservación de la diversidad biológica a largo plazo y el desarrollo socioeconómico sostenible, y los desarrollos biotecnológicos constituyen el mayor potencial para la conformación de una nueva bioeconomía estratégica basada en el conocimiento. Los avances y usos son innumerables (Lokko *et al.*, 2018):

1. En agricultura, como herramienta fundamental para los programas de selección y mejoramiento de especies de interés, micropropagación, producción de bioinsumos (biofertilizantes y bioplaguicidas), vacunas, sistemas diagnósticos, marcadores moleculares para selección, sistemas moleculares de transformación genética y de edición de genes para resistencias o tolerancias a factores bióticos (plagas y enfermedades) y abióticos (sequía, salinidad), así como mejora nutricional de los alimentos mediante la biofortificación.
2. En salud, nuevos medicamentos, vacunas y compuestos con potencial terapéutico, metodologías moleculares para diagnóstico, prevención



temprana de enfermedades, así como la obtención de nuevas proteínas recombinantes, hormonas y enzimas de uso terapéutico mediante la transformación de microorganismos, plantas y animales.

3. En alimentos y bebidas, enzimas para procesamiento de alimentos y piensos, obtención de prebióticos y probióticos, alimentos funcionales enriquecidos con antioxidantes, vitaminas, ácidos grasos omega.
4. En la industria, innumerables procesos de producción de enzimas en células microbianas para uso en la industria de detergentes, producción de tintes para textiles, microorganismos para producción de biodiesel (microalgas y cianobacterias), productos de química fina de fermentaciones como aminoácidos, vitaminas, alcoholes, polisacáridos y antibióticos para las industrias química, farmacéutica y de alimentos.
5. Estudio, conservación y aprovechamiento sostenible de la biodiversidad mediante las técnicas *in vitro* y estudios moleculares de caracterización (micropropagación, bancos de germoplasma *in vitro*, bancos genéticos y secuenciación de genomas).
6. Gestión de residuos y valorización de la biomasa residual para obtención de bioproductos de alto valor agregado con el uso de microorganismos seleccionados. Biorremediación microbiana para eliminación o reducción de residuos y contaminantes.
7. Biominería: extracción y recuperación de metales en procesos relacionados con la biometalúrgica. Los microorganismos pueden ser utilizados como agentes floculantes o como colectores en los procesos de flotación de minerales, o para lixiviación de minerales insolubles y su recuperación.
8. Aplicaciones en ambientes marinos y acuáticos para la conservación y el aprovechamiento de recursos, fuente potencial de nuevas especies, y estudio de diversas moléculas con potencial terapéutico, alimenticio, cosmético y, en general, bioproductos de interés medicinal, industrial, biomateriales biodegradables o como fuente de energías renovables.
9. Otros como obtención de biomateriales para uso en industria, construcción, medioambientales y sanitarias. Polímeros biodegradables a partir de microorganismos (polihidroxibutirato [PHB] a partir de *Alcaligenes eutrophus*).



En síntesis, la bioeconomía es un modelo muy oportuno y conveniente para equiparar la ciencia y la tecnología con el desarrollo socioeconómico y sostenible del país a largo plazo, aprovechando su enorme capital natural; y la biotecnología es parte de las poderosas ciencias convergentes que a través de sus rápidos avances ofrecen a la bioeconomía soluciones (oportunidades) basadas en los nuevos conocimientos. Esta convergencia de ciencia y tecnología que caracteriza el conocimiento científico actual, articula áreas digitales, físicas y biológicas —nanotecnología, biotecnología y bioingeniería, informática y ciencias cognitivas—, y busca la transferencia del conocimiento para generar innovación en beneficio de la sociedad y del ambiente.

1.6.5 Cambio climático

Germán Poveda

Departamento de Geociencias y Medio Ambiente, Universidad Nacional de Colombia, Medellín

Cristián Samper

CEO y Presidente de Wildlife Conservation Society (New York, USA).

El Quinto Reporte de Evaluación del Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC) concluyó, en el 2014, que: (1) el cambio climático (CC) es inequívoco, y que desde la década de 1950 muchos de los cambios observados no han tenido precedentes en los últimos decenios a milenios; (2) el CC es causado por la actividad humana; y (3) para limitar el CC se requiere una reducción sustancial y sostenida de las emisiones de gases de efecto invernadero.

El cambio climático actual representa una amenaza existencial para la humanidad en el corto y el mediano plazo. Con los compromisos adquiridos por las naciones en el Acuerdo de París, el calentamiento de la Tierra será de 3 °C o más con respecto a los promedios preindustriales para el 2100; si se tienen en cuenta los procesos de retroalimentación del ciclo del carbono,



a largo plazo será de 5 °C. Un reporte reciente del IPCC (2018) pone de manifiesto que un aumento de 1,5 °C constituye un punto de no retorno conducente a catástrofes ambientales, sociales, ecológicas y económicas de la mayor gravedad.

Los impactos observados del CC en Colombia son indiscutibles: (1) calentamiento y acidificación de los dos océanos que ocasionan mortalidad de arrecifes de coral y manglares costeros, y afectan la pesca; (2) aumento del nivel del mar causando inundaciones y pérdida de infraestructura costeras; (3) mayor frecuencia de huracanes y de mayor categoría en el mar Caribe y tormentas de mayor intensidad y duración en el país, detonantes de crecientes en los ríos, deslizamientos, avalanchas, pérdida de vidas humanas, infraestructura, cosechas, ganado, y suspensión de servicios públicos esenciales; (4) incremento en las temperaturas del aire que causan el deshielo y la desaparición de ocho glaciares durante el siglo xx, y una mayor incidencia de enfermedades transmitidas por vectores como malaria, dengue, leishmaniosis, fiebre amarilla, zika, chikunguña, entre otras; (5) alteración en los regímenes hidrológicos causando el aumento en las lluvias sobre algunas regiones y disminución sobre otras, y la intensificación de los eventos hidrometeorológicos extremos —tormentas intensas y sequías— con consecuencias para el suministro de agua, la gestión del riesgo, la producción agrícola y ganadera, la generación de hidroelectricidad, la pesca, la navegación fluvial, la infraestructura y el transporte, las industrias y los servicios financieros, etc.; (6) alteraciones en el funcionamiento de los ecosistemas causando pérdida de biodiversidad y extinción de especies biológicas, y (7) una mayor frecuencia de ocurrencia de los fenómenos de El Niño y La Niña con todos sus impactos sociales, ambientales y económicos en el país.

De otra parte, las proyecciones para el clima de Colombia en el siglo xxi —según los modelos climáticos del IPCC— indican incrementos en las temperaturas del aire y de la superficie del mar, períodos de sequías más prolongados, y aumentos en la intensidad, frecuencia y duración de las tormentas más intensas, así como en los caudales máximos de los ríos del país. En ese contexto, Colombia ha desarrollado planes y programas de adaptación al cambio climático generales y otros para sectores específicos.

La Política Nacional de Cambio Climático (PNCC) “incorpora la gestión del CC en las decisiones públicas y privadas, para reducir los riesgos y aprovechar oportunidades del CC”; sin embargo, la mayoría de sus planes, programas y estrategias han sido diseñados con una base científica muy precaria. En Colombia aún hay un gran desconocimiento sobre la dinámica actual de los procesos climáticos, hidrológicos, oceánicos, atmosféricos, geomorfológicos y ecológicos, más aún para los posibles escenarios futuros, dado que el futuro ya no puede ser una extrapolación del pasado.

Por estas razones, desde el foco de BBMA recomendamos llevar a cabo una Misión emblemática sobre cambio climático en Colombia, que permita cuantificar los riesgos a partir de la identificación de las principales amenazas y de los factores de vulnerabilidad y exposición de la sociedad y los ecosistemas tanto en el presente como en el resto del siglo XXI, con el propósito de minimizar los riesgos y maximizar la resiliencia tanto de la biodiversidad como de los ecosistemas y de la sociedad frente al cambio climático. Los temas y las preguntas de investigación, así como los sectores y sistemas prioritarios, se discuten en detalle en la Misión emblemática sobre agua y cambio climático, como parte del reto “Colombia biodiversa: un modelo de economía sostenible basado en la diversidad natural y cultural” (sección 6.3.2 del Informe de la *Misión Internacional de Sabios 2019*). Las áreas de investigación que proponemos como prioritarias son: (1) recursos hídricos; (2) ecosistemas terrestres y cuerpos de agua dulce; (3) sistemas costeros y tierras bajas; (4) sistemas de producción de alimentos y seguridad alimentaria y nutricional; (5) asentamientos humanos, industria e infraestructura; (6) sistemas de generación de energías limpias y renovables; y (7) salud humana. Además de los estudios científicos sobre los impactos del CC será necesario adelantar mucha investigación sobre diversos aspectos de los programas y estrategias de adaptación: (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; y (5) interacciones y cobeneficios entre estrategias y programas de adaptación y mitigación.



La crisis climática es una de las mayores amenazas que enfrenta la humanidad en el siglo XXI. Su solución pasa por el establecimiento de políticas públicas sensatas, cambios éticos y cambios radicales de la sociedad en valores y actitudes frente a la naturaleza y al significado de bienestar y calidad de vida humana, y por los planes y programas de adaptación y mitigación, que deben ser comunicados con la mejor información científica disponible. Se requiere enfrentar el cambio climático no solo por sus devastadores efectos sobre la naturaleza y las sociedades, sino también como un requisito para el desarrollo sostenible (véase <https://www.nature.com/articles/s41558-019-0519-4>), y para el logro de los ODS.

1.6.6 Manifiesto científico por el medio ambiente en Colombia

Germán Poveda

Departamento de Geociencias y Medio Ambiente, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín.

Este llamado que hacemos hoy es para que todos –todos, absolutamente todos–, en el esfuerzo de actuar frente a los efectos del cambio climático; entendamos que no seremos victoriosos si no incluimos en nuestra agenda la defensa irrestricta de los bosques tropicales, de los bosques lluviosos y de los bosques primarios”. *Palabras del presidente Iván Duque en las Naciones Unidas, 23 de septiembre de 2019.*

El capital natural y la extraordinaria biodiversidad de Colombia constituyen las mayores riquezas presentes y futuras de Colombia. Este capital está constituido por los ecosistemas, sus componentes bióticos y abióticos, los ciclos de agua y energía y los ciclos biogeoquímicos –calcio, carbono, hidrógeno, mercurio, nitrógeno, oxígeno, fósforo, selenio y azufre–, los seres vivos –humanos, plantas, animales y microorganismos–, y los sistemas de soporte a la vida: agua, aire, suelos, todos los tipos de bosques y

biomas, páramos, sabanas, manglares, glaciares, desiertos, y demás biomas y zonas de vida.

Considerados solo como “recursos naturales”, son más que esto: son la materia prima para desarrollar la bioeconomía mediante su transformación y valorización por medio de tecnologías que permitan descubrir, diseñar y producir bienes de alto valor agregado: forestales no maderables, alimentos, fármacos, aceites, cosméticos, nuevos materiales, moléculas y compuestos, resinas, colorantes, odorizantes, saborizantes, desarrollos tecnológicos y productos derivados de la biomimética y de la bioingeniería, etc. Los pilares fundamentales de la gestión ambiental y del desarrollo de la bioeconomía son el conocimiento científico, la conservación de la biodiversidad y la sostenibilidad de los ecosistemas.

Se requiere financiarlos de manera adecuada. Las políticas de desarrollo científico y tecnológico en Colombia deben tener como prioridad comprender a fondo el funcionamiento de los ecosistemas y del territorio, las características de la población actual y anticipar las de la futura en todas las regiones, y la coevolución de los ecosistemas y los sistemas sociales. Dichas políticas deben garantizar la conservación de los ecosistemas y la calidad de vida de las poblaciones actuales y futuras. Lamentablemente, los ecosistemas colombianos están siendo destruidos, degradados y contaminados. Los índices de calidad del agua de los principales ríos del país están entre *malos* y *muy malos*, incluyendo residuos peligrosos (Ideam, Invemar, IAP e IAVH, 2016, 2017). Los índices de calidad del aire como el PM 2,5 en ciudades como las del Valle de Aburrá, Valle del Cauca, Bogotá, Bucaramanga y Santa Marta muestran valores muy preocupantes. El informe *Colombia Viva* (WWF, 2017) demuestra la enorme pérdida y degradación de la biodiversidad en Colombia durante los últimos 80 años, y en Colombia están tres de los cinco sitios más críticos para la biodiversidad del planeta: los Andes tropicales, el Caribe y el bosque tropical del corredor Darién-Chocó (Myers *et al.*, 2000).

De otra parte, el cambio climático está afectando todos los ecosistemas colombianos (González Pinto, 2017) , y la sola pérdida de biodiversidad es tan grave como el cambio climático para los ecosistemas (Hooper *et al.*, 2012),



lo cual acrecienta las amenazas combinadas de ambos efectos. Es imperativo detener la destrucción y la degradación de los ecosistemas colombianos, así como propiciar su restauración y preservar los que están en buen estado para garantizar el desarrollo sostenible, con el fin de impulsar la bioeconomía, y por razones de equidad intergeneracional. Para iniciar, es indispensable detener de inmediato la deforestación de Colombia. No podemos seguir subsidiando y auspiciando irracionalmente nuestra autodestrucción. Es necesario que suscribamos un acuerdo de paz con la naturaleza.

Colombia perdió 4,07 millones de hectáreas de bosque entre 2001 y 2018, equivalentes a 1,60 Gt de emisiones de CO₂ (Hansen *et al.*, 2019). La deforestación es la principal amenaza al desarrollo sostenible y económico de Colombia, porque: (1) retrasará y en muchos casos impedirá el logro de los ODS y de los compromisos del Acuerdo de París; (2) destruye los ecosistemas naturales y la biodiversidad, es decir la materia prima sustento de la bioeconomía; (3) causa la pérdida de la diversidad funcional de los ecosistemas (Rocha Santos *et al.*, 2019); (4) acelera el cambio climático al suspender el almacenamiento de carbono y al disminuir el enfriamiento evaporativo; (5) destruye la regulación hidrológica en las cuencas hidrográficas intensificando los eventos hidrometeorológicos extremos –crecidas de ríos y sequías– (Salazar *et al.*, 2018); (6) reduce la infiltración del agua en el suelo; (7) reduce la evapotranspiración del bosque que nutre la lluvia reciclada; (8) destruye el mecanismo de “bombeo biótico de humedad atmosférica” que ejercen los bosques para atraer la circulación atmosférica y generar lluvias sobre las regiones continentales (Makarieya y Horshkoy, 2007); (9) disminuye el transporte de agua por los ríos aéreos como ocurre en América del Sur (Poveda *et al.*, 2014; Weng *et al.*, 2018; Molina *et al.*, 2019); (10) destruye los mecanismos bioquímicos de comunicación entre los árboles, mediados por la relación simbiótica con hongos en sus raíces (Wohleben, 2016); (11) reduce la infiltración de agua y aumenta la erosión, haciendo que las crecientes de los ríos y los deslizamientos sean más catastróficos. En particular, la deforestación de la Amazonia: (12) está cerca del punto de no retorno de convertir los bosques húmedos tropicales en sabanas debido a la reducción de la lluvia (Lovejoy y Nobre, 2018),



y (13) reduce el transporte de humedad desde la baja Amazonia hasta la cordillera de los Andes, poniendo en riesgo el suministro de agua para ecosistemas como glaciares tropicales, páramos y bosques, así como para ciudades como Bogotá, Quito, Lima, La Paz y cientos de poblaciones andinas (Poveda *et al.*, 2019). Los procesos de destrucción, degradación y contaminación de los ecosistemas y la destrucción de la biodiversidad amenazan el desarrollo económico y sostenible y la calidad de vida del país, y de ahí la urgencia de su restauración y conservación —más allá de su valor como herramientas para la mitigación del cambio climático (Romjin *et al.*, 2019)—, apoyadas en el concepto de retorno a condiciones silvestres (*rewilding*) (Perino *et al.*, 2019).

Es indispensable apoyar la investigación científica y el desarrollo tecnológico para comprender las causas y consecuencias y proponer soluciones a estos problemas. Esto implica: (1) incrementar la inversión en ciencia y tecnología, con énfasis en el apoyo a grupos de investigación en las universidades y centros de investigación en las regiones; (2) fortalecer la financiación y gestión de los institutos de investigación del SINA; (3) promover la creación de alianzas público-privadas para temas agropecuarios, forestales y de pesca; y (4) impulsar la cooperación científica y técnica internacional y la participación de investigadores y empresas colombianas en proyectos internacionales. Como recomendación de este foco de la *Misión Internacional de Sabios 2019*, planteamos la necesidad de llevar a cabo una Misión de Expertos sobre Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia, enfocada en recomendar las políticas públicas.

Adicionalmente, recomendamos llevar a cabo una Misión Emblemática y diez programas de investigación prioritarias para crear puentes entre los componentes bióticos —ecológico, botánico, zoológico—, abióticos —hidrológico, climático, biogeoquímico terrestre, acuático, atmosférico y oceánico— y sociales, a escalas local, regional y continental. Cuando sea del caso, deberán involucrar componentes de monitoreo, diagnóstico, entendimiento, modelación y pronóstico, en un amplio rango de escalas espaciotemporales. El agua debe ser estudiada en su doble condición de recurso vital: cantidad y calidad, así como en su condición de amenaza a los sistemas sociales



en condiciones extremas de exceso —tormentas intensas, deslizamientos, avalanchas e inundaciones—, y déficits —sequías—, sus efectos en distintos sectores y sus usos. Por ello, desde el foco de BBMA recomendamos llevar a cabo una Misión emblemática sobre Agua en Colombia, como parte del reto “Colombia biodiversa: un modelo de economía sostenible basado en la diversidad natural y cultural”, detallada en la sección 6.3.2 del Informe de la *Misión Internacional de Sabios 2019*. Los objetivos, temas y programas de investigación que conforman dicha Misión emblemática incluyen, entre otros, establecer un Programa de Investigación para la Gestión Integral del Agua que combine la oferta natural y su variabilidad espacio-temporal, con las demandas para distintos usos, y su impacto en la cantidad y la calidad.

Las otras diez iniciativas de investigación que recomendamos llevar a cabo se refieren a los siguientes temas:

1. Creación de un sistema nacional de indicadores ambientales y ecológicos para Colombia que contenga la información existente y que genere nueva información en forma consistente sobre los ecosistemas.
2. Programa de investigación sobre el funcionamiento de los ecosistemas colombianos (bosques, glaciares, páramos, sabanas, manglares, lóticos, lénticos, desiertos, y otros).
3. Impactos actuales y futuros de la variabilidad climática, el cambio climático y la deforestación sobre los ecosistemas y la seguridad hídrica.
4. Programa de investigación sobre tiempo atmosférico y clima, considerando interacciones agua-suelo-vegetación-atmósfera.
5. Programa de investigación en geomorfología, suelos, erosión y deslizamientos.
6. Programa de gestión integral del aire (calidad en los centros urbanos, incendios y aerosoles).
7. Conexión entre ecosistemas terrestres, costeros y oceánicos.
8. Coevolución entre sistemas naturales y sistemas sociales y sociohidrología.
9. Cuantificación integral de servicios ecosistémicos y ambientales que incluya, además de los aspectos económicos, los aspectos ecológicos y

socioculturales, y su aplicación en distintos contextos, para informar los procesos de toma de decisiones.

10. Economía ambiental aplicada a la gestión de los ecosistemas colombianos.

Referencias

- González-Pinto, A. L. (Ed.). (2017). *Biodiversidad y cambio climático en Colombia: Avances, perspectivas y reflexiones*. Bogotá D.C.: Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis.
- Hansen, M. C., et al. (2019). *Global Forest Watch. Tree Cover Loss in Colombia*. Recuperado el 8 de agosto de 2019 de www.globalforestwatch.org.
- Hooper, D. U., Adair, E. C., Cardinale, B. J., Byrnes, J. E. K. ... y O'Connor, M. I. (2012). A global synthesis reveals biodiversity loss as a major driver of ecosystem change. *Nature*, 486, 105-108. doi: 10.1038/nature11118
- Ideam, Invenmar, IAP e IAVH 2016, (2017): *Informe del Estado del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables 2016*. Bogotá, D.C.: Ideam.
- Lovejoy, T. E. y Nobre, C. (2018). Amazon tipping point. *Science Advances*, 4 (2), 2340.
- Makarieva, A. M. y V. G. Gorshkov (2007). Biotic pump of atmospheric moisture as driver of the hydrological cycle on land. *Hydrology and Earth System Sciences*, 11, 1013-1033.
- Molina, R. D., Salazar, J. F., Martínez, J. A., Villegas, J. C. y Arias, P. A. (2019). Forest-Induced Exponential Growth of Precipitation Along Climatological wind Streamlines over the Amazon. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 124, 2589-2599. doi: 10.1029/2018JD029534.
- Myers, N., Mittermeier, R. A., Mittermeier, C. G., da Fonseca, G. A. B. y Kent J. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403, 853-858. doi: 10.1038/35002501
- Perino, A., et al., (2019). Rewilding Complex Ecosystems. *Science*, 364 (6438). doi: 10.1126/science.aav5570
- Poveda, G., Pereira, H. M., Navarro L. M., Fernández, N. y Bullo, J. M. (2014). Seasonal precipitation patterns along pathways of South American low-level jets and aerial rivers, *Water Resources Research*, 50, 98-118. doi: 10.1002/2013WR014087.



- Poveda, G., *et al.* (2019) Brazilian president attacks deforestation data”, *Science*, 365, 6452, 419. doi: 10.1126/science.365.6452.419
- Rocha Santos, L., Mayfield, M. M. Lopes A. V., Pessoa, M. S., Talora, D. C., Faria, D. y Cazetta, E. (2019). The loss of functional diversity: A detrimental influence of landscape scale deforestation on tree reproductive traits, *Journal of Ecology*, 108: 212-223. doi: 10.1111/1365-2745.13232
- Romijn, E., Coppus, R., De Sy, V. Herold, M., Roman-Cuesta, R. M. y Verchot, L. (2019). Land Restoration in Latin America and the Caribbean: An Overview of Recent, Ongoing and Planned Restoration Initiatives and Their Potential for Climate Change Mitigation. *Forests*, 10, 510.
- Salazar, J. F., Villegas, J. C., Rondón, A. M., Rodríguez, E., Hoyos, I., Mercado-Bettín, D. y Poveda, G. (2018). Scaling properties reveal regulation of river flows in the Amazon through a “forest reservoir”. *Hydrology and Earth System Sciences*, 22, 1735-1748. doi: 10.5194/hess-22-1735-2018, 2018.
- Weng, W., Luedeke, M. K. B., Zelm, D. C., Lakes, T., y Kropp, J. P. (2018). Aerial and surface rivers: Downwind impacts on water availability from land use changes in Amazonia. *Hydrology and Earth System Sciences*, 22(1), 911-927.
- Wohlleben, P. (2016). *The Secret Life of Trees: The Astonishing Science of What Trees Feel and How They Communicate*, Londres: Greystone Books.
- WWF-Colombia (2017): *Colombia Viva: Un país megadiverso de cara al futuro. Informe 2017*. Cali: WWF-Colombia.

1.7. Propuestas y acciones del foco de Biotecnología, Bioeconomía y Medio Ambiente

Adoptar los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la ONU como marco para la Misión, y establecer una agenda en biotecnología, bioeconomía 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: (1) 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 (2) definir prioridades regionalizadas, a partir del conocimiento de los hábitats clave de las diferentes regiones del país, 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 en los temas trascendentales para Colombia, y más 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.

1.7.1 Financiación

Incentivos para la inversión del sector privado en biotecnología, bioeconomía 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.

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 básico que se obtenga sobre el tema.

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 de los focos de Océanos y Recursos Hidrobiológicos y de Ciencias Básicas.

1.7.2 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).

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

1.7.3 Regionalización

Trascendencia de la propuesta: fortalecimiento de la capacidad regional 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 las capacidades y necesidades de las mismas para ser integradas en las prioridades nacionales de CTEI.

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 trascendentales 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.

1.7.4 Institucionalidad y gobernanza

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 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.

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

1.7.5 Internacionalización

La investigación en temas ambientales y en biotecnologías requiere la utilización de sofisticados y muy costosos equipos de laboratorio y de monitoreo —satélites, aviones con equipos científicos, radares, drones, torres de medición de flujos y gases traza, etc.—. Colombia debe comenzar a financiar el desarrollo de laboratorios pertinentes, pero también debe aprovechar la existencia de centros de investigación, recursos humanos, laboratorios de punta y capacidades de monitoreo en otros países. Para ello, el país debe establecer convenios de cooperación internacional con beneficio de doble vía, en términos de capacitación de personal, inserción en redes internacionales, transferencia de tecnología y reducción de costos en investigación.

1.7.6 Misiones emblemáticas

1. Los miembros del foco BBMA participaron activamente en la formulación de cuatro misiones para enfrentar tres retos:

- **Reto Colombia biodiversa:** un modelo de economía sostenible basada en la diversidad natural y cultural.
 - **Misión 1:** Colombia diversa, bioeconomía y economía creativa, enfocada en el conocimiento básico de la biodiversidad y de los recursos naturales y culturales proponiendo el mejoramiento de los sistemas productivos del país dentro del marco de la bioeconomía y la economía creativa.
 - **Misión 2:** Agua y cambio climático: garantizar el acceso al agua limpia a la sociedad y a los ecosistemas colombianos. Conservación de la biodiversidad y de los sistemas de soporte de la vida, minimización de los riesgos y maximización de la resiliencia socioambiental.
- **Reto: Colombia productiva y sostenible:**
 - **Misión:** Colombia hacia un nuevo modelo sostenible y competitivo combina las amplias oportunidades del aprovechamiento productivo sostenible de la biodiversidad terrestre, hidrobiológica marino-costera, insular y continental, con los requerimientos de mejorar el bienestar y la productividad regional combinando la innovación tecnológica y el uso de las tecnologías convergentes en una forma ajustada a los sistemas productivos locales y servicios asociados.
- **Reto: Colombia equitativa**
 - **Misión:** Conocimiento e innovación para la equidad en la cual, entre otros temas, se plantea el acceso equitativo al agua y a los alimentos.



1.7.7 Actores institucionales: El foco de bbma propone la participación de una o varias de las posibles instituciones participantes y sus metas así:

1. 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, y estimular así la conciencia pública y la “sociedad del conocimiento” .
- Involucrar el conocimiento ancestral indígena y de comunidades tradicionales sobre temas medioambientales en los programas de investigación, y promover el dialogo de saberes.
- Crear una red de oficinas de transferencia tecnológica eficiente y oportuna, ligada a a los centros de investigación y las universidades.
- Establecer laboratorios robustos y sistemas de instrumentación y de monitoreo de ecosistemas (regiones, gradientes, biomas).

2. 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.
- Involucrar el conocimiento ancestral indígena y 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 recursos naturales que inicien desde la primaria, la secundaria y la educación superior. Actualizar e incorporar las tecnologías de información, imágenaría satelital, cursos universitarios *on-line* (MIT, Harvard, etc.) para fortalecer los contenidos curriculares en ciencias ambientales.

3. Universidades

- Implementar programas de posgrado en ciencias ambientales y, en general, programas de educación sobre conocimiento, conservación y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales 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—.



4. Empresas del sector privado

- Participar en la elaboración de agendas de investigación para las misiones emblemáticas propuestas.
- Identificar y apoyar proyectos de CTeI para el desarrollo de las misiones propuestas.
- Establecer programas de pasantías en las universidades, para estudiantes de pregrado y postgrado.
- Apoyar la divulgación de la importancia de la biodiversidad y el medio ambiente para Colombia

En el siguiente vínculo se encuentra la lista de instrumentos de política pública que habría que revisar para implementar las propuestas acá consignadas. Este trabajo de revisión fue realizado por los estudiantes de la Universidad de los Andes: Edgar Francisco Otálora, Laura Zuluaga, Natalia Cárdenas, Vytis Karanauskas, Michelle Snoijenbos, Lina Rubiano, Laura Serje, Rafael Lozano, Catalina Bernal, Angie Ayola, Silvia Rojas, Laura Bedoya y María José Andrade.

<https://www.dropbox.com/s/zok89azf0mr44ne/190715%20Base%20de%20Datos%20PP.xlsx?dl=0>

1. Este documento pretende en pocas páginas dar una idea de las reflexiones del foco de Ciencias Básicas y del Espacio de la *Misión Internacional de Sabios 2019*. Contiene ideas y fragmentos de escritos que se encuentran en forma más amplia y completa en otros documentos del Foco, publicados como anexos al documento central de la Misión.

2. Foco de Ciencias Básicas y del Espacio: las ciencias básicas y del espacio para la sociedad colombiana

2.1 Antecedentes y contexto¹

2.1.1 Las Ciencias Básicas y del Espacio y el ser humano

A pesar de que es indudable la importancia de las ciencias básicas y del espacio para el desarrollo económico de las naciones (y se argumenta ampliamente en los documentos del foco), nos parece de central importancia empezar este documento insistiendo en el papel fundamental que ellas cumplen en el desarrollo humano.

La ciencia básica surgió de la necesidad que ha tenido nuestra especie, desde su surgimiento en la Tierra, de generar hipótesis que expliquen el mundo en el que vivimos. Los humanos somos la única especie que disfruta un intenso placer cuando entiende cómo funciona el mundo. Esas hipótesis, que son cada vez más explicativas a medida que progresan, nos han dado también la capacidad para hacer predicciones sobre el comportamiento de la naturaleza, y nos han permitido intervenirla para resolver problemas vitales.

Desde nuestros más remotos orígenes hemos perseguido el sueño de entender el universo en el cual nuestro planeta está situado. Hemos tratado de descubrir cuándo y cómo apareció la Tierra, cuándo surgió la vida en ella y cómo ha evolucionado. Siempre nos fascinaron las estrellas: el deseo de

explicar su existencia y sus movimientos ha promovido, a lo largo de la civilización, nuestro desarrollo intelectual y con él la tecnología que hoy nos maravilla. Las ciencias básicas y del espacio generan conocimiento, y el conocimiento es poder.

Todos hacemos uso del conocimiento y tenemos la obligación moral de participar en los esfuerzos que lo hacen crecer. Hoy más que nunca el mundo es global y está interconectado en todas sus partes. No es posible disfrutar de sus ventajas sin asumir las obligaciones morales que eso conlleva, y una muy importante es contribuir en el permanente proceso de construcción. No es posible tampoco ignorar los impactos que el crecimiento de nuestra especie ha tenido sobre el mundo y sobre las demás especies, y por tanto es un imperativo moral participar en la disminución y remediación de esos impactos contribuyendo a un desarrollo sostenible.

2.1.2 Ciencias Básicas y del Espacio y el desarrollo social

Mucha gente piensa, no sin buenas razones, que un país con bajos recursos y una sociedad con tantos problemas como la colombiana, debe priorizar sus esfuerzos en la dirección que más soluciones ofrezca. Sin embargo, como lo muestran muchos ejemplos a lo largo de la historia —en especial en la historia moderna—, que el valor del conocimiento no es fácilmente integrado en las ecuaciones simples de costo beneficio. Gastos en apariencia inoficiosos han generado innumerables veces los mejores e inesperados rendimientos sociales. No es una lotería, como muchos pueden pensar, es el potencial inmenso de respuesta a problemas emergentes, e inesperados, que genera el conocimiento.

Una sociedad con ciudadanos ilustrados toma las mejores decisiones. Las mejores políticas de Estado son aquellas tomadas por gobernantes entrenados para ejercer su racionalidad, y que tienen una cultura amplia en la que la ciencia es un componente crucial. Ellos serán capaces de reconocer peligros y riesgos reales y aportar soluciones apropiadas. Ellos no son engañados por mitos e ilusiones. El bienestar sin precedentes de muchas sociedades del



mundo actual se debe a su desarrollo científico, que fue el que les permitió llegar a la situación de privilegio y a la posición de liderazgo que mantienen.

No es sencillo dibujar una línea que limite entre ciencia básica y ciencia aplicada. Pero es fácil demostrar que no hay una ciencia aplicada que no tenga una básica que le sirva de sustento, bien sea en sus orígenes o en sus desarrollos, ascendentes en complejidad. Hay quienes argumentan que no importa realmente si son otros, y en otro lugar del mundo, quienes producen el conocimiento, siempre y cuando podamos adquirirlo. Eso tal vez podría ser cierto en un mundo estático y sin competencia entre las naciones, pero el mundo que vivimos es muy dinámico y competitivo.

Los desarrollos del futuro son inciertos, hay que marchar a su mismo ritmo para no quedar atrás. Productos terminados importados no nos harán más competitivos. Las brechas en la inversión en ciencias básicas y del espacio generan un atraso en desarrollo tecnológico. Los beneficios económicos de las ciencias básicas se revelarán cuando surjan las aplicaciones tecnológicas y los inventos e innovaciones derivadas de ellos. Como se puede ver hoy en el mundo, todo este conocimiento no solo ha promovido enormes empresas económicas, sino que ha producido bienestar, salud y felicidad a la gente.

1.3 Ciencias Básicas y la sociedad científica del siglo XXI

Vivimos una época de un crecimiento extraordinario en el conocimiento científico y en el desarrollo tecnológico. En todas las áreas de la ciencia surgen nuevas hipótesis y se desarrollan instrumentos para ponerlas a prueba. Tanto las hipótesis como los instrumentos derivan finalmente en tecnologías e innovaciones de uso cotidiano, en soluciones a problemas acuciantes como la alimentación de una población de un tamaño sin precedentes y aún en aumento, la salud de una población con expectativa de vida también sin precedentes, la necesidad de suplir energía para toda esa actividad, las exigencias de un mundo más interconectado y de gran movilidad. En muchas de las áreas de la actividad humana se están dando verdaderas revoluciones que pueden cambiar aspectos fundamentales de nuestra vida. En muchas de ellas las ciencias básicas juegan un papel fundamental.



Una revolución que empezó hace cerca de cincuenta años, y continúa hoy, es la de la biología y la genética molecular. Entender la forma como unas moléculas químicas pueden reservar y transmitir la información genética de generación en generación, y cómo esa información se expresa en las funciones diversas de los seres vivos, ha abierto posibilidades sin límites a la imaginación. En la medida en que mejor entendamos las enfermedades estaremos en capacidad de predecir su aparición, de evitarlas y de curarlas. La comprensión de la diferenciación celular llevará, en poco tiempo, a fábricas de órganos para trasplantes. Las plantas han sido intervenidas —cada vez lo serán más—, inicialmente con procesos de transgenosis y en la actualidad con edición génica, para dar mejores productos, más eficientemente producidos y con cualidades nutricionales diferentes. Se producen nuevos fármacos con propiedades diferentes, derivados de productos naturales que pueden ser modificados con “nano-bio-tecnologías” de sorprendente precisión. Estas tecnologías, además, ya están al servicio de la protección del medio ambiente controlando la expansión de la frontera agrícola al mejorar la productividad tradicional, al habilitar terrenos desérticos o suelos antes inútiles con plantas capaces de usar el nitrógeno atmosférico como nutriente, y al cultivar con aguas de alta salinidad. Las tecnologías también llegarán hasta los procesos de identificación ciudadana, permitiendo tratamientos rápidos y control y prevención de enfermedades. Aunque cada uno de esos hechos es el resultado de una investigación específica y aplicada, ninguno es posible sin el conocimiento básico de las nuevas biología, bioquímica y genética.

El problema ambiental más grande que enfrentamos hoy es el del cambio climático global, ocasionado por la alta emisión de gases con efecto invernadero, especialmente el CO_2 generado por el uso de combustibles fósiles. La necesidad de energía no va a disminuir —por el contrario, va a aumentar—, y para resolver el problema se está dando una verdadera revolución en la generación energética, desde varias áreas del conocimiento. El uso directo de la energía solar es cada vez más posible gracias a paneles novedosos producidos a partir de conocimientos en física del estado sólido y de nanomateriales, pero se exploran también paneles solares que usan sistemas fotosintéticos



provenientes de la biología. Se desarrollan nuevas baterías y nuevos sistemas de transporte de electricidad y de generación eléctrica a partir del viento, de las olas de las mareas y del calor del magma terrestre. Sin duda nos esperan desarrollos de la física nuclear que podrían dar la solución última con una fuente inmensa de energía no contaminante, y sistemas de transporte basados en el hidrógeno. En fin, es posible decir que el proceso de transición energética en el que se ha comprometido el mundo es una verdadera y profunda revolución científica, y está claro que, por las iniciativas mencionadas anteriormente, las ciencias básicas juegan un papel fundamental.

De hecho, el mundo está hoy a puertas de una nueva revolución científica que denominan la segunda revolución cuántica. Ella será la responsable de avances claves en el siglo XXI. Desde el 2010 muchos gobiernos han establecido programas para explorar las tecnologías cuánticas. En el 2016 más de 3400 científicos firmaron el “Quantum Manifesto”, que aspira coordinar el traslado de las tecnologías cuánticas del laboratorio a la industria, y formar profesionales en tecnología cuántica con una combinación de ciencias básicas, ciencias de la computación e ingenierías.

En la primera revolución cuántica se usó la mecánica cuántica para entender lo que realmente existía y así poder aplicar ese conocimiento para avanzar en tecnología —avances por cierto alucinantes si se piensa en cómo han crecido las capacidades de comunicación y de computación en el mundo—. Ahora la cuántica enfrenta el reto no solo de usar las propiedades de los materiales, sino de diseñar nuevos materiales con propiedades que sobrepasen las capacidades de los naturales. Llegó el momento en el que se crean estados cuánticos para nuestros propósitos. Podremos diseñar y construir nuevos átomos y moléculas manipulando su comportamiento intrínseco. Estos nuevos materiales tendrán propiedades novedosas con amplias aplicaciones como el desarrollo de computadores cuánticos de inmensa capacidad, sistemas de comunicación seguros, nuevos sensores y otros que darán una ventaja decidida a quien los produzca.

Colombia no puede perder las oportunidades generadas en estas revoluciones científicas en curso. No podrá esperar mucho. Aún tiene la posibilidad

de incorporarse a las tendencias mundiales y de crear una industria y unas empresas sociales competitivas que aseguren bienestar y seguridad a su gente.

2.1.4 La situación actual de nuestras Ciencias Básicas

Muchos países, sobre todo los que han tenido éxito incorporando la ciencia al desarrollo general, definen entre sus prioridades de financiamiento una cantidad sustantiva de recursos a lo que llaman ciencia impulsada por la curiosidad (*curiosity-driven science*). La curiosidad se ha definido siempre como el motor fundamental de la educación y como el origen de la ciencia en general. Sin embargo, recientemente la ciencia impulsada por la curiosidad, ha adquirido en algunos ámbitos —y Colombia no es ajena a ese hecho— un sentido negativo. Se ve como un capricho personal con una motivación egoísta, que pretende imponerse sobre el interés general. Muchas veces se ve a la ciencia básica como si fuera definida solo por la curiosidad y eso le genera una prioridad secundaria en los círculos decisorios.

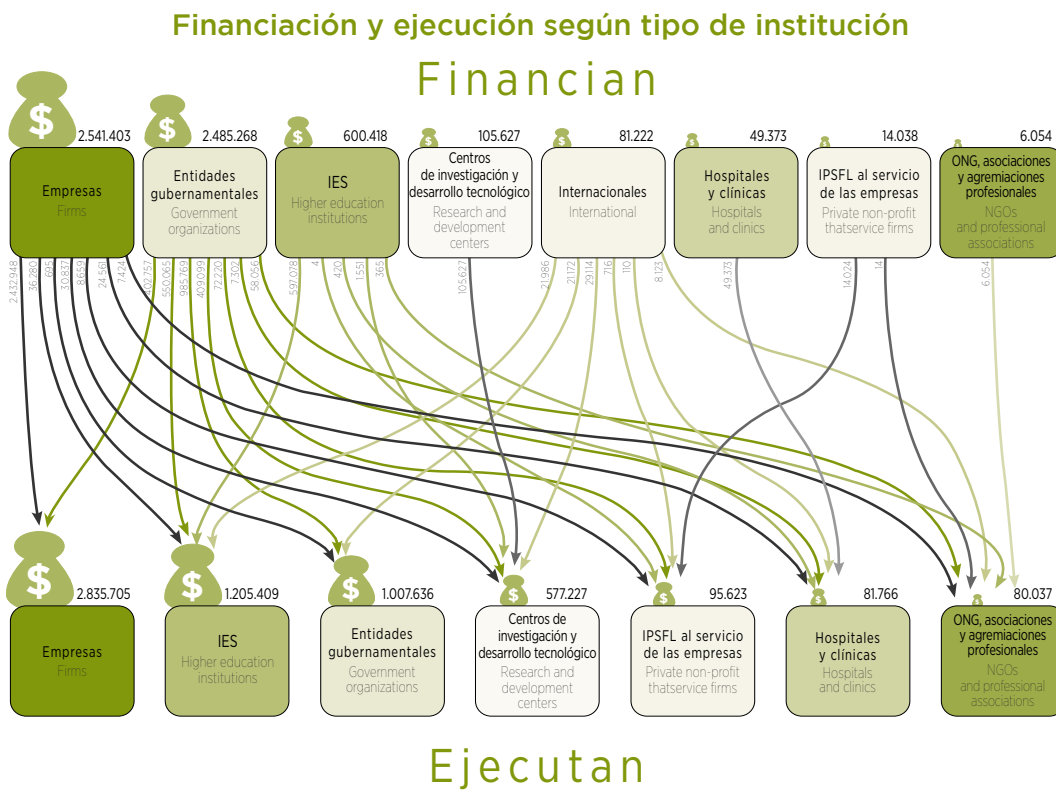
Pero no es solo la curiosidad lo que ha hecho avanzar a la ciencia básica en el país. Posiblemente el factor más importante ha sido la educación superior. La mayor parte de la investigación básica se lleva a cabo en estas instituciones y con financiamiento estatal y propio, con muy poca participación de fuentes privadas. En Colombia se ha optado por usar dos indicadores de inversión: uno es el internacionalmente usado por la OCDE, Unesco y otros, para comparaciones: el I+D (R&D) —investigación y desarrollo—, y otro llamado ACTI —actividades de ciencia, tecnología e investigación— que incluye otras actividades relacionadas a veces solo tangencialmente. Para 2018 el indicador nacional I+D era de 0,25 % del Producto Interno Bruto (PIB) y el de ACTI de 0,65 %. Los informes del Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología (Pardo Martínez y Cotte Poveda, 2017) muestran una inversión relativamente alta del sector privado —cercana al 70 %— pero el dato está deformado por esa inversión en actividades relacionadas, que en otros países no se consideran inversión en ciencia y tecnología (CYT). La financiación de la ciencia básica, que ha sido muy precaria, ha provenido esencialmente de Colciencias y de recursos propios de las universidades. El presupuesto de



Figura 2.1
 Financiación de ACTI por tipo de institución, 2015 -en millones de pesos-.

Fuentes: ocyt, DANE-EDIT II a VII, EDITS IV y V, Ruta N - Medición anual de innovación, 2015. Cálculos: ocyt.

Colciencias como porcentaje del presupuesto total de inversión nacional era tan solo de 1,37 % en el 2010 y de tan solo 0,88 % en el 2017 –incluyendo el programa de becas doctorales—. Una gráfica del informe anterior del mismo Observatorio que muestra el origen de fondos ejecutados –en ACTI– y el lugar en el que se ejecutaron es bastante indicativo de la precariedad de los recursos para ciencias básicas y la poca participación que en su financiación tienen los fondos estatales y privados: la mayor parte de la inversión en CYT que hacen las empresas se ejecuta en las mismas empresas –que no hacen ciencia básica–, y ellas invierten una suma casi residual en las universidades.



Esta poca relación entre investigación científica y empresa se puede ver en el número de patentes registradas, que es muy precario. De 2006 a 2017 fueron otorgadas nacionalmente 634 patentes a residentes y 876 a no residentes. Internacionalmente —vía Tratado Internacional de Patentes (TCP)— se otorgaron, para el mismo periodo, tan solo 75 a residentes y 8176 a no residentes (Pardo Martínez y Cotte Poveda, 2017). No obstante, los grupos de ciencias básicas son el 26 % del total de grupos activos del país y producen el 25 % de las publicaciones científicas indexadas internacionalmente —aunque estos últimos datos pueden ser una subestimación, porque algunos grupos y publicaciones del área de salud, las ingenierías y las áreas de ciencias agrarias tiene un alto contenido de ciencias básicas.

En conclusión, si bien las ciencias básicas ocupan un lugar significativo en el esfuerzo científico nacional, aún no están suficientemente conectadas con otros sectores sociales y empresariales, y es aún muy pequeña comparada con la de otros países, incluso con la región. Para dar un verdadero salto adelante hacia la sociedad de conocimiento, Colombia deberá asumir una política de apoyo muy decidida.

2.1.5 Ciencias Básicas y Educación

El siglo XXI se caracteriza por el papel central que la ciencia y la tecnología han adquirido en todos los ámbitos del desarrollo humano. Es difícil comprender el mundo actual sin una preparación básica en las ciencias, que deben integrarse como parte de la cultura y llegar a los niños desde la edad más temprana. En ellos la curiosidad es una fuerza motivadora que los lleva a querer explorar y querer entender el mundo.

No es fácil la enseñanza de la ciencia, en parte porque la ciencia no es fácil y requiere de matemáticas y de lenguajes altamente formalizados; pero posiblemente la razón más importante de que se presenten dificultades escolares con la ciencia es que esta se enseña mal. Los estudiantes deben ser motivados con observaciones y con experimentos, con su curiosidad y su deseo natural de entender, y para lograr ese grado de motivación es necesario tener maestros buenos y comprometidos. Los países más desarrollados así lo



han entendido; por eso invierten tanto en educación y los maestros tienen una muy alta estima social.

La enseñanza de la ciencia no debe concebirse como dirigida únicamente a futuros científicos o ingenieros, sino como un componente esencial de la cultura general de todas las personas; esto les permite comprender temas cruciales para la sociedad en la que viven como el cambio climático global —que está en el día a día de las preocupaciones—, o cómo funcionan los computadores y los celulares, o por qué los aviones vuelan, entre otros desarrollos similares. Pero también los entrena para entender las estadísticas sociales, los datos que muestran el desarrollo de la economía y más: los ciudadanos deben ver esto como un derecho, pues los forma para una actuación autónoma, crítica y responsable.

A veces se piensa que enseñar ciencia es exponer teorías y explicar conceptos básicos, y no: la buena enseñanza es una exploración, una búsqueda de lo desconocido; por eso los currículos y las metodologías deben ser cuidadosamente analizados y escogidos y la enseñanza debe basarse más en plantear preguntas que en ofrecer respuestas. Así, la educación en ciencias debe plantearse objetivos específicos para las diferentes edades; debe ser distinta para quienes quieren dedicarse a alguna actividad relacionada con ciencia y tecnología y para quienes la necesitan como un apoyo a su formación ciudadana integral.

Hoy está claro que los trabajos cambian a ritmos crecientes, y que surgen todo el tiempo nuevas profesiones y oficios. Se predice que para el 2050 el 80 % de los trabajos serán en temas que hoy desconocemos; también que quienes se forman hoy posiblemente cambiarán de oficio al menos cinco veces en la vida. La educación en un ambiente de tal incertidumbre debe ser muy flexible, y las disciplinas de este foco siempre serán necesarias, independientemente del marco profesional en el que se apliquen. No habrá nueva ciencia que no use las matemáticas —que son su idioma natural— ni tecnologías que no dependan de la física, la química, la biología, las ciencias de la tierra, la atmósfera y el espacio. También ellas cambiarán y se renovarán, pero no se harán obsoletas, y ese hecho hace de ellas una excelente base para la educación hacia un futuro de otra forma muy incierto.



Propuestas en Educación

En el foco desde un comienzo vimos en la educación el principal objetivo de cambio para llegar a una sociedad y a una economía basadas en el conocimiento. En ese sentido planteamos diversas estrategias para llegar a un cambio de fondo y las agrupamos en cinco clases según el impacto que persiguen: (1) en la calidad de los maestros; (2) los impactos mutuos de la investigación y la educación; (3) en la calidad de la educación; (4) en la equidad, y (5) en el desarrollo de la sociedad. Nos hemos limitado a proponer acciones que tienen relación directa con el objeto de nuestro foco que es el de las ciencias básicas.

Las propuestas se presentan en forma ampliada y justificada en otros documentos, sin embargo queremos resaltar algunas de ellas:

1. **Propuestas con impacto en la calidad de los maestros, sobre todo maestros de matemáticas y ciencias naturales.**

Se debe hacer un gran esfuerzo de formación, pero es importante también lograr una inyección pronta de maestros bien preparados en matemáticas y ciencias a nuestro cuerpo nacional de maestros. Las propuestas van en esa dirección: promover la creación de nuevas facultades de educación en las universidades con acreditación de alta calidad, fortalecer programas de posgrado y de educación continua para maestros, revisar el sistema de evaluación permanente para generarle a los maestros programas de mejoramiento individual, crear programas de becas para estudiantes del colegio que terminan con buenas calificaciones, posibilitar la participación docente de estudiantes de posgrado en las universidades, y abrir la posibilidad de acceso a carreras en educación, con un entrenamiento intenso pero breve, a graduados de programas de ciencias e ingeniería.

2. **Propuestas con generación de impactos mutuos entre la investigación científica y la educación.**

Se proponen estrategias detectadas en las consultas y analizadas en nuestras discusiones como las siguientes: diseño de programas que incentiven el estudio de las carreras científicas de pregrado —que hoy solo cuentan



con el 2,6 % de demanda—; generar programas de apoyo a doctorados y posgrados nacionales —existentes y nuevos—; diseñar programas para la difusión de resultados de proyectos de investigación universitaria en los colegios, y generar un modelo para financiar el acceso general de estudiantes a bases de datos bibliográficos.

3. Propuestas con generación de impactos en la calidad de la educación

La calidad de la educación es fundamental para que ella se constituya en una verdadera fuente de realización y satisfacción individual, así como en un factor de equidad y movilidad social; una educación de baja calidad constituye un obstáculo y una desventaja para las personas. En este sentido, entre otras iniciativas se ha propuesto: construir instrumentos —como comités asesores conjuntos y planes de acción coordinados— que armonicen las iniciativas de los ministerios de Educación y de Ciencia, Tecnología e Innovación y que concilien los currículos de ciencia en los niveles de preescolar, básico, medio, secundario y superior; construir redes de educadores y de instituciones educativas; establecer programas bien financiados y de largo término que promuevan la cooperación internacional y la movilidad nacional e internacional de maestros, profesores y estudiantes; establecer líneas alternativas para la enseñanza de las ciencias: más profundas para quien se quiera dedicar a una carrera científica o técnica, pero también un contenido básico para quienes se dediquen a otras disciplinas y profesiones.

4. Propuestas para la promoción de la equidad

Los objetivos de la ciencia para lograr un mayor desarrollo social, económico y cultural, y de la educación que aspira a formar ciudadanos morales y felices, no son posibles sin una política decidida para promover acceso igualitario a la educación en todos sus niveles —desde la primera infancia hasta los posgrados más sofisticados—. Para eso proponemos empezar por hacer explícito el problema de disparidad regional en las políticas de educación en ciencias, lo cual incluye hacerlo explícito también en el presupuesto de la Nación, con planes de acción claros y medibles. Es hora de que se discuta en la sociedad y en el gobierno colombianos la posibilidad

de establecer acciones afirmativas, que compensen por inequidades étnicas, de género y regionales. Es necesario robustecer la educación pública: lograr coberturas totales en primera infancia y en educación secundaria y media, y llegar al menos al 80 % en educación superior para el 2030. Es necesario que crezca el sistema de acompañamiento a los estudiantes, y en casos de estudiantes con pocos recursos deben financiarse otras necesidades además de la matrícula.

5. Propuesta para promover el impacto de la ciencia en general en la sociedad

La educación en ciencias es importante para que la sociedad progrese, pero también para que esta reconozca la importancia de la investigación científica. De nuestras consultas y reflexiones se derivaron varias recomendaciones: creación de nuevos centros e institutos de investigación que se acrediten para realizar tesis de doctorado y maestría; para fomentar la transdisciplinariedad se propone que algunos de estos centros de alto nivel estén centrados en problemas, no en disciplinas. Es necesario tener un programa de apoyo financiero continuo para los centros autónomos de excelencia que vienen trabajando y sobreviviendo casi de milagro. Es indispensable construir un plan de retorno para colombianos egresados de doctorados en el exterior, y para otros no nacionales que quieran vincularse a instituciones colombianas. Es importante promover la relación academia-empresa tanto con programas de apoyo económico directo, como aumentando las pasantías de estudiantes en las empresas. Así mismo, es necesario desarrollar programas de educación científica para el amplio público como cátedras de ciencia y estadística para periodistas, o construcción de planetarios y museos en una red nacional. Por último, como medida de gran impacto social será necesario buscar la forma de imprimir una dimensión ética a la educación. Esto se podrá hacer no solo a través de los currículos en todos los niveles educativos —desde la primera infancia— sino mediante seminarios itinerantes financiados por el Ministerio de Educación Nacional, publicaciones científicas, filosóficas y literarias y creaciones artísticas, entre otros.



2.1.6 Ciencias Básicas, cultura y conocimiento general

La ciencia, entendida como una búsqueda permanente de conocimiento y de explicaciones a las grandes incógnitas del ser humano, ha sido desde la antigüedad parte esencial de la evolución intelectual de nuestra especie. Hoy podemos afirmar que es parte tan fundamental de la cultura, como las artes y la literatura, con las que, por demás, se interactúa cada vez más. Las personas tienen ahora una comprensión más profunda de la naturaleza y de la sociedad, tienen una mejor calidad de vida, gozan de las ventajas invaluable que han otorgado las ciencias de la salud y de la agricultura, son personas más felices que viven en sociedades más equitativas, y en un medio ambiente sobre el cual hay una nueva conciencia de que debe ofrecerse sano y sostenible para las generaciones futuras. Estos avances ejercen una influencia profunda en la vida del ser humano, en su conducta y en los seres que lo rodean.

No hay lugar en nuestra sociedad donde no se perciban los impactos de la ciencia y los productos derivados del conocimiento. Sin embargo, no siempre el pensamiento de la gente está regido por criterios de carácter científico; la mayoría no ha interiorizado las ventajas que un acercamiento científico otorga en la conducción de las sociedades y de la vida de los individuos. La ciencia es un bien cultural de la humanidad y aunque sus productos son usados por todo el mundo, su lógica y su forma de acercarse a la verdad de los hechos no es tan general como su uso: las sociedades más ilustradas científicamente, por ejemplo, son aquellas que encuentran formas racionales y pacíficas para resolver sus conflictos y sus desacuerdos; el sentido escéptico, inherente del pensamiento científico, y la necesidad imperiosa que tiene la ciencia de someter a prueba todas las hipótesis son factores que necesariamente conducen a la convivencia en paz y a la discusión sobre hechos, no sobre emociones.

Los cambios vertiginosos actuales, particularmente en el sector de las comunicaciones, están originando también nuevos retos y nuevas oportunidades que están siendo abordados por cada cultura de forma diferente. En los países desarrollados la sociedad aprovecha mejor esos cambios; en contraste, en los países en desarrollo como Colombia, la ciencia básica pasa por épocas difíciles y no goza de la comprensión de otras latitudes. Mucha



gente encuentra agotador el esfuerzo para entender el conocimiento científico y se descorazona, o intencionalmente lo ignora. Los jóvenes se preocupan más por otras actividades y se alejan de la ciencia que se hace en el país. Este hecho es evidente en la reducción del porcentaje relativo de estudiantes de carreras científicas, que de 3 % en el 2010 ha disminuido hoy a menos del 2,6 %. Por tanto, es importante tanto para las personas como para la sociedad colombiana en general, abrir espacios donde los investigadores y el público se encuentren en un diálogo franco y ameno; y para que este diálogo se dé, los investigadores deben cambiar el modo de acercarse a la gente: la ciencia que se hace en Colombia y en el mundo, así como los impactos presentes y futuro que pueden tener.

Propuestas para integrar la ciencia a la cultura

Muchas de las propuestas que se hicieron en la sección anterior tendrán efecto también en el aumento del impacto de la ciencia en la cultura, así como la reflexión que se hacía sobre cómo la ciencia debe acercarse en forma diferente a distintas poblaciones: así como se exige que la educación esté fuertemente imbuida de un componente humanista, se debe exigir lo mismo con el componente científico. Los programas de carreras científicas y de ingenierías deben incluir estudios en humanidades, artes y ciencias sociales, y las carreras en humanidades, artes y ciencias sociales deben tener una ilustración científica adecuada.

Algunos medios que se proponen para lograr este objetivo son los siguientes:

1. Ampliar a todas las regiones —no solo las tres o cuatro grandes ciudades del país— la red de instituciones de divulgación de la ciencia como Maloka en Bogotá o el Parque Explora en Medellín, además de museos y planetarios.
2. Realizar ferias de la ciencia, con actividades creativas de los participantes, en las que se perciba cómo el hacer ciencia básica hace una gran diferencia para una sociedad progresista.



3. Analizar, implementar y reforzar el programa “Ondas” de Colciencias, que ya lleva cerca de 17 años incentivando en niños y jóvenes del país el interés por la investigación en ciencias, y desarrollando en ellos actitudes y habilidades para la investigación.
4. Implementar con obligatoriedad un programa que podría ser titulado “Viaje al mundo de la ciencia”, por medio del cual se difundan los resultados de los trabajos de los científicos que hayan recibido financiación para sus proyectos por parte del Estado; que estos, a manera de retribución, comuniquen sus resultados a la sociedad en general.
5. Estructurar cátedras de vacaciones y actividades suplementarias a los cursos del currículo normal en colegios de las zonas rurales para estudiantes y para las familias, donde se muestren los avances de la ciencia básica en Colombia y cómo el conocimiento científico que se hace tendrá influencia en el desarrollo del país.
6. Establecer diplomados o especializaciones en periodismo científico en las universidades del país.
7. Establecer actividades como foros presenciales y virtuales sobre ciencias básicas para estudiantes de primaria y secundaria del país, y para sus familias y los grupos sociales a las que ellas pertenecen.
7. Establecer un programa de visitas a los estudiantes de grados 10 y 11 de colegios públicos y privados para explicarles cómo se hace la ciencia en Colombia y cómo podrían ellos participar en procesos de generación de conocimiento vinculándose a programas de ciencias básicas, ingenierías, biotecnología y otras similares, en las diferentes instituciones de educación superior.

2.1.7 Ciencias Básicas en el desarrollo tecnológico y la innovación

Vivimos en una era en la que la ciencia y la tecnología tienen un lugar fundamental en el desarrollo de las naciones y en la vida diaria de las personas. La tecnología se encuentra en todas partes; el mundo en el que vivimos y la forma en la que vivimos están en gran medida definidos por la capacidad

que hemos adquirido —y que podemos desarrollar—, para controlar nuestra realidad física y el ambiente natural. Tomamos muchas cosas de la vida diaria como dadas: áreas cruciales para nuestra existencia como el transporte, la comunicación, la nutrición, la salud, el esparcimiento, las artes y la educación, y en último nuestros sistemas de gobierno y la democracia no podrían ser lo que son sin el soporte tecnológico que tienen. Estas áreas de la vida están marcadas y dependen ya de forma irreversible de los avances científicos de los dos últimos siglos. Resulta por tanto imposible comprender nuestro mundo y funcionar bien en él sin una base de conocimiento científico.

Los avances en informática y en comunicaciones nos han permitido diseminar el conocimiento y la cultura, aumentar el intercambio global de ideas a través de diálogos amplios y promover el progreso económico y social. No hay hoy estrategias creíbles para un desarrollo sostenible que no estén basadas en ciencia y tecnología: la tecnología está asociada con el crecimiento económico y el aumento del bienestar material —sin precedentes— de los países industrializados, pero también en países de menor desarrollo es fundamental para el crecimiento y para la solución de problemas. Las brechas de riqueza entre las sociedades más ricas y desarrolladas y las de menor desarrollo son mucho mayores en el conocimiento y en el dominio de las tecnologías que en recursos materiales o humanos. El reto para el futuro de naciones como la nuestra es formar personas competentes y autónomas para la producción y procesamiento efectivo de conocimientos y de información; las ciencias básicas y las ingenierías son fundamentales para producir ciudadanos con esas competencias.

Es importante comprender que la ciencia y la tecnología dependen estrechamente la una de la otra: en procesos colaborativos en los que estudiantes y profesores trabajan juntos en la construcción de conocimiento y en la búsqueda de respuestas a los problemas de la sociedad, la tecnología debe convertirse en un recurso para los maestros de ciencia. Los currículos deberán evolucionar hacia la integración de la ciencia, la tecnología, la sociedad y el medio ambiente para ser parte integral de la cultura nacional y así preparar a ciudadanos autónomos y dueños de su destino.



Así mismo, es también muy importante reconocer que el conocimiento que va a contribuir al desarrollo sostenible del país no se puede obtener por compra y transferencia pasiva de innovaciones e investigaciones realizadas por otros en países de mayor desarrollo. Si bien algunos elementos pueden ser adquiridos, estos deben servir como base para desarrollos autóctonos, centrados en nuestras condiciones y necesidades. Una sólida capacidad científica y técnica local es irremplazable si queremos estar integrados en igualdad de condiciones al competitivo mundo global. La inversión en nuestras universidades para formar personas al más alto nivel es una inversión con una excelente relación costo beneficio.

Según la Superintendencia de Industria y Comercio en Colombia se registran apenas unas 200 patentes por año, que es un número extraordinariamente inferior al de países desarrollados donde se cuentan por decenas de miles; el número de patentes es un indicador de la capacidad de innovación de un país, y a largo término de su competitividad. No se puede hoy hablar de capacidad de invención sin relacionarla con este indicador. Hay que promover el espíritu innovador de invenciones o modelos de utilidad susceptibles de ser patentados, mediante la formación y el estímulo a investigadores y emprendedores; es necesario crear un ambiente en el cual la invención se dé naturalmente y sus frutos reviertan a los innovadores.

La promoción y la inversión en investigación fundamental es el mejor mecanismo para generar una fuerza de trabajo altamente calificada y con capacidad de desarrollos originales. Esto ha sido probado múltiples veces por países que salieron de una situación de subdesarrollo y que aceleradamente crecieron en economía, en ingresos y en bienestar, igualándose a los tradicionalmente desarrollados. Las personas así preparadas podrán interconectar la academia con las empresas nacionales y también con pares en el mundo. Para lograr un adecuado posicionamiento en este mundo global y competitivo hay que explorar vías para el intercambio de estudiantes y profesores con sus pares de la región (Suramérica y el Caribe) y de los países más desarrollados del hemisferio norte, de Asia y Oceanía. Ese intercambio puede ayudarnos a encontrar vías más cortas, a no repetir experiencias que



en otros lugares no tuvieron éxito, y a concentrarnos en aquellas rutas que han demostrado ser eficientes y rápidas.

2.2 Relación Academia-Empresa-Estado

La relación entre academia, empresa y Estado es fundamental para lograr un desarrollo tecnológico apropiado. El foco de Ciencias Básicas y del Espacio ha buscado la comunicación con las empresas en diversos ámbitos. En un foro con empresas de la región de la Sabana de Bogotá y Cundinamarca se analizó esa relación que es compleja, pero indispensable, y se llegó a las siguientes conclusiones —muy ilustrativas— compartidas por académicos y empresarios:

1. No puede haber ciencia aplicada si previamente no existe ciencia básica. La ciencia básica es el punto inicial del conocimiento científico, el cual, una vez generado, es transferido y convertido en desarrollos tecnológicos que benefician a la sociedad y a otros seres vivientes del planeta.
2. El desarrollo económico del país está en buena parte jalonado por el sector empresarial, el cual necesita ser nutrido por la ciencia, la tecnología y la innovación para que pueda competir en los mercados mundiales con productos innovadores y empleo calificado. No es suficiente estar en la frontera del nuevo conocimiento y de la innovación, por los riesgos que conlleva un mundo tan cambiante; es muy importante tener las herramientas y la decisión para llegar a propuestas y productos disruptivos.
3. El país necesita avanzar en su desarrollo y para ello sus empresas —pequeñas, medianas y grandes— deben generar productos y servicios innovadores.
4. Cuando una empresa utiliza descubrimientos para generar nuevos productos y servicios, en el mercado se crean nuevas demandas que, en principio, deberían generar ganancias, ojalá sostenibles en el tiempo. Aquí es donde la investigación básica está llamada a hacer grandes contribuciones en la cadena productiva y en el desarrollo del país.



5. Según cifras actuales, existen 2 700 000 pequeñas y medianas industrias (pymes) y grandes industrias, pero solo el 0,2 % de ellas son innovadoras, es decir solo unas 5400 empresas podrían ser competitivas en el mercado mundial, el resto necesita un decidido apoyo del Estado para mejorar sus procesos y productos. Con esta cruda realidad como punto de partida es que debemos hacer importantes esfuerzos para diagnosticar, proponer e implementar estrategias que contribuyan a mejorar la competitividad del sector empresarial y del país.
6. La creación de conocimiento y su transformación en tecnología no debe ser hecha por individuos solitarios; es más eficiente un ambiente de cooperación entre las instituciones que hacen investigación y los sectores para quienes va dirigido ese conocimiento. Así, es recomendable una más fuerte relación universidad-empresa, y para ello sería adecuado crear o fortalecer las entidades de enlace ya existentes, alrededor de proyectos de generación y uso del conocimiento que den soporte a la tecnología y a la innovación.
7. Por otro lado, la baja inversión del Estado en CTeI $-0,26\%$ PIB en I+D y $0,67\%$ PIB para actividades de ciencia, tecnología e innovación (ACTI)—, no facilita a los buscadores de nuevo conocimiento o de desarrollos innovadores poder brindar apoyos valiosos a las empresas colombianas. Tampoco se aprecia una presencia significativa de los capitales de riesgo privados como facilitadores de los procesos de CTeI.
8. La estrategia es articular la oferta y la demanda del conocimiento. Sin embargo, la oferta de las universidades en materia de conocimiento para los sectores productivos del país es bastante escasa, y la demanda por parte de las empresas agrícolas, industriales o de servicios se caracteriza por una relativa aversión al cambio y por la inseguridad frente al nuevo conocimiento. Entonces, no se trata solo de apoyar a las empresas existentes con subsidios: hay que pensar en apoyar con capital de riesgo a empresas innovadoras que creen nuevos mercados.
9. Colombia presenta un rezago significativo en los indicadores de cooperación universidad-empresa; por ejemplo, según indicadores tomados

de *Scopus* 2018, el país muestra anualmente cifras menores al 0,7 % de publicaciones conjuntas universidad-empresa, cifras extremadamente bajas cuando se comparan con las de los países desarrollados como Estados Unidos, Corea del Sur o Singapur, países hoy actores relevantes en el desarrollo económico mundial, gracias a su inversión en CTeI para trabajo en equipo universidad-empresa en temas estratégicos. Tomando otro indicador: las patentes, Colombia registra aproximadamente 200 por año (superintendencia de industria y comercio) por año, cifra bajísima cuando se le compara con la de los países desarrollados. No debemos hablar de innovación, si ésta no va ligada a una patente, o mejor se hace necesario construir ambientes donde la investigación, y la creación de conocimiento y la innovación se transformen en patentes.

10. Para estas empresas, innovar se volvió la regla y no un proceso ocasional. Hoy el mundo es global con exigencias y retos exigentes y países ofreciendo ventajas comparativas importantes para sus empresarios, exigieron cambios en las empresas a una nueva estrategia de trabajo, la innovación, de modo que con ella puedan desarrollar y ofertar negocios disruptivos, como fruto del apalancamiento de una relación exitosa entre Universidad-Empresa.
11. Existe un grupo de empresas colombianas para las cuales es totalmente normal generar productos nuevos —no solo para el país sino para el mundo—, sustentados con patentes de invención que ahora marcan la diferencia porque son competitivos y no los tienen los competidores internacionales. Así, el mensaje positivo desde la empresa es que “sí es posible desarrollar novedades para el mundo”. ¿Cómo se logra? Definiendo los retos, trabajando y desarrollando trabajo colaborativo, abriendo las puertas, dando el espacio, y teniendo confianza en los grupos de investigación que soportan la relación universidad-empresa.
12. La alianza Universidad-Empresa ha sido un matrimonio exitoso. En el grupo Nutresa, por ejemplo, aproximadamente el 70 % de las ventas de productos con innovación se gestaron en investigaciones, gran número de ellas en asocio con universidades.



13. ¿Qué requiere la empresa de la academia? (1) Que esta última tenga una mayor visión de industria para llegar a productos tangibles. Como no hay mucho conocimiento mutuo, es importante iniciar un proceso de acercamiento que venza la desconfianza que existe entre las partes. (2) Que la universidad les facilite a las empresas infraestructura que esta maneja muy bien, por ejemplo, los comités de ética.
14. Para la universidad el mensaje va en el sentido de involucrarse más, mediante la investigación aplicada, a los problemas y las necesidades concretas que se requieren para dinamizar el desarrollo regional y nacional.
15. Finalmente, la conclusión de ese encuentro universidad-empresa fue: la Universidad, la Empresa, la Misión de Sabios y el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, deben comprometerse a trabajar en forma colaborativa e inmediata, en el desarrollo de procesos, productos y servicios que con el apoyo de la investigación aplicada y diseño y procesos de producción innovadores, respondan a necesidades sentidas de la humanidad y puedan competir en los mercados globales.

Propuestas para promover el desarrollo tecnológico basado en ciencia

Algunas de las propuestas que surgieron durante el análisis de este punto fueron las siguientes:

1. Es necesario un compromiso gubernamental y de la sociedad en general para lograr la financiación sostenida y creciente de la CTei. Sin una garantía de una inversión estatal mayor y más consistente, y planes para estimular la inversión privada, cualquier ejercicio de planeación futura es inútil.
2. Aprovechar la construcción del nuevo ministerio de CTei para configurar sólidamente el sistema. Debe organizarse en el ministerio un ámbito apropiado para el encuentro interministerial relacionado con CTei, así como para encuentro entre la Academia y la Empresa.
3. Es necesario fortalecer la institucionalidad regional de CTei.

4. Hay que promover la construcción de un plan de largo término para ampliar la capacidad investigativa con centros e institutos disciplinares y transdisciplinares. Un modelo interesante es el de centros que se concentran en un problema, en forma transdisciplinar y que sirven de encuentro productivo entre la empresa que plantea sus necesidades y los investigadores que trabajan en su solución. Por otro lado, es necesario también crear institutos de investigación que hagan investigación por demanda. Serán los que analicen las necesidades de investigación de las pymes y de la gran empresa. Estos serán los que hagan la investigación aplicada que demanda el sector productivo del país. Entregarán a las empresas soluciones a sus necesidades para mejorar la calidad de sus productos.
5. Hay que establecer programas de apoyo continuos a los centros autónomos existentes, muchos de los cuáles sobreviven precariamente a pesar de su importante labor de desarrollo tecnológico.
6. Es importante un programa nacional para la renovación de equipos de laboratorio robustos. Los programas anteriores podrían ser parcialmente financiados por recursos de regalías.
7. La academia, la industria, la Misión de Sabios y el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación deben comprometerse en un gran pacto nacional por la ciencia, con propósitos comunes, definiendo políticas y mecanismos de operación y financiación a 20 o 30 años para que Colombia entre en la ruta de desarrollo acelerado, que marque el comienzo de la solución a los enormes problemas de inequidad y pobreza que hoy tenemos.
8. El Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación deberá establecer una política pública de Estado que genere confianza a las dos partes involucradas en la relación universidad-empresa, y que regule jurídicamente de manera efectiva y flexible estas alianzas.
9. Fomentar la cultura de la innovación en las pymes para ilustrarlas sobre las ventajas de la CTEI para la sociedad, para las empresas y para la academia.



10. Adicionalmente, el Ministerio y las universidades deberán prestar particular atención a la creación —o el refuerzo a las ya creadas—, de entidades de enlace entre la universidad y la industria, para hacer fluida la comunicación y la transferencia del conocimiento científico. Ejemplos de ellas pueden ser centros de investigación como los nombrados anteriormente, centros de desarrollo tecnológico, oficinas de transferencia de resultados a la industria (otri), centros de productividad, parques de ciencia, tecnología y desarrollo tecnológico, y oficinas de transferencia tecnológica.
11. Establecer un fondo de financiación específica para realizar trabajos colaborativos universidad-empresa tendientes a generar nuevos productos respaldados por patentes, y empleo calificado a nivel nacional e internacional.
12. Apoyar a las empresas que adopten la innovación como norma de trabajo con capital de riesgo.
13. Examinar y reforzar el bachillerato técnico, generador importante de los estudiantes que van a convertirse, en su paso por la educación terciaria, en técnicos y tecnólogos.
14. Examinar el papel del sena preparando personal —técnicos y tecnólogos— concentrado en las empresas que lo han solicitado, y examinar la calidad de los politécnicos e institutos técnicos y tecnológicos que tiene el país, de modo que se trabaje por su calidad en pro de la tecnología y la innovación que se requiere.
15. Es deseable la creación de un observatorio de tecnología con capacidad de prospección y de recomendación al gobierno y a los gremios de las líneas que deberían ser desarrolladas en el país.
16. Una propuesta especial para cubrir áreas del conocimiento débiles pero estratégicas y con futuro para el país es la del profesor Serge Haroche, miembro de la Misión, que consiste —a grandes rasgos— en el desarrollo de un programa de cooperación académica con importantes instituciones del exterior para enviar un grupo selecto de estudiantes doctorales para que



culminen sus estudios y tengan una estancia postdoctoral en laboratorios de primera línea. Para estos estudiantes habrá un plan complementario que les asegure la vinculación a instituciones o empresas nacionales y les otorgue un financiamiento básico inicial para establecer su laboratorio e iniciar su investigación.

17. Esta estrategia exigirá un compromiso del Estado de largo término, una operación que debe tomar al menos una década. El foco elaborará un esquema del proyecto con una aproximación a sus costos y un mecanismo para escoger las áreas y los candidatos al programa.

2.2.1 Ciencias básicas en el conocimiento, manejo y aprovechamiento sostenible del medio ambiente.

La tecnología del ambiente depende fundamentalmente del progreso de la ciencia básica. Numerosos estudios básicos relacionados, por ejemplo, con la producción de energías más limpias como celdas solares, energía nuclear, materiales superconductores que pueden conducir electricidad, nuevos catalizadores para carros eléctricos del futuro, desarrollos de agricultura ecológica que reemplazan agroquímicos usados en agricultura convencional y muchísimos otros descubrimientos relacionados con investigación básica para la limpieza del aire, el agua y el suelo, conforman el arsenal de investigación básica de que disponemos para el mantenimiento del ambiente. La ciencia básica proporciona soporte a la tecnología de vanguardia en el desarrollo de soluciones para mantener un medio ambiente más sano.

En Colombia los estudios de ciencia básica que tienen mayor relación con el ambiente son aquellos que proveen un mejor conocimiento y uso sustentable de los recursos naturales vivos (biodiversidad), y los relacionados con la contaminación de ríos, quebradas, océanos, tierras, aire, con la erosión causada por el mal uso del suelo y con las técnicas contaminantes usadas en la explotación de minerales.

Con 56 343 especies terrestres vegetales y animales —documentadas—, con un número muy grande de especies marinas —segundo lugar en biodiversidad



marina en Suramérica—, y con una inmensa riqueza de microorganismos, Colombia está posicionada como el segundo país megadiverso en el mundo y exhibe un muy alto grado de endemismo. Esta increíble biodiversidad ha posicionado al país en el primer lugar del mundo en número de aves y orquídeas, y el segundo en especies de plantas con flor, anfibios, mariposas y peces de agua dulce. Sin embargo, nuestras especies han sido poco estudiadas y menos aún aprovechadas sustentablemente. Los estudios en bioprospección que se han llevado a cabo desde la década del setenta en especies terrestres y marinas, con excepción de aquellas que tradicionalmente han sido utilizadas como alimento, muestran el gran impacto que han tenido las ciencias básicas en dichas investigaciones. Ejemplo de ello son las nuevas técnicas de recolección de organismos que viven en sitios de difícil acceso, la aplicación de los nuevos métodos en genómica y metabolómica, en química y síntesis orgánica para el análisis e identificación de compuestos químicos con potencial para ser convertidos en bioproductos, y en la generación de las bases para la elaboración de procesos biotecnológicos de producción sustentable, etapas necesarias previas a la comercialización de los bioproductos. Sectores como los de salud, alimentos y nutrición, agroquímica y protección de cultivos, industria y protección del ambiente, entre otros, se han visto y seguirán siendo beneficiados con el uso sustentable de estos recursos naturales vivos. En países desarrollados esta bioeconomía representa en cada sector unos cuantos multibillones de dólares.

Es importante mencionar que existen en los laboratorios de investigación del país, como resultado de las investigaciones de científicos colombianos, varios cientos de compuestos químicos de fuentes marinas y terrestres con potencial promisorio —comprobado— de transformación sustentable en bioproductos. Sin embargo, no se ha podido avanzar en los procesos que se necesitan para su transformación. Por este hecho una línea importante de avance en el país es el desarrollo de la ciencia básica necesaria para hacer realidad estos procesos.

De manera similar se está empezando a considerar el importante papel de la ciencia básica como soporte en el desarrollo de energías limpias — solar, la eólica, energía azul—; también se está mencionando cómo estudios básicos



servirán para contrarrestar la contaminación del aire como resultado de procesos industriales y por la carga de CO₂ de combustibles fósiles (calentamiento global).

En palabras de la Unesco: “Es responsabilidad de las generaciones actuales entregarles a las generaciones futuras un planeta que no esté irreversiblemente dañado por la actividad humana”.

Propuestas para protección del medio ambiente desde las Ciencias Básicas

Se propone el establecimiento de una política de Estado que financie a muy largo plazo un paquete de iniciativas de investigación básica relacionadas con la protección, la descontaminación del ambiente y el uso sustentable de recursos vivos; por ejemplo:

1. Proyectos de investigación básica tendientes a la búsqueda y utilización de microorganismos que puedan ser usados para la descontaminación de aguas y suelos.
2. Proyectos de investigación básica en química orgánica que lleven a la invención de nuevos materiales para sustituir los plásticos.
3. Proyectos de investigación básica en química y química farmacéutica para la producción sustentable de bioproductos a partir de nuestra biodiversidad.
4. Programas de investigación básica en Biología donde se determinen qué especies de plantas nativas son las más aconsejables, y en qué región, para hacer reforestación.
5. Programas de investigación básica que permitan el uso inteligente de la química sobre productos alimenticios en los cuales se prefieran ingredientes vegetales, de modo que se disminuya la producción de carne y con ello las emisiones contaminantes.
6. Contribuir a los estudios conducentes a sustituir, al menos en parte, las energías fósiles por energías limpias.



Por último, hacer desde la ciencia un llamado a educar a gobiernos y empresas sobre la importancia de la conservación del entorno en que vivimos. Para algunas de las propuestas anteriores se puede aprovechar el recién creado Consejo Nacional de Lucha contra la Deforestación y otros Crímenes Ambientales Asociados (Conaldef) para la defensa del agua, la biodiversidad y el medio ambiente —Art. 10, Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022—, que será el ente encargado de establecer la política en estos temas ambientales.

Impacto de las ciencias básicas para el logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)

Más de 130 naciones acordaron hacer grandes esfuerzos para lograr a 2030 un desarrollo sostenible y con equidad. Definieron 17 grandes objetivos y 160 blancos a los que se aspira (*aspirational targets*); para medir su progreso se definieron 230 indicadores. Para lograr estos ambiciosos objetivos será necesaria una clara decisión política, altas inversiones por parte de los gobiernos, pero también la construcción de políticas nacionales e internacionales muy bien sustentadas en evidencias —es decir, soportadas en ciencia—.

La ciencia tendrá un papel fundamental, y la ciencia básica uno muy especial por sus especificidades. El capítulo 35 de la agenda aprobada hace, en relación con este papel, un llamado a:

1. Fortalecer la base científica para el manejo sostenible.
2. Aumentar la comprensión de los asuntos científicos.
3. Mejorar la evaluación científica del largo término.
4. Construir una buena capacidad y potencial científicos.

La importancia de las ciencias básicas a veces es pasada por alto, porque sus resultados no parecen tener un efecto inmediato en los indicadores económicos. Pero el papel de la ciencia básica en el cumplimiento de los ODS va mucho más allá que una simple transferencia tecnológica, y no se debe limitar solo a ese aspecto.

Áreas en las que las ciencias básicas pueden generar un impacto en el logro de las ODS (Algunas propuestas repiten a las de otros puntos del documento; no obstante, se plantean nuevamente para señalar el impacto en el cumplimiento de los ODS).

1. Fomento de la transdisciplinariedad

Las ciencias básicas y del espacio están en una situación privilegiada para fomentar la transdisciplinariedad, reconocidamente necesaria porque la mayoría de los objetivos no responden a una disciplina única, ni dependen de un solo campo profesional. Las ciencias básicas, muy relacionadas entre ellas y con fronteras cada vez más difusas, son un foco ideal de encuentro.

Propuesta concreta

- a. Creación de centros de investigación enfocado en problemas no en disciplinas.

2. Mejorar la calidad de la educación

Uno de los problemas evidentes en la calidad de nuestra educación es la deficiencia en matemáticas y en ciencias naturales. Este es un ámbito natural de acción para las ciencias básicas.

Propuestas concretas

- a. La creación, en el Ministerio de Educación, de un consejo nacional para la conciliación de currículos de ciencia a niveles preescolar, básico, medio y superior.
- b. Generación de un programa nacional para la revisión y elaboración de currículos y métodos de enseñanza en las facultades de universidades y escuelas normales que preparan maestros.

3. Mejorar la asesoría científica en las decisiones políticas

La formación en ciencias básicas es reconocida por su rigor lógico y por no representar intereses políticos estrechos y de corto plazo. Eso la hace un

candidato de excelencia para apoyar el proceso de generación de políticas basadas en evidencia.

Propuestas concretas

- a. Crear la oficina de asesor científico de la presidencia.
- b. Promover la creación de un comité asesor de ciencia para el Congreso.

4. Mejorar la percepción social de la ciencia

Un problema sentido y que tiene impacto en las decisiones necesarias para cumplir los objetivos de desarrollo sostenible es el analfabetismo científico de amplios sectores de la población. Este es un tema en el cual las ciencias básicas tienen especial capacidad de acción.

Propuesta concreta

- a. Diseñar e implementar, con el apoyo del Ministerio de Educación, una cátedra de ciencia y estadística para facultades de periodismo y comunicación social.
- b. Diseñar un sistema de educación continua para periodistas y comunicadores centrado en la comprensión de la ciencia.

Regionalización y equidad

Un país con grandes inequidades como Colombia desperdicia gran parte de su potencial humano, y los sectores donde más se desaprovecha tienden a ser los más desfavorecidos y con una larga historia de pobreza y violencia. ¿Cómo podemos convertir esta barrera en oportunidad, y aprovechar la diversidad de Colombia para ponerla al servicio de su desarrollo en ciencias básicas y del espacio?

Una estrategia de aprovechamiento del capital intelectual necesita considerar la crucial diferencia que existe entre *talento intelectual* y *preparación académica*. Mientras que el talento se encuentra distribuido entre todos los sectores sociales, la preparación está altamente correlacionada con el estatus

socioeconómico y otros factores demográficos. Se ha demostrado que los exámenes estandarizados —que se usan normalmente como puerta de acceso al estudio de áreas especializadas— no son tan útiles como medida absoluta de talento y potencial profesional a largo plazo, y que pueden servir más como diferenciador entre individuos con similar preparación y condición social. Esto es particularmente cierto para áreas como las ciencias básicas y del espacio, que se caracterizan por requerir una sólida formación intelectual sin la garantía de un gran retorno económico inmediato.

Estas dinámicas son aún más dramáticas y relevantes para miembros de grupos subrepresentados en estas disciplinas, incluyendo minorías regionales y étnicas, mujeres, personas de estratos socioeconómicos bajos y personas en condición de discapacidad. La baja representación de estos grupos constituye, al mismo tiempo, una gran oportunidad de enriquecimiento de las capacidades del país, a través de estrategias relativamente sencillas que promuevan y estimulen su participación en el Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SNCTeI).

Estrategias propuestas:

- Educación

- a. Acceso: se propone la introducción de mecanismos de evaluación más integrales, donde los puntajes en exámenes estandarizados sean solo uno de múltiples factores para determinar el ingreso a la educación superior. Se propende por procesos que evalúen al individuo en su contexto y entiendan el talento como una característica multidimensional.
- b. Acompañamiento: se propone crear una serie de principios básicos y buenas prácticas para acompañar los procesos de adaptación de estudiantes al contexto académico.

- Financiación

Se propone introducir y reforzar planes de financiación de educación superior que tengan en cuenta el *costo total* del programa académico, más allá de los costos de matrícula.



- Regionalización

Entendiendo que la región es el primer nivel para la identificación y aprovechamiento del capital intelectual, y para sentar las bases de un sólido sncti, se propone:

- a. Estructura: definir en la región una clara estructura interdependiente que permita y estimule el acceso a todo habitante de su área de influencia a una formación académica de excelencia en las disciplinas de las ciencias básicas y del espacio.
- b. Financiación: se propone definir criterios para la creación de fórmulas que garanticen un porcentaje o monto mínimos para financiar las actividades regionales de educación e investigación en ciencias básicas y del espacio. Dado que estas son inversiones a largo plazo y sin los retornos económicos inmediatos que normalmente espera el sector privado, es esencial la participación del sector público en su financiación. Esto incluye los recursos del Sistema Nacional de Regalías (SNR).
- c. Gobernanza: se propone fortalecer y ampliar la autonomía de los Consejos Departamentales de Ciencia, Tecnología e Innovación (Codecti) como principales organismos de diseño de estrategias y supervisión de su ejecución a nivel regional; que se respetan los procesos políticos locales y que se reconozca la necesidad de su participación en los Codecti, y que se definan las limitaciones de su rol para lograr el nivel de autonomía que se requiere.

2.2.2 Reflexiones sobre la gobernanza del Sistema de Ciencia, Tecnología e Innovación

Es importante como sociedad y como Gobierno reconocer la importancia de las Ciencias Básicas y del Espacio para la sociedad. La posibilidad de tomar decisiones informadas no solo en ciencia y tecnología sino en muchos otros aspectos es muy importante en una sociedad moderna. Para generar un contacto directo entre Gobierno y academia se propone la creación de dos figuras, escogidas con el más alto estándar de mérito:

1. Una oficina asesora en asuntos de CyT en la Presidencia de la República –equivalente al Chief Scientific Officer que existe en algunos países–.
2. Un comité científico asesor del Congreso de la República.

Teniendo en cuenta que no hay planes de corto, medio o largo plazo para el desarrollo de las Ciencias Básicas y del Espacio en el país, se recomienda:

- a. Definir planes de desarrollo y planes de acción específicos para estas disciplinas, en el marco de la planificación general de la ciencia y el Estado.

Durante los últimos años ha habido una gran dependencia de la investigación básica en las regalías que produce la extracción petrolera y minera. Esta dependencia es problemática por la incertidumbre de su origen, de su continuidad y de sus montos. Adicionalmente, hay una mala articulación entre el Plan de Acuerdo Estratégico Departamental (PAED), el Órgano Colegiado de Administración y Decisión (OCAD) y el codecti, lo que deriva en falta de planes a largo plazo y un mal aprovechamiento de recursos. En este sentido, se propone:

- a. La presencia de las ciencias básicas y del espacio en los planes estratégicos de largo plazo, con un compromiso social que vaya más allá de los recursos de regalías.

Hoy hay una Comisión del Espacio coordinada por la Vicepresidencia de la República, pero por diversas circunstancias no ha mostrado mucho interés en promover la investigación en ciencias del espacio –el pasado gobierno canceló el proyecto de un satélite emblemático colombiano–. Se propone entonces:

- a. Crear una Agencia Colombiana del Espacio con las capacidades científicas y operativas necesarias y la participación de los ministerios de Defensa, de Ciencia, Tecnología e Innovación, de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones y de Minas y Energía.



- b. Empezar el desarrollo de un programa de ciencias espaciales bajo la coordinación del Ministerio de Defensa —por los conceptos de soberanía y posición geoestratégica del país—.

La sociedad colombiana sufre de un sentido generalizado de desconfianza que afecta de forma importante el desarrollo ágil de los proyectos científicos. Como resultado, hay una gran cantidad de normas que, pretendiendo más control, lo que hacen es generar ineficiencia, y en ocasiones —como ha pasado con las regalías— imposibilidad de ejecutar los recursos ya escasos. Se propone:

- a. Establecer con el Gobierno, el nuevo Ministerio de Ciencia , Tecnología e Innovación y las entidades de control, un “pacto de confianza” en la ciencia para diseñar procesos administrativos que le permitan competir con sus pares en otras naciones.
- b. Generar nuevas leyes —y mejorar las existentes—, dirigidas a incentivar la investigación en la industria — exenciones de impuestos, facilitación de importaciones, etc.—.
- c. Acelerar los procesos de reconocimientos de títulos del extranjero y de convenios de equivalencias con otras naciones.
- d. Creación de programas regionales de ciencias básicas y del espacio, y estímulo a alianzas regionales que incluyan zonas poco desarrolladas del país.

Los niveles de burocracia son muy altos y eso mina la capacidad de los investigadores de obtener resultados en tiempos razonables competitivamente. Se propone:

- a. Revisar las normas que regulan los procesos de generación, adjudicación, administración y seguimiento de los proyectos de investigación.

(Existe un documento en el que el foco amplía la descripción de normas inconvenientes, y otro más detallado en el que se propone un sistema

diferente para las licencias de acceso a material biológico y genético con fines investigativos).

2.2.3 Ciencias básicas y la estructuración de la actividad científica del país orientada por la Misión para los próximos 20 años

Teniendo en cuenta, de una parte, que Colombia es un país con una inmensa riqueza en biodiversidad pero muy poco estudiada; con muchas especies aún por descubrir y otras —entre terrestres y marinas— únicas (endémicas), y con varios puntos calientes (*hot-spots*) de biodiversidad como el Chocó biogeográfico y los Andes tropicales —la zona más rica y diversa del planeta—; y de otra, la excelente capacidad investigativa en ciencias básicas que tienen las universidades y centros de investigación del país —más de 550 grupos, cerca de 30 centros y los cinco institutos adscritos al SINA—, que han asumido el legado de los trabajos pioneros de Alexander von Humboldt iniciados en 1801, ampliándolo para continuar con el viaje a través del mundo complejo de los organismos vivos que nos acerca a la ruta de la bioeconomía. Así, estos investigadores, las instituciones públicas y privadas existentes y muchas otras que será necesario estructurar con nuevos grupos de investigación, serán quienes aborden la tarea de conocer, valorar, conservar y aprovechar sosteniblemente la biodiversidad del país con el fin de contribuir a un desarrollo sostenible, competitivo y socialmente incluyente. Adicionalmente, también vale la pena considerar como un activo más de respaldo, el entorno institucional que se tiene, muy favorable para el modelo de la bioeconomía desde la ciencia básica, antecedente importante de políticas de estímulo a la bioeconomía.

Así, considerando lo anteriormente mencionado, los miembros del foco participaron activamente con los otros siete focos de la Misión en el establecimiento de los tres retos definidos como el norte de la actividad científica del país para los próximos 20 años: Colombia Biodiversa, Colombia Productiva y Sostenible y Colombia Equitativa. Así mismo, desde la posición privilegiada que tiene la Ciencia básica en los estudios de biodiversidad



en el país (conocimiento, conservación y uso sostenible de flora, fauna y microorganismos), su contribución a la concepción de tres de las cinco megapropuestas de las investigaciones orientadas por misión respondiendo a los retos mencionados fue pieza fundamental para la formulación de ellas: Colombia diversa, bioeconomía y economía creativa; Agua y cambio climático; y Colombia hacia un nuevo modelo productivo sostenible y competitivo.

2.3 Conclusiones

El foco de Ciencias Básicas y del Espacio de la *Misión Internacional de Sabios 2019* abordó en forma muy comprometida los retos que se le propusieron. Su trabajo consistió en un análisis de las circunstancias actuales de la ciencia colombiana —especialmente la del alcance del foco—, y una reflexión profunda sobre las posibles soluciones, de las cuales se derivaron propuestas, algunas muy específicas y otras más generales, pero igualmente realizables. El diagnóstico se basó no solo en el gran número de documentos existentes sino en consultas directas a la comunidad académica y a otros sectores sociales como gobierno, empresariado, organizaciones sociales, la fuerza aérea, consultores internacionales y otros.

Este documento resume brevemente casi todas las reflexiones del foco; muchas de ellas están ampliadas, mejor fundamentadas y explicadas en documentos anexos que serán editados como un libro de memorias adicional al documento central de la Misión. Los textos fueron escritos por distintos miembros del grupo, pero fueron acordados como la posición del foco. Un primer mensaje enérgico a la sociedad colombiana consistió en una argumentación para convencerla de la importancia de que un país como Colombia haga esfuerzos en ciencia básica, aunque tenga problemas cotidianos que parecen más apremiantes. Se analizaron las revoluciones científicas de nuestra época y la necesidad de que el país no esté ausente de sus progresos, que fijarán el futuro del mundo.

Las propuestas a la nación versaron principalmente en el área de la educación, en la que se propusieron acciones diversas para mejorar la calidad de



la misma, para robustecer el cuerpo de los maestros y para relacionarla con la investigación científica. Se plantearon estrategias para que las ciencias básicas y del espacio estén presentes en la cultura nacional y que los ciudadanos tengan una ilustración básica en sus temas.

Se planteó la relación entre las ciencias básicas y el desarrollo tecnológico y se propusieron mecanismos para que este tenga impacto en el desarrollo de una empresa de avanzada. Se discutió la importancia de estas ciencias en los esfuerzos para conservar un medio ambiente sano, pero también en cómo aprovechar los potenciales de la biodiversidad para mejorar el bienestar de la población.

Se hizo explícito el marco del logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible como norte de la actividad científica, y se propusieron iniciativas para que esto fuera una realidad. Finalmente se discutieron problemas generales de gobernabilidad y normatividad de la actividad científica en el país y se señalaron cambios en la institucionalidad y en la normatividad que contribuirían a un buen impacto de la ciencia en el desarrollo.

Si bien cada foco hizo propuestas de acuerdo con su visión específica, muchas de ellas fueron comunes, y las presentadas se acordaron entre todos los miembros de la Misión.

Bibliografía

Pardo Martínez, C. I. y Cotte Poveda, A. (2017). *Indicadores de ciencia y tecnología, Colombia 2017*. Bogotá, D.C.: Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología.



3. Foco de Ciencias de la Vida y de la Salud: garantizar una vida saludable y promover el bienestar de todos los colombianos en todas las edades

Al mismo tiempo que se sirve a los intereses de la población colombiana, es esencial reconocer y alinear los intereses de múltiples actores para optimizar el impacto de la ciencia, la tecnología y la innovación en la salud y el bienestar en los próximos 25 años.

3.1 Propósito

Este documento presenta propuestas factibles y preguntas relevantes que debe abordar el Gobierno colombiano, visto a través de la lente de las ciencias de la vida y la salud, para que el país avance en los próximos 25 años. Estas preguntas y propuestas están destinadas a guiar la construcción e implementación de políticas y estrategias públicas que garanticen una vida saludable y así promover el bienestar de todas y todos los colombianos en todas las edades, conforme al tercero de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas.

3.2 El desafío clave

Nuestro reto 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 (CTeI) por parte de diferentes grupos de interés. Este es un reto en el contexto nacional en donde la inequidad, la corrupción, la polarización, la impunidad y la falta de confianza han alcanzado niveles extremos e insostenibles.

3.3 Antecedentes y contexto

El bienestar y la salud son el resultado del entorno social, económico, político y biológico. La salud y el bienestar se ven obstaculizados por altos niveles prolongados de inequidad, corrupción y falta de confianza, lo cual ha crecido en los últimos 40 años. En Colombia se necesitan once generaciones para que un bebé nacido hoy en una familia de bajos ingresos gane un salario promedio. Esto convierte al país en el miembro de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) con los indicadores más bajos de movilidad social, según un informe publicado en 2018 (OCDE, 2018). La desigualdad también hace de Colombia el tercer país más desigual de América Latina y el séptimo del mundo (Plazas-Gómez, 2018).

El viaje realizado por miembros del foco de Ciencias de la Vida y la Salud y la secretaría técnica a través de diferentes regiones de Colombia nos ha permitido experimentar la extrema desigualdad que existe entre regiones y entre áreas urbanas y rurales. Hay áreas del país profundo donde los determinantes de las condiciones de salud y bienestar se manifiestan negativamente por los efectos de la violencia y la marginalización social, así como por el suministro insuficiente de agua potable, saneamiento básico inadecuado, falta de electricidad y acceso limitado a las tecnologías actuales de comunicación e información, y formas precarias de comunicación terrestre o fluvial. La población que vive en zonas rurales y suburbanas sufre por los estragos del narcotráfico, el paramilitarismo, el conflicto armado, las amenazas a líderes comunitarios, la corrupción política, todo esto sumado a las enfermedades infecciosas y contagiosas que serían prevenibles mediante un enfoque socio-eco-epidemiológico, saneamiento o protección contra las condiciones ambientales, empleando ciencia y tecnología del siglo xx.



2. Datos presentados por la directora del Instituto Nacional de Salud, Foro en Cúcuta, 6 de agosto 2019.

El Estado tiene la deuda histórica de resolver los determinantes sociales de la salud —por ejemplo, migración, desnutrición, conflicto armado, economías ilegales, violencia doméstica, entre otros— para tener una sociedad con bienestar. El Instituto Nacional de Salud de Colombia estimó que el 43 % de la carga de la enfermedad se explica por el comportamiento del individuo, y el 19 % por el medio ambiente, por lo que el sector de la salud se enfoca en mitigar los daños y no en atacar la raíz². El gasto en salud del Ministerio de Salud se centra principalmente en la atención de enfermedades y no en su prevención en la promoción de la salud per se. En 2018, dicho Ministerio asignó solo el 13% de los recursos a actividades y programas de promoción y prevención, y gastó el 42% del presupuesto en productos biológicos, medicamentos y otros productos. No solo se necesitan tecnologías de vanguardia en salud. Para lograr la equidad, son fundamentales los enfoques innovadores para abordar los desafíos sociales que afectan la salud, y un enfoque explícito en la creación y mantenimiento de niveles óptimos de salud.

Este aspecto lo corroboran las principales necesidades en salud pública priorizadas en la Gran Encuesta en Salud:

- Prevención y atención de la salud mental, tanto en la población general como en los profesionales de la salud.
- Promoción de la salud y prevención de la enfermedad a gran escala.
- Acceso a medicamentos en todas partes para todos (Equidad en salud).
- Fomentar la actividad física para limitar la morbilidad y mortalidad evitables.

Esto resalta la percepción generalizada frente a la importancia de una mayor cobertura en los programas de prevención de enfermedades y promoción de la salud, así como también la oportunidad para llenar un vacío con respecto a la producción de conocimiento para la salud y a la promoción del bienestar para todas las personas, de todas las edades, en Colombia.

Entre 2012 y 2018, el fondo de regalías se convirtió en un hito que financiaba las capacidades regionales de ciencia y tecnología, aportando \$11,4 billones de pesos (Valencia-Cadavid y Acosta, 2018), pero solo

0,21 billones fueron asignados a salud. Entre 2012 y 2018, 32 de los 373 proyectos aprobados por el Órgano Colegiado para la Administración y la Decisión (OCAD), fueron en el área de la salud, área en la que se ha apoyado más proyectos, pero se han recibido menos recursos, ubicando a salud en una de las áreas que menos recursos por proyecto ha recibido (Tabla 1). De los 32 departamentos de Colombia, solo 11 y Bogotá han asignado rublos de regalías a proyectos de salud que incluyen intervenciones de salud pública, estudios epidemiológicos e investigación aplicada.

Programa	Proyectos aprobados	Recurso SGR en billones de pesos	Proporción dinero por proyecto
P. N. Ciencias Humanas Sociales y Educación	15	\$ 1,118	0,075
Programa Ondas	32	\$ 2,111	0,066
Fortalecimiento del Sistema Regional	6	\$ 0,372	0,062
P. N. Industrial	30	\$ 1,611	0,054
P. N. del Mar y de los Recursos Hidrobiológicos	23	\$ 0,967	0,042
Formación Alto Nivel	37	\$ 1,537	0,042
Centros y Parques	13	\$ 0,484	0,037
P. N. Ambiente, Biodiversidad y Hábitat	32	\$ 0,957	0,030
Apropiación Social del Conocimiento	14	\$ 0,363	0,026
P. N. Ciencias Básicas	1	\$ 0,021	0,021
P. N. Ciencias Agropecuarias	102	\$ 1,521	0,015
P. N. en Salud	32	\$ 0,215	0,007
P. N. Energía y Minería	20	\$ 0,059	0,003
P. N. en Ingeniería	13	\$ 0,021	0,002
TOTAL	370	\$ 11,358	0,031

Tabla 3.1 Recursos del Sistema General de Regalías (SRG) para CTeI agrupados por programas nacionales. Datos entre 2012-2018.

Elaboración propia. Fuente Colciencias.



De los 32 proyectos en salud, diez tienen al menos un componente que promueve el desarrollo de productos, la mejora de la investigación o la producción de capacidades locales.

De otro lado, el programa Nacional de Salud empleando recursos de Colciencias y los recursos del Fondo de Investigación en Salud (FIS) es el programa que más proyectos financia. En 2018, 178 proyectos recibieron recursos por un total de 68 510 millones de pesos (Poveda *et al.*, 2018).

Esta inversión en investigación en salud contrasta con la alta actividad científica y el número creciente de investigadores, lo cual ha posicionado a la salud como la más importante y representativa área del ecosistema científico del país (Minciencias, 2018). Otro aspecto relevante es que el país no ha concentrado sus esfuerzos y recursos económicos en la producción de innovación en biotecnología, o en la transformación de servicios de salud, dos áreas en las que el país tiene grandes oportunidades. La biodiversidad colombiana ofrece una alternativa para iniciar investigaciones y desarrollar programas que generen nuevas opciones para la prevención o el tratamiento de las condiciones que afectan negativamente la salud de la población y el resto del mundo, así como también para la generación de niveles óptimos de salud y bienestar para todas las personas, como parte de un planeta floreciente.

Al mismo tiempo, en el país se encuentran experiencias de innovación en salud que permiten la promoción de niveles óptimos de bienestar para todas las personas en todas las edades. En 1993, por ejemplo, se creó el programa Canguro de cuidado materno en el Instituto de Seguridad Social en Bogotá, que se transformó en la Fundación Canguro. El programa ha atendido anualmente a más de mil menores que nacen con bajo peso, y se ha convertido un referente de la Organización Mundial de la Salud para la elaboración de un método para el cuidado de infantes (WHO, 2003).

En 2018, una red integrada de servicios de salud ofrecidos por 35 organizaciones asociadas con Compensar EPS, en Bogotá, logró que el 88,6 % y el 93,1 % de sus 1,3 millones de afiliados pudieran auto reportar niveles positivos de salud y bienestar, ocupando 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, equivalente a USD 860 cuando se ajusta para lograr paridad del poder adquisitivo) (Serra *et al.*, 2018).

Si bien experiencias como esta establecen la base para que el país esté 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.

3.4 Salud y bienestar

El foco de Ciencias de la Vida y la Salud presenta novedosas conceptualizaciones sobre salud y bienestar que le permitirán a Colombia explorar opciones para lograr estar a la vanguardia mundial, al tiempo que enfrenta los desafíos nacionales.

La primera conceptualización —referida a la salud— reemplaza la definición de salud de la Organización Mundial de la Salud (OMS) —vigente desde su constitución en 1948— que considera la salud como “un estado de completo bienestar, físico, mental y social, y no solo la ausencia de enfermedad” (United Nations, 1948). Al ser imposible tener completo bienestar físico, mental y social, este abordaje impide a las personas ser sanas (Jadad, 2017) y las conduce a una guerra sin fin contra las enfermedades, tan intensa y persistente, que pronto se olvida de la salud en sí, y en donde la ausencia de enfermedad resulta ser su sinónimo. Esto se refleja en la medicalización que caracteriza a los 100 indicadores que la OMS utiliza para evaluar el estado de salud de países enteros (WHO, 2015) y a los que se utilizan para guiar al tercer Objetivo de Desarrollo Sostenible que sirve como base para las recomendaciones de este eje temático.

En 2011, luego de una conversación global de tres años sobre el significado de la salud (Jadad, y O’Grady, 2013) un grupo internacional de investigadores llegó a un consenso y propuso conceptualizar la salud como *la habilidad que tienen las personas y las comunidades para adaptarse y gestionar los desafíos físicos, emocionales o sociales que se presenten durante la vida* (Huber *et al.*, 2011). Este abordaje permite crear las condiciones para que todas las personas puedan



ser saludables (aun cuando tengan enfermedades diagnosticadas, inclusive terminales), incluir indicadores que evalúen a la salud en sí, y desmedicalizar a la sociedad y la vida (Jadad *et al.* 2017).

Así como sucedió con la palabra “salud”, el bienestar ha sido considerado desde inicios del siglo xx como un estado, algo que se puede evaluar externamente, o que depende de la provisión de bienes materiales. Similarmente, las limitaciones y los riesgos asociados con este punto de vista han motivado esfuerzos para posicionar al bienestar como una habilidad. Esto fue propuesto inicialmente por Amartya Sen en 1979, cuando introdujo el concepto de *capacidades humanas* en este contexto. Sen (1993) sugirió considerar el bienestar como “la habilidad para hacer actos valiosos” o para lograr un estado en el que pueda ser valioso. La limitación de este abordaje es que requiere que alguien juzgue lo “valioso”. En este caso, nuevamente se corre el riesgo de un enfoque predominantemente economicista del bienestar. Una aproximación probablemente más apropiada fue propuesta por Leonard Sumner, quien definió el bienestar como “la habilidad para juzgar que nuestra vida va, o está bien” (Sumner, 1996; Molyneux, 2007).

Estas conceptualizaciones permiten a las personas ser los principales protagonistas de los esfuerzos que apuntan a optimizar sus niveles de salud y bienestar. Por lo tanto, de manera análoga, la salud y el bienestar podrían evaluarse en respuesta a las siguientes preguntas:

- “En general, ¿cómo calificaría su salud: mala, regular, buena, muy buena o excelente?”
- “En general, ¿cómo calificaría su bienestar, entendido como la capacidad de juzgar que su vida va bien: malo, regular, bueno, muy bueno o excelente?”

Las respuestas a estas preguntas permitirían considerar los niveles de salud y bienestar como positivos (cuando las respuestas sean “excelente”, “muy bueno/a” o “bueno/a”) o negativos (cuando se responda “regular” o “malo/a”), posicionándolas como variables dependientes que permitan evaluar el impacto de innovaciones que busquen optimizarlos.

Si estas conceptualizaciones son adoptadas por el país facilitarían los esfuerzos para lograr el objetivo superior de este foco: garantizar una vida sana y promover el bienestar para todos en todas las edades. Al mismo tiempo, este

abordaje contribuirá a que Colombia continúe siendo uno de los epicentros más importantes del mundo para la creación de una ‘pandemia de salud y bienestar’ (Jadad *et al.*, 2017).

3.4.1 El sistema de salud, y el sistema de ciencia y tecnología

Los sistemas de salud y de ciencia, tecnología e innovación del país han tenido discursos y trayectorias muy distantes: en primer lugar, el sistema de salud ha puesto un excesivo énfasis en la enfermedad, así como en los aspectos económicos y de cobertura del sistema; en segundo lugar, no hay un sistema explícitamente dedicado al bienestar, lo cual lleva a la falta de claridad sobre la asignación de recursos, o el impacto de intervenciones que intentan mejorarlo; tercero, el SNCTeI se ha centrado en las tendencias de conocimiento y la productividad académica, dejando atrás sus contribuciones reales a la población. Para lograr la salud y el bienestar utilizando el conocimiento contextualizado, el sistema de salud debe ser la fuente de las preguntas, definiendo con precisión las oportunidades y los problemas o desafíos que requieren nuevos conocimientos; y el SNCTI debe utilizar el mejor conocimiento posible para generar valor a la sociedad, o producir nuevos conocimientos utilizando los principios fundamentales de la actividad científica y la infraestructura tecnológica disponible en la actualidad. En este sentido, una conversación entre los dos sistemas –salud y ciencia, tecnología e innovación– sobre salud y bienestar es fundamental para lograr un cambio real.

Según el Banco Mundial, en 2015 solo el 27 % de los instrumentos de CTeI (DNP y Banco Mundial, 2015) creados en Colombia resultaron de mecanismos formales de coordinación y diseño conjunto entre diferentes organismos gubernamentales. Aprendiendo de esta experiencia, asumimos que los gobiernos presentes y futuros crearán políticas e instrumentos que articulen capacidades internas, programas y recursos, para abordar desafíos clave de salud que promuevan el bienestar. Sabemos que la promoción de una ‘pandemia de salud y bienestar’ probablemente provocará un rechazo de aquellos que se benefician de la medicalización de la vida o de la provisión



de servicios sociales disfuncionales. En cualquier caso, el bienestar colectivo y el del planeta debe primar sobre los intereses que compitan con él tanto en el sector corporativo como en la comunidad científica.

Prerrequisitos

La salud se considera una habilidad apoyada y priorizada por el Estado y un componente esencial del bienestar de la población, también visto como una habilidad, mucho más allá del abordaje economicista tradicional. Para lograr la salud y el bienestar de todos, es necesario:

- Que la equidad sea el objetivo principal.
- Que el aprendizaje contextualizado (o la educación en contexto) sea prioritario.
- Que la transparencia, la integridad y la ética estén presentes en todas las instituciones gubernamentales, y que sean obligatorias.
- Que la evaluación permanente de las actividades de las instituciones gubernamentales y de su impacto sobre la salud y el bienestar garanticen el éxito de las recomendaciones.
- Que el Gobierno acepte e implemente las recomendaciones del foco de Ciencias de la Vida y la Salud.

Los recursos del Estado son finitos y los logros de las propuestas formuladas dependen de las capacidades locales. No obstante, ante estas limitantes el Estado debe ser estratégico y articularse en el territorio nacional para lograr las metas.

Resultados esperados

Aunque pueden ser muchos los resultados que se esperarían de la puesta en marcha de las iniciativas derivadas de las propuestas del foco, los prioritarios podrían ser:

- Lograr la convergencia entre las necesidades de la población en general y el interés del Gobierno, el sector productivo y los académicos.

- Cambiar el paradigma del sistema de salud centrado en la enfermedad hacia una nueva visión del sistema que considera la salud como un componente esencial del bienestar de la población, usando su autopercepción como los indicadores más importantes, a todo nivel.
- A través de la educación, lograr una cultura del autocuidado de la población, reforzado por todos los actores de la sociedad, en todos los lugares del país, consolidando al tiempo la autonomía sanitaria para promover la equidad.

Propuestas

Proponemos un sistema que verdaderamente se enfoque en la salud como componente del bienestar, que esté basado en el uso de conocimiento científico contextualizado para abordar problemas educativos, biomédicos y de salud pública. Vemos esta transformación como una manera de responder a las necesidades de las comunidades y lograr una sociedad sostenible e incluyente. De esta forma, se crea un modelo de bienestar individual y colectivo para reducir la desigualdad en el país y promover la plenitud para todas las personas, como parte de un planeta floreciente donde se respete la vida, en todas sus formas.

Nuestras propuestas señalan la importancia de utilizar el mejor conocimiento y movilizar el mejor talento disponible para dar soluciones a los determinantes ambientales —alimentos, exposición a agentes infecciosos, químicos y físicos, manejo de basuras, transporte, etc.— y sociales —factores relacionados con pobreza, educación discriminación, inseguridad, corrupción, impunidad, violencia, soledad etc.— sobre la salud y el bienestar. Este enfoque permite tener una visión integral de las comunidades y estructurar las recomendaciones. Entendemos que la investigación científica y tecnológica, y las actividades de innovación, solo contribuyen a la salud y el bienestar si pueden influir positivamente sobre factores genéticos, psicosociales, financieros, culturales y ambientales.

El enfoque propone, en su núcleo, repensar cómo es la estructura del sistema de salud. Proponemos un modelo “salutogénico” —o enfocado en lo que causa salud—, centrado en las personas. Este modelo incluye la creación de redes de salud y la producción de conocimiento en salud y bienestar, y acciones que



permitan optimizarlos, y reorienta el sistema hacia una atención integral —cuyo objetivo primordial no es la enfermedad—, y promueve la salud y el bienestar de las personas desde los niveles de atención primaria y comunitaria hasta los tradicionales de mayor complejidad, y en todos los demás entornos en los que se desarrollan las vidas humanas. Resultados positivos han sido demostrados en Colombia por la experiencia llevada a cabo por Compensar (Serra *et al.*, 2018). En términos de salud pública, las prioridades propuestas son: (1) la salud mental, tanto en la población general como en los profesionales de la salud; (2) los programas y campañas de promoción integral de la salud y la prevención de las enfermedades, y (3) equidad y aumento del acceso a las tecnologías de salud.

Para ser más eficiente, la medicina debe convertirse en una medicina personalizada, adaptada a cada paciente y contexto. Este nuevo paradigma implica técnicas avanzadas de informática como procesamiento de imágenes, visualización ergonómica e interactiva en 3D, redes de transmisión y comunicación de alta velocidad, bases de datos de referencia y un fácil acceso a centros médicos remotos. La población rural, lejos de los centros expertos, tendrá acceso a los últimos expertos médicos y tecnológicos a través de dicha infraestructura.

Proponemos la formulación de una política de CTEI en salud y bienestar para los próximos diez años, dirigida por el Ministerio de Salud y el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación. Esta política debe establecer y fortalecer los sistemas nacionales de investigación, esenciales para aumentar el bienestar y la salud de la población; reducir las desigualdades y la injusticia social para lograr, como mínimo, las metas de los Objetivos de Desarrollo Sostenible y excederlos, ya que estos continúan enfocados en una visión estrecha y medicalizada de la salud y el bienestar. Para esto es necesario aumentar las capacidades de investigación e innovación en salud, incluyendo actividades explícitamente enfocadas en evaluar y optimizar el bienestar. Una política de CTEI debe centrarse en el uso del conocimiento para lograr transformaciones reales en los sistemas sociales, especialmente en temas relevantes como la salud y el bienestar, y no exclusivamente en la generación de valor, productividad y competitividad a través de la generación de nuevo conocimiento o de la innovación tecnológica.



Los principios de respeto y dignidad deben regir la política y, a su vez, la política y sus instrumentos deben respetar la pluralidad epistemológica y las múltiples metodologías; pero, sobre todo, el papel protagónico que la comunidad en general, y en especial la juventud, deben jugar en la transformación del país a través de sus actividades de investigación e innovación.

Considerando que la capacidad del SNCTI en salud no es homogénea en el territorio nacional, y que el bienestar como habilidad ha jugado, hasta ahora, un papel marginal, la política debe permitir: (1) promover la consolidación y movilización de capacidades en las ciudades capitales, en todos los segmentos de la sociedad, para resolver los desafíos nacionales; y (2) desarrollar capacidades en todo el país para abordar los desafíos locales de salud y bienestar con programas adscritos a los planes de desarrollo local, y la implementación del Modelo de Atención Integral Territorial (MAITE). La política debe fortalecer los sistemas regionales de CTEI en salud, articulados con las autoridades locales y expandidos para incluir formalmente el bienestar como su objetivo. Consideramos que el 10 % de los recursos de regalías departamentales deben asignarse al financiamiento de la investigación e innovación en salud y bienestar, con el apoyo del Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, a través de su grupo de gestión regional.

Es bien sabido que la innovación y el progreso provienen de la investigación básica; sin embargo, en el campo de la salud se debe considerar, además, un aspecto fundamental: la multidisciplinariedad. Los avances más recientes en imágenes médicas provienen de la física —la resonancia magnética es un buen ejemplo—; las herramientas en salud vendrán de la informática y la tecnología —robótica para cirugía, inteligencia artificial para diagnóstico, entre otros—, en fin, todas áreas donde las ciencias básicas están involucradas.

Proponemos desarrollar modelos de aprendizaje que integren, alineen y armonicen el conocimiento impartido a todos los ciudadanos y miembros del sistema de salud, expandiendo las actividades al bienestar. Los modelos apuntan a lograr la apropiación del conocimiento producido local y globalmente por todos los actores relacionados con el bienestar, desde el individuo hasta la sociedad global. La apropiación del conocimiento debe lograrse para promover procesos de innovación tecnológica y social dirigidos a la atención primaria



en salud, a promover el bienestar, y a responder con nuevas estrategias de diagnóstico, tratamiento y rehabilitación a las enfermedades que afectan a la población colombiana.

Además, el país debe avanzar hacia una soberanía en tecnologías de la salud, para controlar las amenazas derivadas de eventos externos que afectan el suministro de productos esenciales para la gestión de enfermedades, y para evitar el desperdicio de recursos que podrían contribuir al bienestar. Si es necesario, en casos de interés público el país debe utilizar la compra pública de medicamentos, hacer cumplir los acuerdos de transferencia de tecnología con empresas internacionales para producir los medicamentos localmente, y promover la producción de formulaciones magistrales. Finalmente, se debe fortalecer el potencial de exportación, con un impacto en el desarrollo socioeconómico del país.

Las recomendaciones presentadas se dividen en ocho temas. Para cada tema presentamos recomendaciones y objetivos a alcanzar en un corto (2020-2022), mediano (2022-2030) y largo plazo (2030-2045). Si el Estado, a través de múltiples gobiernos, tiene un compromiso serio con estas recomendaciones, Colombia aumentará su probabilidad para lograr un cambio sostenible en la salud y el bienestar de la población, e idealmente convertirse en un ejemplo para el resto de la humanidad.

1) Abordar los determinantes identificados de la salud y el bienestar

Responsables: Instituto Nacional de Salud y Ministerio de Salud y Protección Social.

Aliados: Asociación Colombiana de Empresas de Medicina Integral (ACEMI), academia, sectores productivos y comunitarios.

Período 2020-2022

Propuestas específicas

- a. Desarrollar un programa nacional —para los próximos 15 años— para abordar los determinantes de la salud y el bienestar, el cual debe incluir:

- Identificar y seleccionar los indicadores que determinan la salud y el bienestar del país —por ejemplo, acceso al agua potable, índices de desigualdad, equidad de género, corrupción—, utilizando la autopercepción de la salud y el bienestar como los indicadores más importantes de impacto.
 - Estandarizar la obtención de datos de referencia en todas las regiones del país para que sean confiables y evaluar los determinantes de la salud y el bienestar.
 - Caracterizar y evaluar la estructura y la capacidad de los servicios de salud para prevenir y abordar adecuadamente los problemas prioritarios de las comunidades.
 - Identificar las mejores experiencias nacionales e internacionales —Santa Mónica, EE. UU.; Dinamarca; Singapur— como referentes para diseñar el plan de abordaje de los determinantes de la salud.
 - Formular los objetivos a alcanzar en el mediano (2022-2030) y largo plazo (2030-2045).
 - Definir acciones y establecer un plan de implementación.
- b. Fortalecer el Programa Nacional de Salud y Medicina Familiar y Comunitaria con líderes sociales, hospitales rurales, centros hospitalarios y universidades para compartir buenas prácticas en salud comunitaria y poblacional, y crear alianzas y estrategias compartidas. Este programa fortalecerá y permitirá que el MAITE sea una realidad, expandiéndolo para que incluya bienestar explícitamente como una de sus metas.
 - c. Incorporar los resultados de investigación obtenidos con recursos públicos en la atención primaria en salud, empezando con una estrategia de apropiación social del conocimiento y dirigiendo los objetivos de investigación al análisis de los principales problemas de salud pública, y los factores que promueven niveles óptimos de bienestar.
 - d. Desarrollar acciones para abordar la salud mental en todo el país, y en las zonas rurales enfatizar en las poblaciones afectadas por el conflicto



armado, la violencia y la economía ilegal. El Estado debe liderar esfuerzos que promuevan acciones colaborativas con otros actores.

- e. Acatar las prioridades y recomendaciones para la salud emanadas del análisis de la Gran Encuesta en Salud en CTeI.

Período 2022 - 2030

Propuestas específicas

- a. Implementar los programas diseñados en el periodo anterior para alcanzar los objetivos trazados.
- b. Transformar el Ministerio de Salud y Protección Social en el Ministerio de Salud y Bienestar, formulando una política a largo plazo para el bienestar nacional.
- c. Tener acceso a telesalud en las regiones rurales de Colombia, incluyendo el acceso a las redes de transmisión y comunicación de alta velocidad, e introducir esfuerzos para promover el telebienestar.

Metas

- Alcanzar cobertura del 100 % en agua potable y saneamiento básico.
- Cumplir los Objetivos de Desarrollo Sostenible relacionados con los determinantes de la salud y el bienestar, más allá del tercer objetivo.
- Cumplir con las metas en salud de Colombia Equitativa formulada por la Misión de Sabios a partir de los reportes de equidad en salud (Ministerio de Salud y Protección Social (2015)).
- Lograr que menos del 1 % de los niños colombianos presenten bajo peso, tanto en las zonas rurales como en las urbanas.
- Disminuir la mortalidad perinatal y neonatal tardía a menos de 12 muertes por 1000 nacidos vivos en todos los departamentos de Colombia.

- Disminuir la depresión y ansiedad a menos de un 10 % en la población civil que habita en zonas históricas afectadas por el conflicto.
- Lograr que al menos el 90 % de la población reporte niveles positivos de salud y bienestar.
- Crear una lista revisada de los determinantes de la salud y el bienestar, basados en la autopercepción, en investigación enfocada en ellos, y en la participación activa de la población.

Período 2030-2045

Metas

- Estar en el decil superior mundial de todos los indicadores seleccionados en el programa nacional, considerando la autopercepción de la salud y el bienestar, como los principales.
- Haber reducido la incidencia de las enfermedades más prevalentes a través de los procesos de CTeI.
- Incrementar –en cinco años– los años de vida libre de enfermedad tanto en hombres como en mujeres.
- Sostener los resultados alcanzados en los años anteriores.
- Proponer un modelo nacional enfocado en la optimización de la salud y el bienestar, más allá de la lucha contra las enfermedades y la muerte, o la satisfacción de necesidades materiales, respectivamente.

2) Formular la Política nacional de investigación e innovación para la salud y el bienestar (PIISB) y modificaciones de instrumentos

Responsable: Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación (Minciencias)

Aliados: Presidencia y Vicepresidencia de la República, Ministerio de Hacienda, Ministerio de Salud y Protección Social (MSPS), Departamento



Nacional de Planeación (DNP), Congreso de la República, Federación Nacional de Departamentos.

Período 2020 - 2022

Propuestas específicas

- a. Formular la Política Nacional —proyecto de ley, CONPES y CONFIS— de investigación e innovación para la salud y el bienestar (PIISB) empleando el modelo de política de innovación transformativa. La política debe dirigir la agenda investigativa promoviendo la articulación y creación de redes que fomenten el bienestar, respetando e incluyendo los saberes locales. La política debe actualizarse cada ocho años, y debe incluir:
 - La creación de una agenda nacional de prioridades de investigación en salud, considerando las características y problemas regionales que limitan el logro de niveles óptimos de bienestar.
 - La definición de indicadores nacionales de investigación e innovación para la salud y el bienestar, y establecer la línea de base (p.ej., OCDE, BID, OMS).
 - La articulación de programas, recursos, estrategias e incentivos dentro del Gobierno —Minciencias, Ministerio de Salud y Protección Social, Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, Ministerio de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones— para promover la investigación e innovación en salud y bienestar.
 - La promoción de la participación del público en general en el proceso de toma de decisiones sobre lo que debería ser la innovación pública para la salud y el bienestar en un país moderno.
 - La inclusión de incentivos que promuevan la articulación interdisciplinaria, interorganizacional e internacional de investigadores e innovadores en salud y bienestar.
 - Incorporar la interculturalidad como uno de sus pilares.

- Un apartado que busque el bienestar de los investigadores e innovadores en el área de salud.
- Los instrumentos deben financiar proyectos por cuatro años o más, y con financiación mayor a USD 500 000 por proyecto.

Las líneas de la política sugeridas son:

- Investigación en salud pública y bienestar.
 - Investigación básica, interdisciplinaria y convergente.
 - Nuevas tecnologías y redes digitales para una asistencia sanitaria y de bienestar de alto nivel.
 - Investigación clínica.
 - Innovación social para la salud y el bienestar
 - Fortalecimiento de la innovación tecnológica en salud y bienestar.
 - Diálogo de saberes en salud y buen vivir
 - Investigación traslacional y medicina personalizada con el fin de promover salud y bienestar de precisión.
- b. Crear el estatuto del investigador y del innovador en salud y bienestar.
 - c. Establecer una veeduría internacional para supervisar las diferentes instituciones públicas relacionadas con CTeI, en particular el nuevo Minciencias, con lo cual se pretende garantizar la transparencia de las convocatorias, destinación de recursos y ejecución de proyectos, especialmente en lo relacionado con la salud y el bienestar.
 - d. Crear convocatorias específicas para evaluar y caracterizar las políticas de salud y bienestar en Colombia y generar recomendaciones para modificarlas.
 - e. Reformar el Decreto 1437 de 2014 en el cual se defina el papel del Consejo Nacional del Programa de Salud de CTeI, extendiéndolo para que incluya formalmente al bienestar. Investigadores e innovadores con credibilidad y reconocimiento deben ser parte de la Comisión



Nacional. Minciencias puede continuar como la entidad ejecutora. Del mismo modo, la reforma del decreto debe definir claramente los roles y el alcance de cada uno de los actores, y determinar cómo utilizar los recursos del Fondo de Investigación en Salud para evitar interpretaciones subjetivas, y para maximizar el impacto sobre el bienestar a todo nivel.

- f. Cada entidad territorial asigna el 10 % de la transferencia de regalías del fondo de CTEI para investigación e innovación en salud y bienestar.
- g. Crear la red nacional de laboratorios de salud pública y fortalecer los institutos públicos de investigación, integrando sus capacidades humanas y tecnológicas (ver sección 4.7.5. Fortalecimiento del ecosistema científico mediante la integración de los institutos públicos de CTEI. Documento Informe de la Misión Internacional de Sabios).
- h. Establecer un nuevo modelo de clasificación para grupos de investigación, investigadores e instituciones, basado en sistemas validados internacionalmente —por ejemplo, OCDE—. Debe incluir incentivos alineados con la optimización de la salud y el bienestar.
- i. Crear y mantener actualizada la plataforma con información sobre los actores del SNCTEI en salud y bienestar incluyendo sus capacidades tecnológicas y humanísticas.

Período 2022 – 2030

Propuestas específicas

- a. Crear un comité de evaluación internacional para examinar la implementación y el impacto de la PIISB.
- b. Diseñar e implementar un programa para retener el talento capacitado, atraer a la diáspora colombiana y estimular la inserción de investigadores e innovadores de alto nivel de otras regiones del mundo —por ejemplo, la Cátedra de Investigación del Milenio de Canadá—.

- c. Aumentar la participación de Colombia en redes internacionales de investigación e innovación, creando alianzas multinacionales para financiar proyectos de investigación e innovación en salud y bienestar.
- d. Diseñar un programa para compartir los principales aspectos del modelo 5P –población, predicción, prevención, personalización y participación– para el estudio y manejo de diferentes condiciones o situaciones que afectan la salud y el bienestar a nivel individual o colectivo (Anaya *et al.*, 2016). Este modelo 5P puede ayudar en la optimización del MAITE y la interrelación de políticas de salud del MSPS y del SNCTel .

Metas

- Aumentar la inversión pública en investigación e innovación en salud y bienestar, y hacerla equivalente al promedio de los miembros de la OCDE.
- Vincular al 90 % de los Ph. D capacitados en salud y bienestar en instituciones académicas, Gobierno, centros de investigación y desarrollo y sector productivo, con una estabilidad laboral y de ingresos comparable entre sectores.
- Aumentar al 10 % los recursos asignados al Fondo de Investigación en Salud de los recursos de juegos de azar, y dirigirlos a la creación y optimización de la salud y el bienestar a todo nivel.
- Lograr que el nivel de bienestar positivo de los investigadores e innovadores en el área de la salud y el bienestar sea superior al 95 %.

Período 2030 - 2045

Metas

- Ser reconocido en América Latina como uno de los tres primeros países en investigación e innovación en salud y bienestar.
- Haber creado el mejor modelo de política estatal en investigación e innovación en salud y bienestar para el mundo.



- Ser líderes en la creación y utilización de conocimiento en CTEI y humanidades para mejorar la salud y el bienestar.

3) Creación de redes de servicios de salud integrados basados en la confianza

Responsable: Ministerio de Salud y Protección Social.

Aliados: Ministerio de Educación, Ministerio de Cultura y Deporte, Minciencias, ACEMI, Asociación Nacional de Empresarios (ANDI), Asociación Colombiana de Especialistas en Medicina de Urgencias y Emergencias (ACEM), Gestar Salud, ACESI, ASCOFAME, ASCUN, Academia Nacional de Medicina de Colombia, ligas colombianas y asociaciones de consumidores.

Período 2020-2022

Propuestas específicas

- a. Acordar con todas las EPS e IPS en Colombia un modelo basado en la confianza para la prestación de servicios de salud y bienestar, en red para todos los colombianos, utilizando como mínimo los resultados obtenidos por Compensar EPS. Como meta se debe garantizar que al menos el 90 % de las poblaciones a las que sirven experimenten niveles positivos –autopercebidos– de salud y bienestar.
- b. Seleccionar un conjunto común de indicadores reconocidos internacionalmente, que sean utilizados por las EPS, para evaluar la capacidad de cada red integrada de atención médica en Colombia.
- c. Formular los objetivos a alcanzar en el mediano (2022-2030) y largo plazo (2030-2045), con el respaldo formal de las principales instituciones gubernamentales, corporativas, académicas y de la sociedad civil dentro del sector de la salud y el bienestar.
- d. Desarrollar y aprobar un código para promover y recompensar la transparencia y el comportamiento ético elaborado entre todas las organizaciones

- nacionales interesadas en el sector de la salud y el bienestar, y para castigar —idealmente con la muerte social—, todos los actos de corrupción.
- e. Diseñar un módulo digital capaz de interactuar con la mayoría de los estándares utilizados por los sistemas de información de la salud, y capaz de extraer datos a través de diferentes instituciones que participan en la prestación de servicios en Colombia. La herramienta debe permitir la toma de decisiones en tiempo real e integrar información clínica, financiera, operativa y administrativa para optimizar los resultados y recompensar a los miembros de la red en función de su desempeño, a diferentes niveles.
 - f. Invitar a todos los países del mundo a unir esfuerzos para completar una pandemia de salud y bienestar.

Período 2022 - 2030

Propuestas específicas

- a. Implementar un Programa Nacional de Salud y Bienestar, destinado a que los colombianos alcancen niveles positivos de salud y bienestar.
- b. Crear redes nacionales de organizaciones centradas en el desarrollo de nuevas ocupaciones dedicadas a la promoción, preservación, fortalecimiento y difusión de la salud y el bienestar.
- c. Posicionar a Colombia como la nación que facilita colaboración global para optimizar los niveles de salud y bienestar en todas las personas como parte de un planeta floreciente.

Metas

- El Ministerio de Salud y Protección Social debe haber incrementado su inversión en promoción de la salud y el bienestar, y de la prevención de enfermedades, pasando del 13 % (Arciniegas *et al.*, 2018), al 26 % en 2023.



- El 100 % de las personas en Colombia se benefician de modelos centrados en la salud que ofrecen opciones integrales de servicios diseñados para prevenir lo prevenible, curar lo curable, aliviar lo confiable, controlar lo controlable y trascender lo inevitable.
- Más del 95 % de los colombianos expresan niveles autopercebidos positivos de salud y bienestar.
- Colombia se convierte en el centro y principal promotor de una iniciativa global para permitir a todos los humanos alcanzar niveles autopercebidos positivos de salud y bienestar.

Período 2030-2045

Meta

- Reconocimiento del modelo basado en la confianza para la provisión de servicios de salud y bienestar en red , como el estándar para el mundo.

4) Soberanía para la salud y el bienestar

Responsables: Ministerio de Salud y Protección Social, Ministerio de Comercio, Industria y Turismo.

Aliados: Minciencias, Invima, Congreso de la República, universidades y escuelas de salud, industria farmacéutica, organizaciones de acceso a medicamentos, EPS e IPS.

Período 2020 - 2022

Propuestas específicas

- a. Formular e implementar una Política industrial en salud que fomente el desarrollo y producción de tecnologías y servicios de interés para la salud pública. La política debe:
 - Promover la actualización industrial a través de la transferencia e intercambio de conocimiento.

- Fortalecer todo el sistema de innovación y producción de tecnologías en salud buscando disminuir la dependencia tecnológica del país en áreas estratégicas de salud pública.
 - Crear un fondo para la innovación en salud y bienestar de acuerdo con las mejores referencias nacionales (ej.: Fundación Nacional para la Innovación, Canadá). La financiación de la innovación debe considerar las diferentes fases de desarrollo de productos, servicios, procesos y plataformas, para maximizar los niveles de salud y bienestar.
 - Consolidar las unidades de innovación en universidades y centros de investigación en diferentes regiones del país que faciliten la vigilancia y transferencia tecnológica en áreas de salud y bienestar.
- b. Algunos incentivos que la política debe incluir son:
- Líneas de crédito blando para la inversión industrial orientada a la producción de tecnologías para la salud y bienestar esenciales y estratégicos para la soberanía del país.
 - Dar incentivos fiscales durante diez años a quienes desarrollen nuevos medicamentos y otras tecnologías en salud y bienestar.
 - Eximir del IVA los insumos utilizados por la industria local para la fabricación y comercialización de productos estratégicos de salud y bienestar, que pueden ser definidos por el Ministerio de Salud.
- c. Priorizar la investigación, vigilancia tecnológica, innovación y producción alrededor de tecnologías para la salud y el bienestar, con énfasis en:
- La prevención y el tratamiento de enfermedad olvidadas, emergentes y aquellas priorizadas por el Ministerio de Salud y la Protección Social.
 - Medicamentos sujetos a escasez.
 - Vacunas, métodos de diagnóstico y medicamentos para la prevención, detección y tratamiento de enfermedades infecciosas desatendidas.
 - Medicamentos biotecnológicos relevantes.



- Áreas prioritarias a nivel mundial en las que Colombia pueda hacer una contribución importante, evitando competir con grupos a los que es imposible superar.
 - La preparación del país para poder explorar oportunidades que aún son inimaginables, y que inevitablemente se harán visibles en los siguientes 25 años.
 - Crear un marco regulatorio para la fabricación local de reactivos y kits diagnósticos, incluida su validación.
 - Promover la producción de fórmulas magistrales en hospitales e institutos públicos.
- d. Certificar por separado los comités y los sitios de investigación clínica en *Buenas Prácticas Clínicas*. Los hospitales de baja complejidad —IPS en áreas rurales— deben pagar menos por la certificación. Este cambio permite la investigación clínica en regiones donde solo se presenta determinada enfermedad —enfermedad endémica—.
- e. Actualizar la resolución 2378 de 2008 —de investigación clínica—, y 8430 de 1993 —de investigación de salud—, las cuales tienen 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 tiene que incluir a la comunidad para evaluar las consecuencias de la regulación, la cual debe ser eficiente y garantizar la confianza jurídica, técnica y social.

Período 2022 – 2030

Propuestas específicas

- a. Desarrollar un programa nacional sobre alimentos para la salud y el bienestar enfocado en:
- Nutrición y nuevos productos saludables.

- Nutrición personalizada en el mantenimiento de la salud y prevención de enfermedades crónicas.
 - Sostenibilidad y nutrición empleando nuestra biodiversidad, tradiciones gastronómicas locales y productos y tecnologías que permiten procesos mínimos.
 - Implicaciones clínicas de la nutrigenómica en la salud pública.
- b. Formular incentivos para disminuir la ingesta de alimentos nocivos para la salud (ej. Ley contra comida chatarra, impuesto a productos azucarados).

Metas

- Duplicar el número de medicamentos esenciales y la diversidad de tecnologías (no necesariamente número de unidades) producidas en el país para abordar las necesidades de salud y bienestar de la población.
- Tener en el mercado al menos diez nuevos medicamentos, fitoterapéuticos o productos biológicos, desarrollados en el país que atiendan las principales enfermedades de salud pública de Colombia
- Posicionar al actual Instituto de Evaluación de Tecnología de la Salud (IETS) como un referente internacional en la evaluación de tecnologías para el sector salud. Su fortalecimiento requiere la provisión de recursos económicos, la capacitación del personal y el fortalecimiento de su capacidad tecnológica.

Período 2030 – 2045

Metas

- Tener autonomía en tecnologías para la salud a través de la promoción de la innovación y el desarrollo de productos.



- Desarrollar una industria de dispositivos médicos adaptada a las condiciones colombianas.
- Triplicar las empresas de terapias avanzadas en Colombia.
- Desarrollo de un marco conceptual, estratégico, táctico y operativo para promover la soberanía relacionada con el bienestar, construyendo sobre la experiencia en el área de la salud.

5) Reformar el modelo de aprendizaje

Responsable: Ministerio de Educación

Aliados: Presidencia y Vicepresidencia de la República, Ministerio de Hacienda, Ministerio de Salud, Minciencias, Ministerio de Cultura, Departamento Nacional de Planeación, Congreso de la República, universidades y escuelas de salud, Ascofame, EPS e IPS-hospitales.

Período 2020 - 2022

Propuestas específicas

a. Formación para la vida

- Implementar el “Proyecto Cosmología” propuesto por la anterior Misión de Sabios, adaptándolo a la salud y el bienestar.
- 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.
- Poner en marcha iniciativas para evitar el agotamiento mental de los profesionales de la salud, y promover su bienestar y su transformación en ejemplos para la sociedad.

- Continuar con la estrategia de escuelas saludables en el país. A nivel escolar, los colegios deben incluir en su contenido temas como: alimentación saludable, medio ambiente, conservación, autocuidado, hábitos saludables y otros contenidos pertinentes según sus contextos locales.
- Crear un programa dirigido a involucrar y empoderar a las personas y las comunidades brindándoles la oportunidad, espacios para el desarrollo de habilidades y los recursos necesarios para ser usuarios informados y corresponsables, así como líderes para la promoción del bienestar y el diseño, uso y evaluación de los servicios de salud.
- Implementar unidades de apoyo para pacientes y familias en las instituciones de salud de los diferentes niveles del sistema de salud, con énfasis en la salud y el bienestar de cuidadoras y pacientes frágiles.

b. Formación académica y profesional

- Crear el observatorio para la formación del talento humano nacional en salud y bienestar a todos los niveles, permitiendo el análisis de su distribución en el territorio nacional, el diseño de estrategias para su actualización y creación de actividades para promover el bienestar de esta población.
- Evaluar y enriquecer las recomendaciones de Ascofame en educación médica para el pregrado, postgrado y el desarrollo profesional permanente (Ministerio de Salud y Protección Social, 2015), llevándolas más allá del énfasis en la enfermedad para enfocarlas en la salud y el bienestar.
- Implementar un examen de recertificación quinquenal para los profesionales de las ciencias de la vida y la salud que permita garantizar las competencias mínimas para ejercer sus funciones como generadores de salud y bienestar.
- Coordinar los programas de semilleros de investigación e innovación en todo el país, proporcionando recursos y estrategias de diseño para



alentar a los estudiantes a desarrollar nuevas carreras en investigación y crear nuevas opciones profesionales.

- Fortalecer el trabajo entre los gremios académicos y profesionales con las universidades para promover el aprendizaje durante toda la vida, sobre todo en el ámbito de la investigación y la innovación, la formación continua, estableciendo pautas de calidad para la optimización de la salud y el bienestar.
- Implementar una estrategia para fortalecer la figura de los hospitales universitarios con un componente significativo de investigación e innovación en salud y bienestar, y optimizar su papel en la creación, el mantenimiento y el fortalecimiento de la salud y el bienestar a través de procesos de intervención en colaboración con las comunidades.
- Crear un programa educativo, dirigido por Minciencias, para servidores públicos a nivel nacional sobre ciencias de la salud y el bienestar a la luz de nueva evidencia y las necesidades, expectativas, valores y preferencias de las comunidades.

Período 2022 - 2030

Metas

- Desarrollar programas de aprendizaje y educación comunitarios, de al menos cuatro años, que promuevan la salud y el bienestar en toda la comunidad, en todos los niveles, incluyendo programas dirigidos a asociaciones de pacientes, grupos comunitarios y líderes sociales.
- Incrementar la apropiación social del conocimiento mediante la construcción de parques o centros didácticos interactivos enfocados en la salud y el bienestar.
- Apoyar la implementación de programas interinstitucionales para crear capacitadores de salud y bienestar comunitarios, especialmente a nivel rural.

- Crear una red de incubadoras de innovación social para responder a las necesidades y desafíos de la transformación social y el bienestar general de diferentes comunidades.

Período 2030 - 2045

Metas

- Ser un país reconocido en América Latina como líder en la enseñanza y el aprendizaje de la salud y el bienestar.
- Haber creado el mejor modelo de política estatal en la OCDE para la educación comunitaria en salud y bienestar.
- Lograr que los programas de formación y aprendizaje en salud y bienestar además de cumplir criterios de calidad internacional respondan a las necesidades de las diversas comunidades que constituyen nuestro país.

6) Ética y transparencia.

Responsable: Minciencias.

Aliados: Ministerio de Salud y Protección Social, Invima, Ministerio de Educación, Congreso de la República, universidades y escuelas de salud, Empresas Promotoras de Salud, Instituciones Prestadoras de Servicios de Salud.

Período 2020 - 2022

Metas

- Crear e implementar mecanismos efectivos para reducir el impacto de la corrupción, la impunidad y otros factores sistémicos con efectos perversos en los presupuestos, su ejecución y la provisión de servicios, idealmente con muerte social para los infractores.



- Fomentar la adherencia de los actores del sistema de salud a las políticas y prácticas del pacto por la transparencia de Colombia.
- Promover una modernización (adaptación) de la estructura administrativa para la investigación e innovación en las instituciones involucradas en el sistema de salud para promover su impacto en el bienestar.
- Fortalecer los comités de ética a nivel nacional entre el Invima y Minciencias.

Período 2022 - 2030

Metas

- Revisar el funcionamiento de los comités de ética y bioética de las instituciones que realizan investigaciones en salud y bienestar.
- Fortalecer las unidades para la gestión de oportunidades de investigación, desarrollo e innovación en el campo de la salud y el bienestar.

7) Cierre de brechas regionales, de género, edad y etnia.

Responsable: Presidencia y Vicepresidencia de la República, Ministerio de Hacienda.

Aliados: Minciencias, Ministerio de Salud y Protección Social, Departamento Nacional de Planeación, Congreso de la República, Federación Nacional de Departamentos, Ministerio de Educación, universidades y escuelas de salud.

Período 2020 - 2022

Metas

- Consolidar una comisión asesora para gobernadores, alcaldes de departamentos y ciudades sobre temas de salud pública y crei en salud y bienestar.

- Promover diferentes líneas de investigación e innovación según los intereses de cada departamento y sus necesidades propias en ciencias de la vida, la salud y el bienestar.
- Fortalecer las capacidades y redes de investigación e innovación en salud y bienestar en los diferentes territorios del país.
- Promover el desarrollo y la educación en ciencias de la vida y la salud en las regiones de menores recursos, teniendo en cuenta sus prioridades y apoyando el diálogo de saberes con las comunidades, especialmente las que cuentan con conocimientos tradicionales.
- Implementar una plataforma abierta de datos e información sobre investigación e innovación en salud y bienestar a la que tengan acceso los tomadores de decisiones a nivel regional.
- Evaluar y diseñar estrategias para cerrar las brechas en accesos a recursos para la salud y el bienestar por los diferentes grupos poblacionales.
- Implementar programas que promuevan el valor de la diversidad como cultura subyacente de las organizaciones, que impartan conocimientos sobre cómo gestionar una fuerza laboral más diversa y cómo atraer, retener y promover el talento femenino y de otros grupos afectados por discriminación y marginalización social.
- Promover la responsabilidad de las políticas de gestión y transparencia de las trayectorias profesionales, y las oportunidades para prevenir la discriminación basada en el género, etnia o edad, así como mejorar la comprensión de los prejuicios inconscientes.
- Desarrollar programas para garantizar opciones adecuadas de cuidado de niños, y crear pautas sobre la implementación de políticas de equilibrio entre la vida laboral y personal.



Período 2022 - 2030

Metas

- Crear programas interdisciplinarios de pre y postgrado sobre salud y bienestar en las regiones.
- Crear nodos de investigación traslacional e innovación en centros de salud y universidades en los 32 departamentos, que conduzcan a la generación y aplicación de conocimiento a los contextos particulares de cada región orientados al bienestar.
- Desarrollar procesos de innovación social basados en el conocimiento de las comunidades en las diferentes regiones del departamento, con énfasis en diálogos de conocimiento e imaginación.

8) Evaluación y mejora continua

Responsable: Presidencia y Vicepresidencia de la República, Departamento Nacional de Planeación, Ministerio de Salud, Minciencias, Ministerio de Educación, universidades y escuelas de salud, Ascofame.

Período 2020 - 2045

Metas

- Evaluar los diferentes componentes de este plan desde el momento de su implementación.
- Llevar a cabo un análisis de la actividad de investigación e innovación de los actores por pares internacionales como base de este plan.
- Evaluar el efecto de la inversión en investigación e innovación en salud, independiente de la fuente, sobre los niveles de bienestar de la población.

- Crear un sistema de autoevaluación de investigación e innovación en las instituciones involucradas en actividades relacionadas con la salud y el bienestar.
- Cumplir y expandir las recomendaciones de la OCDE en el campo de la CTEI en el contexto de la salud y el bienestar.

Referencias

- Anaya, J. M., Duarte-Rey, C., Sarmiento-Monroy, J. C., Bardey, D., Castiblanco, J. y Rojas-Villarraga, A. (2016). Personalized medicine. Closing the gap between knowledge and clinical practice. *Autoimmunity Reviews*, 15 (8), 833–842.
- Arciniegas, J. A., Gómez, D. E., Suárez, L. Y. y Cruz, M. F. (2018). Estructura del gasto en Salud Pública en Colombia. *Papeles en Salud*, 17. Bogotá, D. C.: Ministerio de Salud.
- Ascofame. (2019). Recomendaciones para el futuro de la educación médica en Colombia. Bogotá, 2019.
- Barbosa, D., Villamizar, H., Hernández, G., Restrepo, J. y Acosta, C., Hernández, G., Castillo, L., Ramírez, J. y Parra, A., Sánchez, A. y Muñoz, D. (2017). Recomendaciones para la transformación de la educación médica en Colombia. DNP y Banco Mundial. (2015). Análisis funcional y de gobernanza del gasto público en Ciencia, Tecnología e Innovación en Colombia, pp. 266. Disponible en: https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Sinergia/Documentos/141_InformeFinal.pdf.
- Huber, M., Knottnerus, A., Green, L., van der Horst, H., Jadad, A. R., Kromhout, D. ... Smid, H. (2011) How should we define health? *BMJ* 2011;343:d4163. doi: <https://doi.org/10.1136/bmj.d4163>
- Jadad, A. R. (2017). Enabling every person in the world to enjoy positive health, from birth to death: The role of the Maimonides Project. En Jadad, A. R., Arango, A., Sepúlveda, J. H. D., Espinal, S., Rodríguez D. G. y Wind, K. S. (Eds.) *Unleashing a pandemic of health from the workplace: Believing is seeing* (pp. 1-28). Toronto: Beati Incorporated.
- Jadad, A. R. y O’Grady, L. (2008) How should health be defined? *BMJ* 2008;337:a2900, 2008. doi: <https://doi.org/10.1136/bmj.a2900>
- Jadad, A. R., Arango, A., Sepúlveda, J. D., Espinal, S., Rodríguez D. y Wind, K. (Eds.). (2017). *Desatando una pandemia de salud desde el sitio de trabajo: hay que creer para ver*. Toronto: Beati Incorporated.



- Kotha, S., Jadad, A. y Hu, H. (2015). Creating a Pandemic of Health: Opportunities and Lessons for a University Initiative at the Intersection of Health, Equity, and Innovation. *Global Health*, 5, 1-8. Disponible en <http://harvardpublichealthreview.org/wp-content/uploads/2015/04/HPhrv5-Kotha-Jadad-Hu-Creating-a-Pandemic.pdf>
- Minciencias (2018). La Ciencia en Cifras, 2018. [Online]. Disponible en <https://minciencias.gov.co/la-ciencia-en-cifras>.
- Ministerio de Salud y Protección Social. (2015). La equidad en salud para Colombia. Brechas internacionales y territoriales. Bogotá, D.C.: Ministerio de Salud y Protección Social.
- Molyneux, D. (2007). “And how is life going for you?” an account of subjective welfare in medicine. *Journal of Medical Ethics*, 33(10), 568–572.
- OECD (2018). A Broken Social Elevator? How to Promote Social Mobility. Paris: OECD.
- Pardo Martínez, C. A. y Cotte Poveda, A. (Eds.). (2018). Indicadores de ciencia y tecnología 2018. Bogotá: Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología.
- Pardo Martínez, C. I. y Cotte Poveda, A. (2017). Indicadores de ciencia y tecnología, Colombia 2017. Bogotá, D.C.: Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología.
- Plazas-Gómez, C. V. (2018). Hacia la construcción de una política fiscal con énfasis de género. Bogotá, D. C.: Editorial Universidad del Rosario.
- Sen, A. (1993). Capability and Well Being. En Nussbaum, M. y A. Sen (Eds). *The Quality of Life*. Oxford: Oxford University Press, 1993.
- Serra, M., Palacio, D. O., Espinal, S., Rodríguez, D. G., y Jadad, A. R. (2018) *Trusted Networks: The Key to Achieve World-class Health Outcomes on a Shoestring*. Toronto: Beati Incorporated.
- Sumner, L. W. (1996). *Welfare, Happiness, and Ethics*. Oxford: University Press.
- United Nations (1946). Constitution of the World Health Organization. Disponible en <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/268688/PMC2567705.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Valencia-Cadavid, S. y Acosta, A. (2018). Perspectivas para una política nacional de innovación en salud. Memorias del evento realizado en octubre 22 de 2018, Universidad CES, Medellín.
- WHO (2003) *Kangaroo mother care: A practical guide*. Ginebra: World Health Organization.
- WHO (2016). *Global Reference List of 100 Core Health Indicators, 2015*. Health statistics and information systems. Ginebra: World Health Organization.



4. Foco de Ciencias Sociales y Desarrollo Humano con Equidad: la educación y la construcción de un desarrollo humano con equidad

4.1 Contexto y enfoque

Amartya Sen, premio Nobel de Economía en 1998, propuso aproximarse al desarrollo humano de las sociedades concibiéndolo como el “proceso de expandir las libertades reales que tienen las personas” (Sen, 1999, 19). Reconocer que el desarrollo no es solo un asunto de oportunidades, y que también involucra las circunstancias que le impiden a la gente transformar oportunidades en bienestar, es fundamental para este enfoque. Características personales tales como las discapacidades o la edad, condiciones ambientales y sociales como el clima o la violencia, al igual que los factores culturales y las normas sociales, afectan la capacidad de las personas para aprovechar las oportunidades que se les presentan. El desarrollo, dice Sen, debe ser sensible a estas condiciones, porque ellas afectan el bienestar que las personas pueden efectivamente alcanzar. Este enfoque del desarrollo es el punto de partida de la reflexión del foco de Ciencias Sociales y Desarrollo Humano con Equidad.

A pesar de las narrativas existentes sobre la igualdad de condiciones para todos, desde distintas disciplinas se observa que no todos los individuos de

una sociedad tienen las mismas posibilidades de desarrollar sus proyectos de vida tal como lo desearían. Esto es, en parte, consecuencia de las limitaciones de capital económico, social y cultural que poseen los individuos (Bourdieu, 2009, 2005), de su condición de género (Aguirre, 2003), étnica o racial (Cunin, 2003; CNMH, 2010a), e inclusive de las afectaciones que han sufrido en conflictos armados como el colombiano (CNMH, 2010b, 2010c). Tener en cuenta las circunstancias que afectan tanto las oportunidades de las personas como su capacidad de transformar dichas oportunidades en bienestar, resulta fundamental para las propuestas que desde el foco de Ciencias Sociales y Desarrollo Humano con Equidad (CSDHE) se formulan. En efecto, reconocer que existen condiciones desiguales permite identificar desafíos críticos que este país debe enfrentar para lograr un desarrollo más equitativo de las personas.

Las propuestas aquí planteadas se basan en las posturas de Nussbaum (2000) y Sen (2003), quienes sostienen que una de las maneras de potenciar el desarrollo humano es promover el desarrollo de las capacidades individuales y grupales. Desde esta perspectiva, el desarrollo de capacidades resulta ser un elemento fundamental para fomentar la calidad de la vida. Más que simples accesorios, las capacidades son elementos constitutivos de la vida misma de los individuos que definen sus posibilidades de escoger, actuar y alejarse de la injusticia, al tiempo que les permiten desarrollarse en sociedad y gozar de bienestar.

Por lo tanto, estas propuestas tienen el objetivo principal de potenciar el desarrollo de capacidades en distintos sectores de la población y en diferentes ámbitos, con el propósito de contribuir a fomentar el desarrollo de capacidades de aprendizaje, técnicas, pedagógicas y neurocognitivas, aumentar la capacidad de agencia y de actuación de los individuos, su capacidad de crear y aplicar conocimiento, y la atención y apoyo que reciben. Estamos convencidos de que el desarrollo de sus capacidades amplía las posibilidades que tienen las personas de aprovechar las oportunidades para mejorar su calidad de vida y su bienestar individual y colectivo.

El nuestro es un sistema social complejo en el que las relaciones entre la equidad, la educación, la ciencia y el desarrollo humano son múltiples y dinámicas; las condiciones iniciales pueden alterar los resultados, y los



fenómenos de emergencia y autoorganización amortiguan o contrarrestan los efectos de las intervenciones (Holland, 1992: 17-30; Kitson *et al.*, 2018). Intervenir un sistema complejo va más allá de actuar sobre una variable para producir un resultado; cuando actuamos a través de políticas o cambios en el comportamiento, en realidad estamos desestabilizando todo el sistema, no solo las variables intervenidas. Las intervenciones que a continuación se proponen buscan generar una desestabilización conducente al cambio para avanzar hacia una sociedad más equitativa, encaminada hacia el desarrollo humano, la libertad y el bienestar.

4.2. Los componentes del desarrollo humano abordados en este informe

Partiendo de las diez capacidades necesarias para el desarrollo humano que identifica Nussbaum (2002), a continuación nos centramos en cinco objetivos que consideramos cruciales para el desarrollo humano en Colombia: la equidad, el crecimiento económico sostenible, la relación con algunos Objetivos de Desarrollo Sostenible, el bienestar individual y la construcción de ciudadanía y cohesión social.

4.2.1 Equidad

Hace treinta años el desarrollo humano se definió como un “proceso de ampliación de las opciones de las personas [en donde] las más importantes son llevar una vida larga y saludable, educarse y disfrutar de un nivel de vida digno. Las opciones adicionales [a estas] incluyen libertad política, derechos humanos garantizados y autoestima”. Las mediciones avanzadas de desarrollo humano son conscientes de que “los promedios [...] ocultan amplias disparidades en la población general. Diferentes grupos sociales tienen diferentes expectativas de vida; a menudo hay amplias disparidades en la alfabetización masculina y femenina, y el ingreso se distribuye de manera desigual”. En la era de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), todavía tiene sentido

considerar el desarrollo humano y la equidad como objetivos de cualquier sociedad (Klasen, 2018), pues como muestra el Informe sobre Desarrollo Humano de 2018, “Se trata de desarrollar capacidades humanas no solo para unos pocos, ni siquiera para la mayoría, sino para todos”. (PNUD, 1990:10).

El marco de análisis estándar del capital humano en economía (Schultz, 1961; Becker, 1964; Nelson-Phelps, 1966) concibe la educación como un compendio de habilidades que permite el incremento de la productividad de la fuerza de trabajo y, por lo tanto, el crecimiento económico, lo que abre la posibilidad de una mayor equidad de ingresos. El acceso de amplias capas de la población a la educación es factor importante de desarrollo económico, como ha sido demostrado por la historia de varios países. Los casos de Estados Unidos (Goldin y Katz, 2007), Corea (Lee *et al.*, 2014) y Finlandia (Sahlberg, 2012) evidencian el papel que juega el amplio acceso a la educación en la aceleración del producto interno bruto (PIB) de estos países, en ciertos periodos de su historia. En su análisis histórico de Estados Unidos, Goldin y Katz han mostrado que cuando el acceso a la educación se restringe, la innovación, el crecimiento del producto, la productividad y la distribución del ingreso se ven afectados. La relación entre el acceso a la educación y la distribución del ingreso —elemento determinante del bienestar y el poder—, es igualmente clara (Atkinson, 2015, 37).

Las limitaciones en el acceso al conocimiento por parte de amplias capas de la población colombiana están claramente atadas a las dinámicas del desarrollo económico y humano. Aunque la distribución del ingreso en Colombia tuvo una mejora en el periodo de 2010 a 2017, retrocediendo ligeramente en 2018, Colombia sigue siendo uno de los países más desiguales del mundo. El índice de GINI para el año 2017 fue de 0,508 y en 2018 fue 0,517; aunque el acceso a la educación ha mejorado notablemente en primaria, el acceso a educación de la primera infancia, secundaria y superior sigue siendo muy limitado.

El grupo de CSDHE considera que el acceso al conocimiento en diferentes formas —educación formal y desarrollo de habilidades socioemocionales y competencias ciudadanas, para la creación, la ciencia, la innovación y el



trabajo— es una variable crítica para asegurar el crecimiento en la productividad y un aumento en el bienestar y la equidad en la población, y que atender las carencias de educación y atención integral, especialmente en la primera infancia y en el nivel de educación media en donde la cobertura cae abruptamente, deben ser las prioridades de un Estado que aspire a transformar la sociedad colombiana en el largo plazo.

Equidad, ciencia, tecnología e innovación, crecimiento económico y desarrollo social están ampliamente interrelacionadas. Las relaciones directas y las retroalimentaciones entre estas categorías son múltiples. La equidad en el acceso a la educación amplía la base de personas capaces de hacer ciencia o de innovar, y esto repercute en el aumento de la productividad en todas las actividades económicas y al bienestar de la sociedad en la medida en que desarrolla las capacidades de todos los individuos y les extiende por esa vía su libertad. El acceso más amplio posible a la educación en sus distintos niveles mejorará, igualmente, la distribución del ingreso y la riqueza, y facilitará el acceso a otros bienes económicos y culturales.

4.2.2 Desarrollo Humano y los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS)

Los diecisiete ODS establecidos en la Agenda de 2030 de las Naciones Unidas para “transformar nuestro mundo”, resumen los principales retos que actualmente enfrenta la humanidad. Estos retos incluyen la necesidad de erradicar la pobreza, lograr la equidad de género, promover las energías, el consumo y la producción limpios, entre otros elementos.

Los ODS no deben ser entendidos como objetivos o misiones específicas independientes. Por el contrario, deben ser considerados como objetivos interconectados que contribuyen a potenciar la transformación de los procesos que abastecen algunas de nuestras necesidades básicas y sostienen nuestras sociedades. Un argumento central de lo que llamamos la *política de innovación transformativa*, es que la ciencia, la tecnología y la innovación (CTEI) pueden ser elementos fundamentales para la realización de los otros 16 objetivos y

un motor para generar cambios positivos, a la vez que la ciencia se beneficia del cumplimiento de los demás ODS.

Las innovaciones transformativas se construyen sobre el entendimiento de que los objetivos sociales y ambientales no son solamente marcos estáticos que brindan las condiciones necesarias para la innovación, sino que, por el contrario, deberían convertirse en motores estratégicos y dinámicos del crecimiento y de la competitividad a largo plazo. Esta nueva forma de innovación puede ser llamada sistemas de innovación, como llama la OCDE y otros a la forma de innovación que produce cambio no solamente en la tecnología que se utiliza, sino también en las prácticas y necesidades de los consumidores, las habilidades y las capacidades de los actores involucrados, las infraestructuras, la gobernanza, la regulación, la estructura de la industria y el significado cultural del sistema. Para que esta nueva forma de la política de innovación se lleve a cabo, su foco tiene que estar en la transformación y cambio de estos sistemas sociotécnicos en una dirección más sostenible.

4.2.3 Educación, Crecimiento Económico y Desarrollo Sostenible

Un vasto campo de literatura –tanto teórica (modelos de crecimiento endógeno como Lucas [1988], Romer [1986, 1990] y Aghion y Howitt [1998]) como empírica (Barro, 1991; Barro y Sala-i-Martin, 1992; Mankiw, Romer, and Weil, 1992; Goldin y Katz, 2007)– se ha concentrado en investigar la relación entre educación y ritmo del crecimiento del PIB per cápita (Goldin, 2016). Estos autores concuerdan en que el nivel o la tasa de acumulación del capital humano a través de la educación son motores del crecimiento económico. Si bien Pritchett (2001) duda de una relación directa positiva e incondicional entre la inversión en educación y el crecimiento, el alcance de su investigación es muy limitado pues se apoya en ejercicios de estática comparativa entre países.

Los análisis longitudinales que se han hecho en distintos países reafirman la relación positiva entre amplio acceso a la educación y crecimiento, mediada por la innovación y la productividad. El análisis longitudinal de

Goldin y Katz (2007) para Estados Unidos, y análisis similares para Corea (Lee *et al.*, 2014), Finlandia (Sahlberg, 2012) y otros países, comprueban que más que alcanzar una fracción de la población un alto nivel de educación, una amplia cobertura es el factor que impacta el crecimiento. Acemoglu y Autor (2012) proveen además un marco unificado para explicar cómo la “demanda y la oferta de capital humano han moldeado la distribución de los ingresos en el mercado de los Estados Unidos durante el siglo xx”. El acceso amplio a una educación de calidad muestra ser la principal contribución a la creación y adopción de innovaciones de frontera en estas investigaciones longitudinales. El éxito económico de los Estados Unidos durante casi todo el siglo xx, y su liderazgo tecnológico mundial, no hubieran sido posibles sin la participación de una gran parte de la población cuya educación les permitía innovar y también aprovechar oportunidades en sectores donde la tecnología iba desarrollándose (Goldin y Katz, 2007).

Para la Misión, lograr los objetivos de una mejor distribución del ingreso acoplada a mayores tasas de crecimiento es perfectamente viable, pero no dentro de un modelo de crecimiento económico en donde la explotación de los recursos naturales y en general las actividades con un alto contenido de rentas juegan un papel preponderante. Para que estos dos objetivos sean compatibles es necesario pasar a un modelo en el que el capital humano y el conocimiento sean la base del crecimiento. Una parte del aumento de los ingresos ha de venir de la acumulación de factores de producción, pero otra vendría de formas mejoradas de combinarlos, para lo cual el conocimiento es fundamental. Solo con educación de calidad y mayores inversiones en investigación y desarrollo será posible superar el estancamiento de la productividad total de los factores que se ha observado en Colombia en lo corrido del siglo.

4.2.4 Bienestar individual, ciudadanía democrática y cohesión social

Las políticas de educación suelen concentrar su atención en el desarrollo de habilidades cognitivas. Sin embargo, diferentes disciplinas han encontrado que el desarrollo de las habilidades socioemocionales y las competencias

ciudadanas, es decir, aquellas relacionadas con la salud emocional, integridad, resiliencia, resolución no violenta de conflictos, cooperación social y participación política, son igualmente importantes porque afectan muchos de los resultados que se consideran deseables en la vida. Varios estudios muestran cómo estas actividades se relacionan con el desarrollo cognitivo y el logro académico, la productividad laboral, las ganancias a largo plazo y la salud (p.e. Heckman y Kautz 2012; García 2014). Así mismo, se ha evidenciado que en las sociedades donde las capacidades socioemocionales están más desarrolladas se logran mayores niveles de participación política y capital social, lo que a su vez promueve la democracia y el desarrollo (Putnam 2003; Rohlf y Harring, 2013; Daas, 2014; Unesco, 2015).

El desarrollo de habilidades socioemocionales es particularmente importante para las sociedades afectadas por la violencia (Komatsu, 2017). Colombia ha soportado décadas de conflicto armado y diversas formas de violencia criminal. Según el Centro Nacional de Memoria Histórica, el conflicto armado ha provocado la muerte de 260 000 personas, de las cuales más del 80 % eran civiles; el desplazamiento de 4,7 millones de personas, y el secuestro de más de 27 000 (CNMH, 2013). Aunque no hay cifras precisas, la guerra entre el Estado y los grandes carteles de la droga de los años ochenta dejó cerca de 15 000 muertos (*Semana* 2013, nov. 23). Si bien la tasa nacional de homicidios ha disminuido desde la firma del Acuerdo de paz con las FARC, el país aún experimenta serias violaciones a los derechos humanos. Muchos niños, niñas y jóvenes han sufrido estas y otras violencias en sus hogares, escuelas y comunidades (Harker y Moya, 2016).

Además de la victimización, el conflicto armado también ha traído a Colombia experiencias de gobernanza armada. Muchos ciudadanos han vivido en localidades donde la democracia y el imperio de la ley no existen pues las guerrillas, paramilitares y otros grupos al margen de la ley han creado nuevos órdenes locales que regulan las actividades políticas, sociales y económicas de la población civil, vulnerando sus derechos y libertades y restringiendo la democracia (Arjona 2016).

Estas diversas formas de victimización y gobernanza militarizada pueden dejar marcas profundas en los individuos, familias y comunidades.



Comenzando por el bienestar, la violencia es considerada una de las causas principales de problemas de salud mental en la población colombiana, aún en lugares que no han sido directamente afectados por el conflicto armado (Semana, 2014). La tasa de suicidio en Colombia es una de las más altas del mundo (Chaskel *et al.*, 2015, 96) y las cifras oficiales sugieren un deterioro en la salud mental de los niños, niñas y jóvenes, especialmente aquellos que han sido víctimas de desplazamiento y que pertenecen a las comunidades más vulnerables (Ministerio de Salud, 2017); sobre este grupo, además, la violencia puede tener también un impacto irreparable en el cerebro, afectando la memoria, la atención y la regulación emocional (Teicher, 2002; Arnsten, 2009; Arnsten, 2009), así como el aprendizaje (Harker, 2017) y varios aspectos psicológicos y sociales (Harker *et al.*, 2017; Arnsten, 2009; Velásquez *et al.*, 2015; Chaux, 2012). En adultos la violencia puede afectar las habilidades socioemocionales y modificar la forma en la que se aproximan a, confían en o colaboran con miembros de su comunidad o de distintos grupos (Bauer *et al.*, 2016). La victimización también puede afectar la participación política (Bateson, 2012; Bauer *et al.*, 2016) y, de este modo, la calidad de la democracia.

Colombia enfrenta también profundos retos para formar ciudadanos comprometidos, que participen democráticamente, cooperen entre sí, cumplan la ley y exijan el respeto por la democracia (García Villegas, 2009; Chaux, 2012; Guerra *et al.*, 2003). Algunos de estos retos son particularmente grandes en las zonas más afectadas por la violencia; por ejemplo, los retos en términos de salud mental, victimización, comportamiento prosocial y competencias ciudadanas no solo son un obstáculo para el bienestar individual sino también para el desarrollo social, económico y político del país. Para la Misión, una de las prioridades del país es, por lo tanto, adoptar políticas que permitan a los individuos superar las barreras que el trauma, la ruptura de las relaciones de confianza y el tejido social, y la ausencia de habilidades socioemocionales y competencias ciudadanas imponen a su desarrollo en sociedad y a su capacidad de aprovechar las oportunidades existentes.

4.3 Propuestas del foco de Ciencias Sociales y Desarrollo Humano con Equidad

Desde el enfoque de capacidades y desarrollo humano de Sen (2003) y Nussbaum (2000) se sostiene que más que oportunidades para aprovechar en el marco de una sociedad que procure el bienestar de sus miembros, estos deberían tener la posibilidad de decidir y actuar con libertad para definir el proyecto de vida que consideran valioso —tanto subjetiva como socialmente—. Esta libertad puede verse afectada por factores como la educación y la atención efectiva que se recibe, así como por la importancia que estatalmente se les asigna a determinados temas, entre otros elementos (Sen, 2003).

Conforme a este marco, las propuestas que aquí se presentan presuponen la necesidad de impulsar y fomentar la formación y aumento de capacidades en los individuos a través de la intervención y la participación de amplias capas de la población en la educación, la innovación transformativa y la innovación tecnológica, en un proceso que demandará el acompañamiento de las ciencias sociales. Se espera que estas intervenciones contribuyan a la formación y el despliegue de capacidades, a la vez que abran nuevas oportunidades a los individuos y expandan su capacidad de decidir libremente cuáles de dichas oportunidades aprovechar para aumentar su calidad de vida y su bienestar. En este proceso de formación de capacidades nos interesa resaltar cómo las personas y las comunidades deben ser agentes activos en el sistema de conocimiento más que agentes pasivos receptores.

4.3.1 Cerrando las brechas de acceso y calidad de la educación

La educación es una herramienta central para que la sociedad colombiana logre el desarrollo humano que implica una ampliación de las oportunidades y capacidades de las personas para que logren alcanzar su bienestar. Una educación equitativa por fuerza debe ser de calidad para que pueda reducir efectivamente las brechas sociales: la educación de calidad debe expandir las

oportunidades y las capacidades de muchos individuos y de sus comunidades (Sen, 2003).

Si bien la educación en Colombia enfrenta múltiples retos que merecen atención, proponemos enfocarnos en cuatro grandes estrategias: (1) la atención integral a primera infancia; (2) la universalización y diversificación de la educación media; (3) la reforma del sistema de formación de maestros, y (4) el desarrollo de las habilidades socioemocionales, todas ellas no solo complementarias sino que se refuerzan entre sí.

Aunque los retos que Colombia enfrenta deben ser atendidos de manera urgente, somos conscientes de la imposibilidad de implementar todos los programas necesarios en todos los territorios al mismo tiempo. Por lo tanto, para cada tema prioritario proponemos: primero, una estrategia de corto plazo para implementar programas o políticas prioritarias a nivel nacional, y segundo, una estrategia de mediano plazo donde se comienza con intervenciones piloto que, una vez evaluadas, se van escalando a lo largo del territorio nacional.

Antes de explicar las propuestas para cada tema, es importante aclarar cómo funcionarían los programa piloto: proponemos que, con el concurso del Departamento Nacional de Planeación, se haga una evaluación de estos programas con miras a su escalamiento. El objetivo de este proceso es identificar qué tipo de programas funcionan en diferentes contextos y qué mejoras se pueden hacer tanto en su contenido como en su implementación. Los programas deben ser diseñados e implementados teniendo en cuenta las particularidades de los territorios donde se llevan a cabo y deben contar con la participación de actores locales desde su diseño hasta su implementación. A partir de la evaluación y el aprendizaje, estas intervenciones se pueden ir escalando a regiones similares hasta lograr la cobertura de todos los territorios.

Con el interés de cubrir todo el territorio nacional, así como de construir sobre las iniciativas locales y apoyarlas, es necesario crear un sistema que articule centros locales y regionales así como redes de actores. A nivel municipal operarían los institutos regionales de innovación *Innovar/Ceres*, los centros de investigación, educación y desarrollo familiar y comunitario y las redes de centros de investigación e innovación educativa municipales.



A nivel departamental operarían los centros de investigación e innovación educativa departamentales, que coordinarían e impulsarían los locales con el apoyo de las universidades. Y a nivel nacional, estos centros departamentales se articularían con el Instituto Superior de Investigación en Educación y Alta Formación de Maestros (ISIE).

(1) Acceso y calidad en la atención integral a primera infancia

La primera infancia es una etapa crucial del desarrollo humano. Según Mustard (2002; 2003), desde la gestación hasta antes de los cinco años se han establecido más del 90 % de las conexiones neuronales del cerebro humano, las cuales le permitirán al niño desplegar su potencial de desarrollo y, además, construir las bases para su comportamiento social y cognitivo a lo largo de la vida. Esta debe ser una prioridad para los gobiernos al igual que para la sociedad civil. Varios economistas han reconocido la importancia de la educación inicial y la necesidad de que los gobiernos enfoquen sus esfuerzos y recursos en este periodo. Heckman (2000), por ejemplo, ha demostrado que la tasa de retorno por cada dólar invertido en la primera infancia es de 8 a 1, mientras que el rendimiento de las inversiones realizadas en los años escolares es de 3 a 1. Heckman concluye que la inversión no debe limitarse a los niños sino que debe hacerse en las familias, ya que las relaciones familiares tienen un efecto substancial en el desarrollo de los infantes.

Aunque Colombia ha tenido avances importantes en este sentido, aún enfrenta retos considerables en relación con la primera infancia y la vulnerabilidad familiar; por ejemplo, el 11,7 % de la población menor a cinco años vive en extrema pobreza (ICBF, 2018) y el 65 % no recibe educación inicial de carácter formal en ninguna modalidad, y quienes si lo hacen reciben educación de baja calidad —solo el 48 % de los niños y niñas menores de 5 años asisten a un Centro de Desarrollo Infantil—. La violencia intrafamiliar también es alta: más de 37 % de las mujeres reportan haber sido víctimas de violencia por parte de sus



parejas (UNFPA, PNUD y ONU Mujeres, 2017); teniendo en cuenta el papel preponderante que juega la mujer en los procesos de cuidado y atención de la primera infancia, la niñez y la adolescencia, es preocupantes la condición de desigualdad, exclusión y violencia que caracteriza la vida de un alto número de mujeres en el país.

A pesar de que en la actualidad en Colombia existe una Política de Estado para el Desarrollo Integral de la Primera Infancia “De Cero a Siempre” (Ley 1804 de 2016), esta no ha podido implementarse de manera amplia, especialmente en los territorios. Por tal razón, se propone una estrategia de corto plazo que comience con intervenciones piloto en diferentes territorios, y una estrategia más ambiciosa de mediano plazo que se vaya escalando con adaptaciones derivadas de los aprendizajes de las experiencias piloto.

Proponemos la creación de Centros de investigación, educación y desarrollo familiar y comunitario que articulen la gestión del gobierno local intersectorial (especialmente educación y salud) con actores de la comunidad, del sector productivo, de la academia y del sistema regional de ciencia y tecnología. Estos centros promoverán la producción de conocimiento socialmente pertinente mediante la investigación por parte de educadores apoyados por centros de investigación regional. La investigación deberá permitir conocer el contexto social y cultural de las comunidades y la identificación de buenas prácticas de apoyo a las familias en el cuidado de infancia y adolescencia, especialmente en la primera infancia. Los Centros evaluarán e impulsarán la difusión y circulación de los aprendizajes y conocimientos adquiridos, y apoyarán las redes de aprendizaje mutuo e innovación de los maestros; así mismo, en alianza con universidades y grupos de investigación de la región implementarán procesos de formación situada de maestros a través de procesos formales y no formales, que respondan a las necesidades puntuales de las familias, las comunidades y los municipios.



(2) *Universalización y diversificación de la educación media*

En Colombia, las coberturas se reducen drásticamente en el paso de la educación secundaria a la media. En muchas regiones, más de la mitad de los adolescentes dejan de estudiar al terminar el grado noveno; en muchos casos, lo hacen para trabajar, pero también van a engrosar las cuentas de desempleados. Las razones son principalmente económicas, pero también tienen que ver con el escaso atractivo que la educación media (grados 10 y 11) ofrece a los jóvenes.

La propuesta consiste en universalizar y diversificar la educación media, es decir, universalizarla progresivamente para que todas y todos los jóvenes de 15 a 17 años puedan acceder a la educación media; y diversificarla para que, después de haber participado en un proceso de aprendizaje que les ofrezca —en primaria y secundaria— una formación científica y cultural sólida, se conecten con las oportunidades que ofrecen los sectores productivos y la riqueza cultural de sus comunidades; y así mismo, que también tengan la opción de emprender una educación universitaria.

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. Según las características de cada lugar, la educación media puede ser presencial, semipresencial y/o a distancia, y vocacional, técnica, tecnológica y/o universitaria. En todos los casos, es importante que se vincule con el sector productivo e impacte la población y los proyectos locales, valorizando y empoderando las regiones. También es fundamental asegurar la oferta de formación para la población en condición de discapacidad, aportando así a la construcción de sus proyecto de vida, de modo que logren mayor autonomía y el desarrollo



3. En este texto se presentan las características centrales de los *Innovar*. Para mayor información ver Aldana Valdés, Eduardo (2016). “La prioridad en educación terciaria: el caso *Innovar* en el departamento del Tolima.”

de las habilidades necesarias para su vinculación al mercado laboral. Es indispensable en esta etapa vincular a las familias, con el fin de reducir la deserción.

Aunque en la sección “misiones, centros y políticas” del documento central de la misión (Volumen 1) se desarrolla esta propuesta con mayor amplitud, desde el grupo de CSDHE consideramos que un elemento fundamental para pensar la viabilidad de dicha propuesta es retomar la experiencia de los institutos de innovación regional *Innovar*³, los cuales son fruto de la Misión de ciencia, educación y desarrollo convocada por la Presidencia de la República en 1993, y de los Ceres que se desarrollaron con base en esta experiencia.

Los *Innovar* son una alternativa para aumentar la flexibilización, diversificación y cobertura de educación media en zonas que dispongan de menos recursos económicos; en estos contextos pueden brindar estudios presenciales, semipresenciales y a distancia, como también educación vocacional, 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 o basada en investigación. Se podrían capacitar o traer docentes que funjan como tutores guía, para lo cual podría considerarse la experiencia de Enseña por Colombia.

Considerando que el objetivo de los *Innovar/Ceres* es brindar educación de calidad para el desarrollo local, es fundamental establecer 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 pueden vincular con la educación de primera infancia y secundaria, brindando complementos, actividades recreativas y valorización de las manifestaciones culturales autóctonas; y con el fin de maximizar los

recursos se puede utilizar infraestructura existente, como, por ejemplo, salones, parques, casas de la cultura, etc. Esto se implementará en diferentes municipios o departamentos piloto para luego aumentar su cobertura. Su éxito está relacionado con buenas alianzas público-privadas y con la participación de las comunidades. Los *Innovar* han de ser fruto de la cooperación entre los ministerios de Educación y Ciencia, Tecnología e Innovación, Colciencias, gobernaciones, alcaldías, SENA, ESAP y universidades, y se desarrollarán articulados a los centros municipales o regionales de investigación e innovación en educación, y las TIC deben emplearse para que los *Innovar/Ceres* y sus aliados compartan herramientas, experiencias y conocimientos.

4. Entre ellos, los alcanzados por la metodología de Escuela Nueva (Forero, Escobar y Molina, 2006).

(3) *Promoción de habilidades socioemocionales, competencias ciudadanas y trabajo de memoria histórica*

La trágica historia de violencias, desigualdad, discriminación y pobreza en Colombia hace del desarrollo de las habilidades socioemocionales de la población una prioridad urgente. Desde diferentes disciplinas se ha demostrado que estas habilidades se pueden desarrollar desde el sistema educativo: en su mayoría, las habilidades socioemocionales se han fomentado e investigado en relación con el bienestar, el desarrollo de ciudadanía democrática y, en contextos de transición a la paz o a la democracia, desde la educación en memoria histórica. A pesar de los avances logrados en el campo de las competencias ciudadanas en Colombia⁴, es necesario implementar y escalar programas que hayan demostrado generar un impacto en esta área, al igual que aquellos que logren la promoción de habilidades socioemocionales, los que generen bienestar, y los que, a partir de educación en memoria histórica, integren y construyan sobre estas habilidades.

Hoy el mundo cuenta con múltiples intervenciones exitosas en este sentido, en contextos tan disímiles como Bután, Estados Unidos y Perú (Adler, 2015). En su mayoría, estos programas se han basado en prácticas contemplativas como yoga o *mindfulness*, y las evaluaciones



rigurosas que se han hecho de estos programas permiten identificar las siguientes lecciones para dirigir la formulación de políticas públicas: los programas tienen impactos significativamente mayores cuando involucran a toda la comunidad educativa, esto es, a padres, docentes, estudiantes y directivos, así como cuando abarcan todas las áreas de la vida escolar, es decir, se abordan desde el currículo, el manual de convivencia, las distintas materias, las actividades de recreación, etc. Además, el efecto será mayor si las prácticas que enseñan las habilidades socioemocionales son impartidas por maestros, en lugar de instructores externos. Por último, los programas han de ser flexibles, para que sus metodologías y herramientas se puedan adaptar a varios contextos.

Para la formación de una ciudadanía democrática, múltiples estudios han identificado la necesidad de: (1) incluir temas controversiales, particularmente en contextos históricamente violentos; (2) establecer un ambiente de aula democrático, que utilice métodos participativos, reduzca prácticas autoritarias en la escuela y permita poner en práctica competencias; (3) formar a los maestros tanto en importancia y relevancia del tema, como en métodos pedagógicos para su promoción (Quaynor, 2012).

En comparación con la investigación sobre bienestar y la ciudadanía democrática, la relacionada con memoria histórica está aún en desarrollo: son escasas las evaluaciones científicas de impacto de los programas de memoria histórica, aunque hay un gran consenso sobre su importancia en países que han vivido conflictos armados o gobiernos autoritarios. Este panorama ofrece una excelente oportunidad a Colombia para convertirse en referente global de memoria histórica para el bienestar, la ciudadanía democrática y la paz, con énfasis en el desarrollo de habilidades socioemocionales. Los conocimientos que se tienen hasta el momento señalan que es 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; (4) incluir narrativas de distintos actores que permitan visualizar la agencia moral de los individuos y evitar el desentendimiento moral que es común en los conflictos violentos (Corredor *et al.*, 2018).

Dados los múltiples retos que enfrenta Colombia para lograr una sociedad igualitaria, estos programas deben priorizar el desarrollo de habilidades como la empatía, la aceptación de las diferencias y la toma de perspectiva desde diferentes prismas. Es particularmente importante avanzar en estos objetivos en relación con los niños y niñas que son percibidos como diferentes, por ejemplo, quienes tienen discapacidad, la población LGBTI y los miembros de grupos étnicos.

Para lograr desarrollar este tipo de programas en Colombia, el grupo de CSDHE propone dos estrategias. La primera consiste en capacitar a los nuevos maestros durante su formación pedagógica. Mediante la Planeación y Evaluación Efectivas de Proyectos (PEEP) se financiarán y apoyarán programas para incluir la formación en bienestar y habilidades socioemocionales en el p \acute{e} nsum de las escuelas normales y las instituciones educativas con licenciaturas, con el fin de que todos los maestros –independientemente de su \acute{a} rea de especializaci3n– adquieran las habilidades que les permitan lograr la regulaci3n emocional, el manejo del estr3s, practicar empatía y la toma de perspectiva, y que, por ende, promuevan un mejor clima de aula y una mejor pr \acute{a} ctica docente. A medida que estos programas sean evaluados y demuestren resultados, se apoyará su implementaci3n en otras entidades encargadas de formar maestros. De manera paralela y complementaria, la PEEP financiará iniciativas para el desarrollo, implementaci3n y evaluaci3n de programas orientados a la formaci3n de maestros en ejercicio, estudiantes y padres en habilidades socioemocionales, competencias ciudadanas y educaci3n en memoria hist3rica. Estas intervenciones, que deberán surgir de iniciativas locales para garantizar una mejor apropiaci3n, reunirán a organizaciones con amplia experiencia en formaci3n de habilidades socioemocionales y actores locales (maestros, organizaciones de la sociedad civil y autoridades). Para garantizar evaluaciones rigurosas que permitan determinar el impacto



y efectividad de los programas, la PEEP condicionará la financiación de los programas a que sean evaluados por investigadores independientes. Las intervenciones o iniciativas que logren los objetivos propuestos podrán ser escalados en contextos similares donde se cuente con apoyo local.

(4) *Expansión significativa de los programas de educación de maestros*

La diversificación y el acceso universal a la enseñanza secundaria, así como el acceso a la educación inicial de calidad y la necesidad de romper los ciclos de violencia desde la infancia implican una expansión significativa de la formación de maestros basada en la nueva evidencia y en pedagogías basadas en la investigación. Como se explica en la sección 6.5.2 del Volumen I de esta serie, la universalización de la educación con atención integral de 0 a 5 años y de la educación media requieren formar a un mínimo de 169 000 maestros adicionales a los que en la actualidad se vienen formando, y mejorar la calificación de los maestros que actualmente ejercen funciones.

Las observaciones hechas por la Misión, y su intercambio con estudiosos del tema, permitieron hacer un diagnóstico de la situación de los maestros en Colombia en el cual se destacan los siguientes puntos: (1) se observa un doble aislamiento de los maestros —especialmente los de las áreas rurales y los municipios apartados—, con respecto a la comunidad donde actúan y con respecto a la cultura; (2) si bien existe una multiplicidad de experiencias de innovación educativa en el país, no hay de ellas una sistematización y una evaluación conducente a transformar las prácticas educativas; (3) la investigación científica en educación ha decaído en las últimas dos décadas, y su conexión con los procesos de formación de los maestros es insuficiente.

Para enfrentar esta situación la Misión propone combinar una estrategia de abajo hacia arriba —que asegure la participación de los actores locales— con una estrategia de arriba hacia abajo que transforme el sistema en cascada: a la vez que se conforman centros locales de investigación e innovación en educación y redes subregionales de estos centros —en donde los maestros comparten y crean conocimiento en interacción con

la comunidad y apoyados por universidades—, se propone un sistema adicional que conecte la investigación de frontera en educación con la formación de los “maestros de maestros” que requiere el sistema de escuelas normales y facultades de educación.

5. Véase, por ejemplo: Susiani, Salimi y Hidayah, 2018; Jacobsen *et al.*, 2009; Brew y Jewell, 2012.

Para establecer la conexión entre la investigación de frontera en educación y la formación de los “maestros de maestros”, se propone la creación del Instituto Superior de Investigación en Educación y Alta Formación de Maestros (ISIE). Este instituto adelantará programas de investigación en educación en cuyo desarrollo se educarán —a nivel de posgrado y en un proceso de aprendizaje basado en la investigación⁵—, los maestros que irrigarán una cultura de investigación y de calidad en todo el sistema. Sus egresados serán multiplicadores de la más estrecha relación entre investigación, innovación, fortalecimiento de redes y formación.

Los maestros así formados ayudarán a reducir la brecha de cobertura en educación y la brecha de calidad. El ISIE impartirá exclusivamente formación de posgrado; las normales y facultades de educación para la formación en otros niveles. El ISIE actuará como gestor y promotor del Programa Nacional de Investigación en Educación, que deberá restablecerse bajo el liderazgo del Ministerio de Ciencia y con el apoyo del Ministerio de Educación. La primera tarea del ISIE será impulsar una gran reflexión nacional que oriente estratégicamente este Programa y que recoja, revise y potencie las múltiples propuestas que han hecho distintos planes, misiones y organismos. Esta reflexión es importante para que las inversiones que se hagan en convocatorias y otros mecanismos de financiación respondan a los propósitos de consolidar nuevas pedagogías, didácticas eficaces y las estrategias de equidad y calidad formuladas en esa reflexión nacional.

El ISIE se organizará como un sistema de gestión del conocimiento que articule producción de conocimiento, circulación de conocimiento, innovación educativa y formación de maestros. Sus principales funciones serán: (1) asegurar la conexión de la investigación teórica



y empírica (plural, situada) con la formación de maestros; (2) actuar como gestor del programa nacional de investigación en educación; (3) articular y valorar programas de investigación e innovación simultánea en distintas regiones del país (meta-investigación, meta-innovación); (4) irrigar en cascada la conexión de investigación con formación a partir de la formación de “maestros de maestros” del más alto nivel. El ISIE también orientará los procesos de educación continuada de los maestros que se encuentran actualmente en ejercicio, con el concurso de las redes de centros subregionales de investigación e innovación en educación, y las de centros subregionales de desarrollo y educación familiares y comunitarios.

Las redes deberán potenciarse con el acceso a nuevas tecnologías al alcance de todas las subregiones. Como gestor del programa nacional de investigación en educación, el ISIE propondrá programas de investigación y estrategias; articulará y evaluará los proyectos de investigación de las universidades y los centros. En el consejo de este programa participarán el Minciencias, Mineducación, Mincultura, investigadores de universidades y centros de investigación, maestros en ejercicio y sectores productivos. El ISIE tendrá un consejo ejecutivo y un consejo internacional. Ambos consejos estarán compuestos por pedagogos de renombre, investigadores, funcionarios del Estado y donantes, nacionales e internacionales. El ISIE 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 asumirá la confrontación de teorías pedagógicas y de la formación integral del ser humano a través de las artes y las ciencias; liderará estrategias para que maestros se conviertan en formadores de habilidades socioemocionales, ciudadanía democrática, e investigadores y educadores en memoria histórica, y orientará, a través de guías, las capacitaciones y formación para personal administrativo y directivo de las instituciones educativas. Para el desarrollo permanente de las capacidades de los maestros en ejercicio, se propone la estrategia de conformar los



Centros Locales de Investigación e Innovación en Educación y las redes subregionales que formen los centros. Las redes ofrecerán espacios para el intercambio de conocimientos entre los maestros, más allá del espacio local, adelantarán investigaciones y pondrán a prueba innovaciones en pedagogía y didáctica. Las redes fomentarán el intercambio nacional y regional, y buscarán el apoyo de los sectores educativo y empresarial. Las redes también deberán ser apoyadas por una universidad regional, por las casas de la cultura, las Escuelas Normales Superiores y sus actividades de investigación serán coordinadas y orientadas por el ISIE. La confluencia entre estas dos estrategias buscará que la investigación tenga pertinencia local y que circulen materiales y metodologías pedagógicas valiosas. Las redes brindarán también capacitaciones en habilidades socioemocionales, ciudadanía democrática y memoria histórica utilizando los mecanismos y recursos que pondrá a disposición el ISIE.

4.3.2 La movilización de las ciencias sociales en torno a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y el fortalecimiento de los estudios científicos en educación.

Las ciencias sociales han acompañado los procesos de transformación de la sociedad colombiana en las últimas décadas. Una buena parte de las investigaciones de las ciencias sociales tienen relación directa con las políticas del Estado y con la transformación cultural del país (Velasco *et al.*, 2007), A pesar de ello, la producción de artículos y libros de ciencias sociales en Colombia ha venido decayendo en el curso de casi dos décadas, y aparece fragmentada y dispersa; su financiación ha escaseado; la atención que reciben del Estado y el reconocimiento de la sociedad han sido esquivos, a pesar de la creciente necesidad de comprender los fenómenos sociales que se desenvuelven en el país. Desde hace cerca de seis años, el programa nacional de investigación en Estudios Científicos de la Educación y el programa de Ciencias Sociales fueron fusionados, sin beneficio para ninguno de los dos.



Para abordar este panorama, se propone movilizar las ciencias sociales y los estudios científicos de educación en torno a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

1. Revivir el programa nacional de estudios científicos de la educación y otorgar la calidad de gestor de este programa al Instituto Superior de Investigación en Educación y Alta Formación de Maestros.
2. Reconstruir el tejido de la comunidad de las ciencias sociales a través de un proceso participativo amplio que converja en una reorientación y articulación de la investigación en las distintas disciplinas de este campo.
3. Ampliar la financiación de los proyectos de ciencias sociales y abrir periódicamente convocatorias alrededor de las líneas surgidas del proceso participativo de reconstrucción del programa. La historia reciente de nuestro país lo convierte en un laboratorio de interés universal y las comunidades de las ciencias sociales del país pueden compartir el conocimiento proveniente de sus investigaciones.
4. De igual manera, ampliar la financiación para la formación de alto nivel de investigadores en ciencias sociales.
5. Promover la creación de centros de investigación alrededor de las grandes temáticas que vinculan los ODS con la historia reciente del país.
6. Consolidar los nuevos mecanismos de medición de la producción coherentes con su naturaleza, en una perspectiva de ciencia abierta, situada y transformadora.
7. Promover la conformación de redes de investigadores, especialmente aquellas que involucran a investigadores de distintas regiones para estudiar problemas de interés nacional.

Con esto será posible sentar las bases para que las ciencias sociales y los estudios científicos de la educación acompañen los complejos procesos de convertir a Colombia en una sociedad del conocimiento.

4.3.3 Fortalecimiento de un sistema de innovación transformativa para el desarrollo local desde el conocimiento

El país no puede crecer ni resolver sus actuales problemáticas sin una innovación que comprenda, pero no se reduzca, al ámbito tecnológico. La innovación transformativa se plantea como complemento o envolvente de la innovación tecnológica, en donde los contextos socio ambientales 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.

Uno de los objetivos fundamentales para la transformación de los procesos que suplen las necesidades básicas de los individuos, es buscar innovaciones que produzcan cambios que no solamente se reduzcan al ámbito tecnológico, sino que impacten también las prácticas y necesidades de los individuos, sus habilidades y capacidades, los actores involucrados, la infraestructura, la gobernanza, la regulación, la estructura de la industria y el significado cultural del sistema. Como ya se había mencionado, estos sistemas que llamaremos socio-técnicos contribuyen o abordan funciones sociales, que deben ser encaminados hacia una dirección mucho más sostenible a través de una política de innovación transformativa. La innovación transformativa se plantea como complemento de la tecnológica, en donde los contextos socio-ambientales se convierten en directores dinámicos y estratégicos del crecimiento y la competitividad a largo plazo. Desde el grupo de CSDHE sostenemos que la innovación transformativa puede ser un marco que puede permitir



abordar los ODS desde una perspectiva de la complementariedad- más que de la exclusión- pero también desde la ciencia, la tecnología y la innovación.

Un primer paso para el desarrollo de esta política es que debe estar encaminada por la direccionalidad, es decir, por un proceso a través del cual hay un compromiso real con los actores para abrirnos a las diferentes y potenciales posibilidades de desarrollo y sus consecuencias, así como para establecer prioridades colectivas. La direccionalidad difiere del propósito de establecer una misión o una meta, se refiere más que nada al proceso de entender y de comprometerse con las múltiples vías potenciales de desarrollo y permitir un proceso de evaluación crítica y aprendizaje. El cambio transformativo es un proceso nutrido por la experiencia y el aprendizaje profundo, es decir, nutrido por un constante aprender sobre las mentalidades y suposiciones incrustadas en las prácticas dominantes. Es un proceso inclusivo que se involucra con una variedad de actores (productores, sociedad civil, consumidores, etc.) que pueden contribuir con ideas novedosas y nuevas direcciones para el cambio del sistema, lo que llamamos actores de nicho. Así mismo, es un modelo basado en la experimentación e informado por las experiencias y el aprendizaje que se desarrollan a nivel local y regional, en “espacios protegidos”, en los que las prácticas dominantes son contestadas y los mecanismos para la transformación son explorados.

Una política de innovación transformativa como la que aquí se propone requiere, entonces, la identificación cuidadosa de estas iniciativas emergentes a nivel de nicho, que introduzcan alternativas para abordar y solucionar desafíos sociales y ambientales de nuestra sociedad. En Colombia, hay un número considerable de iniciativas que han comenzado a emerger y que reflejan ese potencial transformativo en términos de sus principios rectores, sus tecnologías principales, sus estructuras industriales, relaciones de usuario, actores y redes, mercados, políticas y regulaciones, conocimiento y cultura.

Una vez identificadas estas iniciativas de base comunitaria y relevantes para los ODS, es posible que algunas de ellas no hayan sido legitimadas o no se hayan hecho visibles dentro del SCTeI. En ocasiones, parecen estar desconectadas o vinculadas a actividades muy específicas de generación de conocimiento llevadas a cabo por actores menos prominentes dentro del SCTeI, como las organizaciones internacionales no gubernamentales. Una vez identificadas, el segundo paso es establecer un diálogo con sus promotores y líderes para, finalmente, fomentar y apoyar estas iniciativas y desarrollar capacidades para producir otras nuevas.

Con base en esta investigación y promoción empírica, se ofrecen algunas sugerencias para la creación de un programa nacional y regional de experimentación que esté enfocado en la realización de innovación transformativa para la implementación de los ODS:

- Este programa debe traducirse en un apoyo y financiamiento a la investigación, de la mano de un apoyo a los procesos de experimentación e involucramiento con empresas, movimientos sociales y comunidades, consolidando un sistema que integre múltiples actores.
- Estas iniciativas deberán ser financiadas y evaluadas como focos de transformación y tener un fuerte impacto regional.
- En el marco de este proceso, la labor del nuevo ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación debe ser la de conectar estos experimentos, diferentes instituciones a distintos niveles (regional, local, nacional), organizar capacitaciones y aprendizajes y apoyar el escalamiento y potencial transformativo de cada acción.
- Para el desarrollo de esta propuesta y el potenciamiento de las acciones transformativas, Colombia puede trabajar de la mano del consorcio de innovación transformativa del cual el país ya es parte.



4.3.4 Sistema nacional integral para el fomento de la innovación en alianzas entre centros de investigación y sector privado

Es un consenso general del foco CSDHE que el país no puede crecer ni resolver sus actuales problemas sin una innovación que comprenda —pero que no se reduzca simplemente a— la implementación de nuevas tecnologías. En el marco de la innovación, no solamente resulta de importancia el capital físico, tecnológico y financiero, sino también el capital humano, y particularmente las capacidades y conocimientos que tiene ese capital humano al interior de las empresas y firmas que intentan ser innovadoras. En las propuestas de innovación se sostiene que los procesos innovativos requieren el desarrollo de una serie de capacidades en los individuos (administrativas y de administración de tecnologías, entre otras) que les permitan a estos no solo comprender los contextos de innovación en los que estarán insertos, sino también tener los conocimientos y habilidades para tomar las oportunidades que en estos se presentan para transformarlas y crear valor. Sin embargo, de manera adicional a la discusión sobre las capacidades, se reconoce que también se requiere el fomento de un ambiente de innovación específico en el país, en el que no solamente se consideren las firmas como tal, sino también su interacción con centros de conocimiento, entidades estatales y universidades. De tal forma, las recomendaciones que aquí se plantean recogen y tejen relaciones entre la necesidad de generar un ambiente propicio para la innovación y el desarrollo de capacidades para aprovechar estos ambientes.

(5) *Instituciones para la innovación: integración y armonización de sistemas*

Varios sistemas institucionales de investigación coexisten hoy en Colombia; la mayoría de ellos tienen una base legal y están dirigidos por diferentes ministerios: existen agencias gubernamentales a cargo de los sistemas sectoriales en agricultura, salud, educación, competitividad, telecomunicaciones y tecnología de la información, y en las regiones. En enero de 2019 se creó el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, que

empezó su funcionamiento en enero de 2020. Su función principal debe ser la de racionalizar, coordinar y armonizar todos estos sistemas. Para ello, un Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación, encabezado por el presidente de la República, la participación de los ministros involucrados en investigación y coordinado por el nuevo Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, ayudaría a racionalizar objetivos y recursos dedicados a actividades científicas, tecnológicas e innovadoras.

La mayoría de las economías de rápido crecimiento tienen una agencia o ministerio diseñado para lograr este objetivo. Por ejemplo, para el caso finlandés, Tekes es la organización experta más importante —financiada con fondos públicos para la investigación, desarrollo e innovación—. La declaración de la misión de Tekes es impulsar el desarrollo de la industria finlandesa y el sector de servicios por medios tecnológicos y a través de la innovación. Sin embargo, esta organización reconoce que el desarrollo de la industria tiene que realizarse a través de alianzas entre las empresas y los principales centros de conocimiento e investigación, razón por la cual tiende a ofrecer subvenciones combinadas que aseguran estas alianzas. Adicionalmente, en aras de lograr este objetivo, las instituciones públicas de investigación son diseñadas de manera tal que los incentivos que se brindan estén encaminados a producir investigación de alta calidad para la industria.

En general, todo este proceso se desarrolló con el propósito de identificar y diseminar la investigación en la industria y los mecanismos de financiación necesarios para lograr este objetivo. En Finlandia, por ejemplo, VTT recibe 30 % de su financiación por parte del gobierno para cubrir la naturaleza de la difusión de bienes públicos, y el resto de la financiación proviene directamente de contratos privados y subvenciones equivalentes.

Para que estos sistemas puedan articularse en Colombia, es necesario un proceso de coordinación entre los principales actores del sistema actual, en donde se coordinen y se determinen cuáles son los límites y funciones de cada uno de los subsistemas que componen este sistema. Los países en desarrollo tienen otras fallas que requieren ser reparadas: por ejemplo, los innovadores con frecuencia necesitarán

invertir en maquinaria nueva y costosa, pero los mercados de crédito a largo plazo están ausentes; es posible que necesiten técnicos para operar esa maquinaria, pero el sistema educativo no los está formando; para entrar a considerar una mejora en esta situación, el nuevo Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación debe trabajar estrechamente con los ministerios relacionados, y abordar algunas de las fallas que actualmente se presentan en el país en materia de innovación.

(6) *La demanda de innovación por parte de sectores productivos*

En la actualidad existen, básicamente, tres formas en que la productividad aumenta en una economía: una mejor asignación de los factores de producción entre las empresas y sectores; una mejora en el desempeño de la empresa, y una mejor calidad de las empresas que ingresan en relación con las existentes. Sin embargo, en países desarrollados la mayor parte de la mejora de la productividad proviene de la mejora dentro de las empresas y la entrada de nuevas y mejores empresas. Mejorar el ambiente en el que las firmas operan actualmente en el país- en términos de la calidad de la gobernanza, la infraestructura, la competencia entre firmas, la apertura de los mercados y el acceso a financiación- es un asunto central. Así mismo, el mejoramiento de las empresas depende en amplia medida de la calidad del capital humano, fundamentalmente de su capacidad innovativa, es decir, la capacidad que se tiene para identificar nuevas oportunidades tecnológicas, adaptarlas al contexto local y ejecutar con ellas programas que permitan generar valor agregado y avances en la economía.

En este proceso, la calidad de las instituciones de ciencia y tecnología y del sistema es crítica. Para la mayoría de los países en vías de desarrollo las misiones de ciencia, tecnología e innovación deben estar dedicadas hacia un crecimiento que permita aliviar la incidencia de la pobreza en la población. En Colombia, para que esta situación se presente, es necesario dejar de ver la innovación como un proceso que solamente depende de la acumulación de capital físico, para comenzar a comprender que es este último en su relación con la acumulación de conocimiento lo que

contribuye al desarrollo de la innovación. En ese sentido, es necesario pensar en las barreras que existen a todos los tipos de acumulación de capital y conocimiento- mercados, clima económico, barreras para tomar riesgos- para buscar soluciones que permitan generar ambientes propicios para la innovación.

Para que este ambiente propicio para la innovación se desarrolle, es necesario atender a los problemas que afectan tanto a la acumulación y el uso del conocimiento, como la utilización y acumulación del capital en los procesos de innovación. En Colombia, como lo muestran los resultados de la encuesta EDIT, existen obstáculos constantes a la innovación, entre los que resaltan la escasez de capital propio y el personal poco calificado. Por un lado, la percepción de escasez de capital propio se relaciona directamente con el riesgo asociado a los procesos y las condiciones de la innovación, que actualmente no resultan favorecedoras. Por el otro, gerentes de varias compañías evidencian una falta de personal capacitado, en todos los niveles, para enfrentar, dirigir y fomentar procesos de innovación al interior de las empresas y los sectores productivos. La demanda por innovación baja: tanto los trabajadores como empresas no demandan ni exigen la expansión del sector de las ideas. Colombia se queda atrás a nivel mundial: en lugar de ser generador de nuevo conocimiento y nuevas prácticas productivas es un país importador de ideas. Para comenzar a dar solución a estas situaciones, algunas vías de acción que se proponen son:

- a. Políticas para mejorar la calidad gerencial que se desarrollen a través de programas- pueden ser grupales o individuales- de entrenamiento. Esto puede realizarse desde varias estrategias como el mejoramiento de las escuelas de negocios nacionales, enviar más gerentes para estudiar y trabajar en el extranjero, o invitando a las empresas extranjeras a presentar las mejores prácticas en su industria. Así mismo, es necesario desarrollar capacidad técnica en las empresas que permita integrar y reconocer nuevas tecnologías; esto puede realizarse creando estas capacidades al interior de las firmas o generando alianzas con la academia y “thinktanks” para proveerlas.



- b. Colombia debe tener una visión de la combinación de políticas de innovación mucho más amplia que la de los países avanzados y que se extienda a las políticas de competitividad, educación, infraestructura, regulación y promoción comercial, entre otras.
- c. Colombia necesita reequilibrar los recursos y el enfoque de sus instituciones de innovación para mejorar la competitividad del sector privado.
- d. Garantizar la claridad de la Misión en los institutos de investigación y generar el apoyo de esta mediante una estructura de incentivos.
- e. Colombia necesita enfocarse en por qué sus empresas no demandan nuevas tecnologías, no solo en crear la oferta.

(7) *Formación en competencias de gestión empresarial y capacidades de innovación en todos los niveles*

El desarrollo macroeconómico de una nación se alcanza a través del crecimiento de las industrias privadas en diversos campos, el cual se produce gracias a la fuerte competitividad corporativa. Históricamente se ha verificado que uno de los factores y estrategias fundamentales para lograr la competitividad corporativa es el desarrollo del recurso humano (DRH); los recursos humanos se entienden como un sistema integral de capacidades y carácter encarnado en individuos que se necesitan para aumentar la competitividad a nivel nacional, la organización y productividad corporativa y las capacidades de por vida de las personas para conseguir empleo. Estas capacidades son, por ejemplo, información, habilidades, comportamientos y madurez cultural y ética de las personas.

A fin de garantizar el desarrollo económico sostenible a largo plazo en Colombia, la educación y la gestión de los recursos humanos son, sin duda, una agenda crítica. La dirección estratégica para que las pequeñas y grandes empresas refuercen su competitividad en el cambiante entorno industrial está íntimamente relacionada con la “equidad en la oferta de oportunidades en la educación industrial” y la “calidad de la educación industrial”. Para facilitar la innovación industrial en el país es esencial

un proceso para generar conocimiento científico e incorporarlo a los procesos de innovación. Sin embargo, la producción de conocimiento científico ha sido una misión exclusiva de un selecto grupo de personas y la innovación de los procesos ha sido objeto de interés para un grupo aún más pequeño de compañías. Por tal razón, sostenemos que la innovación y la alta calidad de la educación debe abarcar a los sectores emprendedores y empresariales.

La visión de políticas económicas sostenibles en Colombia debe apuntar a solucionar no solo esta barrera en el acceso e interés por los procesos de construcción de conocimiento e innovación en la empresa, sino que también tiene que apuntar a la transformación de un sistema socioeconómico que busque la eficiencia institucional y que busque una reforma social para que socioculturalmente comience a reconocerse el valor del conocimiento que se construye sobre la base de la equidad. Para superar su dependencia de los recursos naturales, Colombia necesita generar valor agregado en productos primarios o desarrollar nuevas áreas industriales. Particularmente, en este momento, lo que resulta ser más crítico es la innovación tecnológica. Sin embargo, lograrla y aprovecharla no será posible si antes no opta por desarrollar las capacidades y habilidades de su recurso humano.

De este modo, para avanzar en innovación tecnológica, el país debe capacitar su recurso humano a través de inversiones efectivas y reformas de los métodos educativos. El gobierno colombiano debe coadyuvar el desarrollo de un sistema sociocultural que reconozca los valores del conocimiento y garantice sus beneficios. Para ello, se propone que el Gobierno adopte tres medidas:

- a. Como paso inicial, adoptar una estrategia unificada de desarrollo del recurso humano (DRH) a nivel nacional.
- b. Debe haber un desarrollo proactivo de políticas gubernamentales para apoyar las actividades corporativas de desarrollo del recurso humano. Estas políticas de apoyo deben implementarse prioritariamente en las siguientes áreas: (1) desarrollo de un manual estándar para desarrollo



del recurso humano orientado al mejoramiento de la productividad, y (2) desarrollo de un sistema corporativo de garantía de calidad del desarrollo de recurso humano.

- c. Se debe propender por el fortalecimiento de un sistema cooperativo entre la industria y la academia a través de actividades como: (1) fortalecimiento de la certificación de calidad educativa de las universidades, (2) adopción de un sistema cooperativo industria-academia con fuerte apoyo del Estado; y (3) introducir un sistema de diagnóstico de las competencias universitarias.
- d. Inducir a las empresas a participar en la innovación voluntaria de DRH, que apoye a las empresas con sistemas de aprendizaje organizado y los programas de educación que apuntan a desarrollar la competencia profesional de los trabajadores.
- e. Establecer y administrar instituciones especializadas para DRH, por medio de estrategias que busquen establecer y dirigir instituciones educativas avanzadas para la innovación en productividad, y poner en funcionamiento un sistema de certificación de calidad por tipo de trabajo.

Finalmente, se propone la necesidad de crear un programa amplio de formación gerencial para la innovación junto con la universalización de la educación en desarrollo, segunda lengua y ética empresarial.

4.4 Conclusiones

Las propuestas del foco de Ciencias Sociales y Desarrollo Humano con Equidad permitirán impulsar el desarrollo humano del país mediante la promoción de capacidades individuales y colectivas, en el sentido propuesto por Amartya Sen y Martha Nussbaum. Este objetivo exige, en primer lugar, construir una Colombia más equitativa, donde sus habitantes gocen de mayor libertad al poder disponer de más oportunidades y donde logren un mayor bienestar gracias a una mayor capacidad de aprovechar dichas oportunidades.

Para lograr los objetivos de largo plazo, es importante que las propuestas aquí planteadas se conviertan en políticas de estado, desarrolladas e implementadas de manera continua en el país. También es importante que las propuestas se desarrollen de manera paulatina, recurriendo a programas piloto y asegurando la participación de las comunidades en su implementación. Finalmente, es importante resaltar que los contextos en los que se insertan las políticas y las comunidades que las aplican verán necesidades de ajuste, cambio o pertinencia; afinar el contenido o implementación de las políticas en el camino es fundamental para alcanzar su desarrollo.

Referencias

- Acemoglu, D. y Autor, D. (2012). *What Does Human Capital Do? A Review of Goldin and Katz's The Race between Education and Technology (January 11, 2012)*. MIT Department of Economics Working Paper No. 12-02. Disponible en <https://cutt.ly/5f3mWD9>
- Aghion, P. y Howitt, M. (1992). A Model of Growth Through Creative Destruction. *Econometrica*, 60, 323-351.
- Aguirre, R. (2003). Ciudadanía social, género y trabajo en Uruguay. *Revista Mexicana de Sociología*, 65, 4, 815-838. Recuperado de <https://cutt.ly/zf3mE3m>
- Aldana Valdés, E. (2016). La prioridad en educación terciaria: el caso innovar en el departamento del Tolima. *Rutas de Formación*, 3, 2, 15-21. doi: 10.24236/24631388
- Arjona, A. (2010). One national war, multiple local orders: An inquiry into the unit of analysis of war and post-war interventions. En: Bergsmo, M. y Kalmanovitz, P. (Eds), *Law in peace negotiations*. Oslo: Torkel Opsahl Academic EPublisher.
- Arjona, A. (2016). *Rebelocracy: Social Order in the Colombian Civil War*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Atkinson, A. (2015). *Inequality: what can be done?* Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Barro, R. (1991). Economic Growth in a Cross Section of Countries. *The Quarterly Journal of Economics*, 106, 2, 407-443.
- Barro, R. y Sala-i-Martin, X. (1992). Convergence. *Journal of Political Economy* 100, 2, 223-251. doi:10.1086/261816.
- Bateson, R. (2012). Crime victimization and political participation. *American Political Science Review*, 106, 3, 570-587.



- Bauer, M., Blattman, C., Chytilová, J., Henrich, J., Miguel, E. y Mitts, T. (2016). Can War Foster Cooperation? *Journal of Economic Perspectives*, 30, 3, 249-274.
- Becker, G. S. (1964). *Human Capital A Theoretical and Empirical Analysis, with Special Reference to Education*. Chicago: University of Chicago Press.
- Bourdieu, P. (2005). *Capital cultural, escuela y clase social*. México: Siglo XXI Editores.
- Bourdieu, P. (2009). *Los herederos, los estudiantes y la cultura*. Buenos Aires: Siglo XXI Editores.
- Brew, A. y Jewell, E. (2012). Enhancing quality learning through experiences of research-based learning: implications for academic development. *International Journal for Academic Development*, 17, 1, 47-58. doi: 10.1080/1360144X.2011.586461
- CNMH. (2010a). *La masacre de Bahía Portete: mujeres wayuu en la mira*. Bogotá: Taurus.
- CNMH. (2010b). *Esa guerra no era nuestra: La masacre del Salado*. Bogotá, D.C.: Publicaciones Semana y Centro Nacional de Memoria Histórica.
- CNMH. (2010c). *Bojayá: la guerra sin límites*. Bogotá: Taurus.
- CNMH. (2013). *¡Basta ya!: Memorias de guerra y dignidad*. Bogotá: Centro Nacional de Memoria Histórica.
- Cunin, E. (2003). *Identidades a flor de piel*. Bogotá, D. C.: IFEA, ICANH, Uniandes y Observatorio del Caribe Colombiano.
- Farrington, C. A., Roderick, M., Allensworth, E. A., Nagaoka, J., Johnson, D. W., Keyes, T. S. y Beechum, N. (2012). *Teaching Adolescents to Become Learners: The Role of Noncognitive Factors in Academic Performance - A Critical Literature Review*. Chicago: Consortium on Chicago School Research.
- Forero, C., Escobar D. y Molina D. (2006). Escuela Nueva's Impact on the Peaceful Social Interaction of Children in Colombia. En: Little, A. (Ed.) *Education for All: The challenge of multigrade teaching* (Chapter 13). Dordrecht: Springer.
- Gilardi, S. y Lozza, E. (2009) Inquiry-Based Learning and Undergraduates' Professional Identity Development: Assessment of a Field Research-Based Course. *Innovative Higher Education*, 34, 4, 245-256.
- Goldin, C., y Katz, L. (2007). *The race between education and technology*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Heckman, J. (2000). *Policies to foster human capital*. Joint Center for Poverty Research. Working Papers 154. Evanston, Illinois: Northwestern University.
- Heckman, J. y Rubinstein, J. (2001). The importance of noncognitive skills: Lessons from the GED testing program. *American Economic Review*, 91 (2), 145-149.
- Heckman, J., Stixrud, J. y Urzua, S. (2006). The effects of cognitive and noncognitive abilities on labor market outcomes and social behavior. *Journal of labor economics*, 24, 3, 411-482.



- Heckman, J. y Kautz, T. (2012). Hard evidence on soft skills. *Labour Economics*, 19, 4, 451-464.
- Holland, J. (1992). Complex Adaptive Systems. *Daedalus*, 121, 1, 17-30. Disponible en <https://cutt.ly/8f3mmuo>
- 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, D. C.: ICBF.
- Jacobsen, M., McDermott, M., Brown, B., Eaton, S. E. y Simmons, M. (2018). Graduate students' research-based learning experiences in an online Master of Education program. *Journal of University Teaching & Learning Practice*, 15, 4. Disponible en <https://cutt.ly/ug8NHjB>
- Kitson, A., Brook, A., Harvey G, Jordan, Z. ... Wilson, D. (2018). Using Complexity and Network Concepts to Inform Healthcare Knowledge Translation. *International Journal Health Policy Management*, 7, 3, 231-243. doi: 10.15171/IJHPM.2017.79
- Klasen, S. (2018). *Human Development Indices and Indicators: A Critical Evaluation*. Office Background Paper. Nueva York: Human Development Report. PNUD.
- Komatsu, T. (2017). Education and Peace. *Oxford Research Encyclopedia of Education*. Disponible en <https://cutt.ly/2f3QYnD>
- Lee, J. H., Jeong, H. y Hong, S. C. (2014). Is Korea Number One in Human Capital Accumulation?: Education Bubble Formation and Its Labor Market Evidence. *SSRN Electronic Journal*. doi: 10.2139/ssrn.2476160
- Lucas, R. (1988). On the mechanics of development planning. *Journal of Monetary Economics*, 22, 1, 3-42. Disponible en <https://cutt.ly/Ef3QV7z>
- Mankind, G., Romer, D. y Weil, D. (1990). A contribution to empirics of Economic Growth. *Quarterly Journal of Economics*, 107, 407-437. Disponible en <https://cutt.ly/nf3WhGU>
- Mustard, F. (2002). *Early child development and the brain. The base for health, learning and behavior through life*. En: *From early child development*. Washington: Banco Mundial.
- Mustard, F. (2003). *¿Qué es el desarrollo infantil? Primera Infancia y Desarrollo. El desafío de la década*. Cambridge, MA: Center of the Developing Child at Harvard University.
- Nelson, R. y Phelps, E. (1966). Investment in humans, technological diffusion, and economic growth. *American Economic Review: Papers and Proceedings*, 61, 69-75.
- Nussbaum, M. (2000). *Women and human development: the capabilities approach*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Pop-Eleches, G. y Tucker, J. (2011). Communism's Shadow: Postcommunist Legacies, Values, and Behavior. *Comparative Politics*, 43, 4, 379-408.



- Pridham, G. (2014) EU/Ukraine Relations and the Crisis with Russia, 2013-14: A Turning Point. *The International Spectator*, 49, 4, 53-61. doi: 10.1080/03932729.2014.965587
- Pritchett, L. (2001) Where Has All the Education Gone World Bank. *Economic Review*, 15, 367-391.
- Quaynor, L. J. (2012). Citizenship education in post-conflict contexts: A review of the Literature. *Education. Citizenship and Social Justice*, 7, 1, 33-57.
- Romer, P. (1986). Increasing Returns and Long-Run Growth. *Journal of Political Economy*, 77, 1002-1037.
- Romer, P. (1990). Endogenous Technological Change. *Journal of Political Economy*, 98, 5, 571-5102.
- Sahlberg, P. (2012). A Model Lesson: Finland Shows Us What Equal Opportunity Means. *American Educator*: 20-40.
- Schultz, T.W. (1961). Investment in Human Capital. *American Economic Review*, 51, 1-17.
- Sen, A. (1999). Introduction. En *Development as freedom*. Oxford: Oxford University Press.
- Sen, A. (2003). Development as capability expansion. doi:10.1007/978-1-349-21136-4_3.
- Skogan, W. (1990). *Disorder and Decline: Crime and the Spiral of Decay in American Cities*. New York: The Free Press.
- Susiani, T., Salimi, M. y Hidayah, R. (2018). Research Based Learning (RBL): How to Improve Critical Thinking Skills? *SHS Web Conferences*, 42. doi.org/10.1051/shsconf/20184200042.
- Tedeschi, R. G. y Calhoun, L. G. (1996). The posttraumatic growth inventory: Measuring the positive legacy of trauma. *J. Traum. Stress*, 9, 455-471. doi:10.1002/jts.2490090305
- UNDP (1990). Human Development Report. Disponible en: <https://cutt.ly/vf3W84z>
- 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 y Fondo de Población de las Naciones Unidas (UNFPA), Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD).
- Velasco, M., Ruiz, J., Riaga, S., Villa, A. M. y Forero-Pineda, C. (2007). El acompañamiento de las ciencias sociales a las políticas públicas y al cambio cultural. VII Congreso Iberoamericano de Indicadores de Ciencia y Tecnología (Pp. 23-25). Ricyt, Sao Paulo.



5. Foco de Energías Sostenibles

Resumen ejecutivo

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 (millones de unidades térmicas británicas) 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 (PIR) para construir un portafolio balanceado de fuentes energéticas primarias, e integrar el lado de la demanda con principios de economía circular. Las características, modelos principales y productos de la PIR se encuentran, por ejemplo, en NREL (2013). La figura 5.1 presenta los bloques principales de la PIR.

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

Modelo de planificación integrada de recursos (PIR)

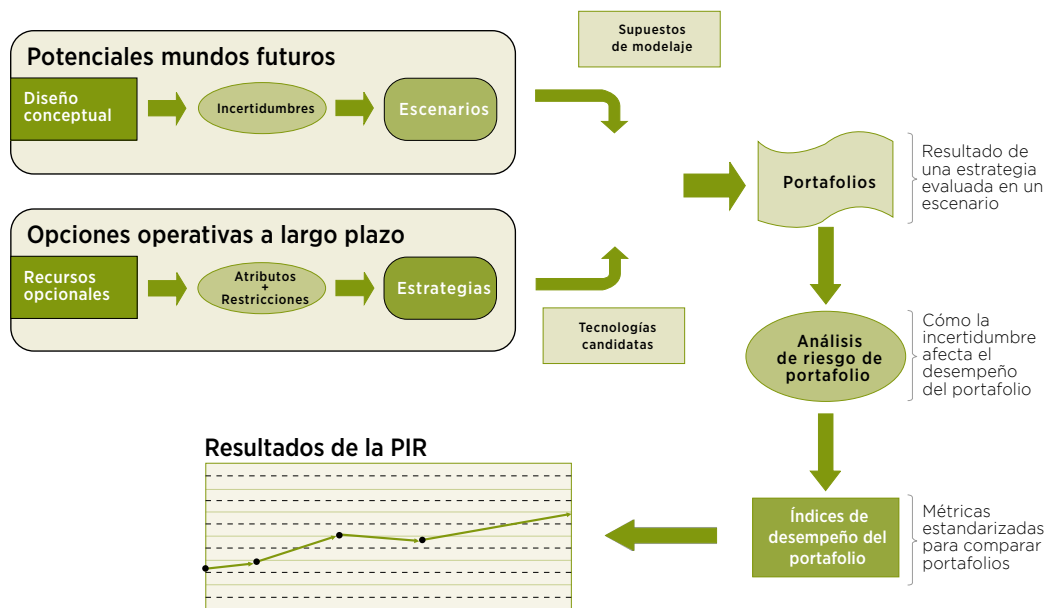


Figura 5.1. Bloques de la Planeación Integrada de Recursos (PIR).
Fuente: Scott Madden (2015).

Para definir los resultados finales de la PIR, se deben considerar tanto los resultados del modelo como otros factores, por ejemplo, los aportes de las partes interesadas —internas y externas— y la estrategia empresarial, entre otras.

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 (CTeI) 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 para la gestión de la demanda en los sectores de grandes 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; 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 CTEI 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 y/o misiones alineados con los objetivos de política de CTEI, y que coinciden en buena medida con los aspectos que requieren acción inmediata en energía en Colombia (círculos en verde oscuro), en un entorno de incertidumbre, identificados por el World Energy Council, que se presentan en la figura 5.2.

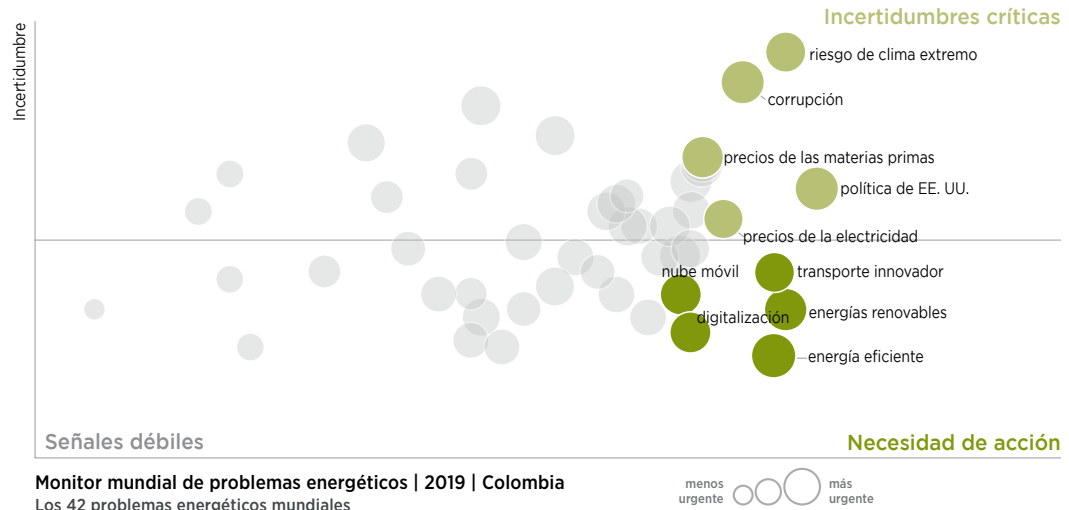


Figura 5.2
Problemas y perspectivas de la energía para Colombia
Fuente: World Energy Issues Monitor (2019) Colombia



5.1 Las tendencias mundiales

Las tendencias mundiales en energía se desenvuelven en medio de las siguientes circunstancias: (1) los impactos del cambio climático; (2) el avance tecnológico ‘inevitable’ en energía solar, eólica, almacenamiento e inteligencia artificial; (3) la irrupción de nuevos modelos de negocios financiados por capital privado e intensivos en inteligencia de datos en tiempo real; (4) la convergencia entre descentralización de soluciones energéticas, uso de las tecnologías de información y comunicaciones —internet de las cosas—, y electrificación de procesos; (5) 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; (6) los avances en tecnología y creación de mercados mundiales en gas natural, que lo convierten en el ‘hidrocarburo del sistema energético’ y (7) 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, 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”.



6. Cifras tomadas del
bp Statistical Review
of World Energy
2019. Disponible
en: [https://cutt.ly/
Yf3E6TI](https://cutt.ly/Yf3E6TI)

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, puede alterar de manera profunda toda la matriz energética, como complemento de las FNCER, que carecen de densidad.

En el largo plazo, no hay claridad en el mundo sobre cuál será la mezcla de fuentes, 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.

5.2 Colombia en energía⁶

Colombia posee reservas pequeñas en petróleo (1800 millones de barriles de reservas probadas, el uno por mil del mundo) y gas natural (3,7 trillones americanos, también el uno por mil del mundo), pero posee reservas de carbón 4881 millones de toneladas, que representan el 0,5 % del mundo. Así mismo, 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—.

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.

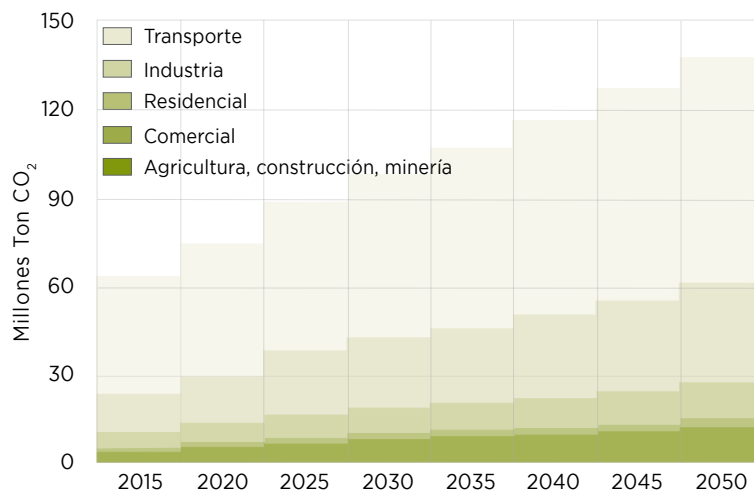
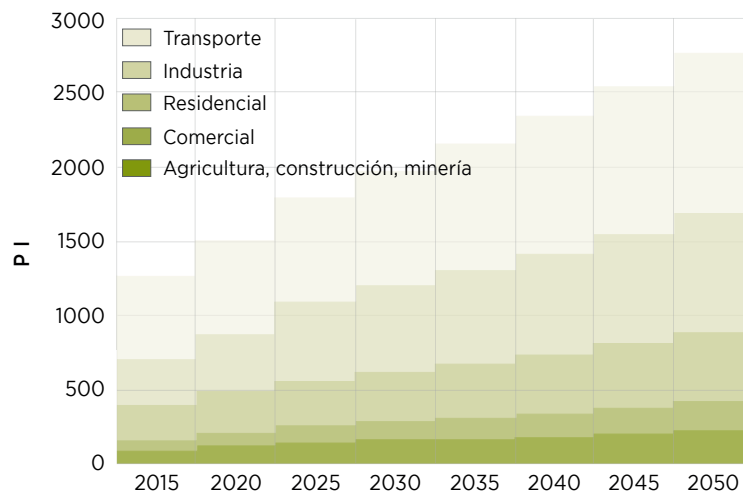


Figura 5.3 Escenario base COP 21 por sector de consumo.
Fuente: UPME (2019)



Respecto al consumo y emisiones de gases de efecto invernadero a nivel sectorial, el escenario base de COP 21, según la UPME (2019), muestra su evolución en la figura 5.3.

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 una gran 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—. Falta lograr la cobertura universal en electricidad ya que cerca del 1,5 % de la población carece del servicio.

Los problemas más importantes de la oferta 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 fuentes no convencionales de energía renovable (FNCR) 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 FNCR 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.



5.3 Colombia en CTeI para energía

La tabla 5.1 resume la interacción con actores de la academia y la industria en la identificación de barreras y oportunidades para CTeI 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 CTeI. 	<ul style="list-style-type: none"> - Apoyo público a ciencia básica, cofinanciación de aplicaciones y emprendimiento. - Porcentaje (%) de ingreso corporativo gravable para CTeI.
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 CTeI. 	<ul style="list-style-type: none"> - Regulación experimental (<i>sandboxing</i>) y favorable a innovación - Simplificación de procesos públicos y supervisión ex post en proyectos CTeI.
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 ctei 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 ctei, reconocimiento de líderes tecnológicos. - Cambios de normas urbanísticas y estándares, con diálogo y apoyo público en ciudades inteligentes.

Tabla 5.1 Síntesis de barreras y oportunidades para CTeI en energía. Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con este diagnóstico, la introducción de la CTEI 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.

5.4 Recomendaciones

5.4.1 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 año seis—, 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 hay 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 15 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: (1) 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; (2) apoyo a la creación de una industria de biorrefinerías; (3) 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 que incorpore una visión de economía circular.

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.

5.4.2 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.

5.4.3 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.

5.5 Tecnologías, educación y política de ctei: discusiones

Esta subsección recoge las opiniones de diferentes expertos sobre asuntos específicos, que se redactaron por solicitud de los miembros del foco, y aportes de sus miembros. La revisión presentada no cubre todas las alternativas posibles, ni pretende resumir la enorme cantidad de estudios existentes a nivel mundial.

5.5.1 Vectores energéticos y biomasa⁷

Colombia posee un potencial de residuos agroindustriales de aproximadamente 72 millones Ton/año, equivalentes a 332 000 TJ/año de energía, que se encuentran disponibles en todo el territorio nacional, especialmente en las zonas con menor acceso a energía, los cuales no se aprovechan en la actualidad.

La dotación de tierras, agua y radiación solar de Colombia puede sostener cultivos energéticos —caña de azúcar, palma, maíz y pastos— para aumentar la oferta de gas natural doméstico, sin afectar el uso de la tierra o la seguridad alimentaria. Se pueden crear empresas agrícolas con mercados y medios de transporte y distribución ya establecidos. La industria puede establecer sistemas híbridos, de tal manera que por la noche se genere electricidad con biogás o gas de síntesis proveniente de la biomasa leñosa.

Los residuos urbanos de las cinco principales ciudades —Bogotá, Medellín, Cali, Barranquilla y Bucaramanga—, con el 36,28 % de la población. Esta cantidad de residuos urbanos en un 90 % va a los rellenos sanitarios autorizados, sin aprovechamiento.

Existe un gran potencial de aprovechamiento de los residuos para la poligeneración de productos (electricidad, productos químicos y energía

térmica). La poligeneración, apoyada en la pirólisis rápida de residuos agroindustriales, representa una oportunidad a corto plazo para dar valor agregado a recursos que en su mayoría tienen problemas de disposición final y de entrega como productos. Deben desarrollarse prototipos que preparen la explotación industrial.

El biometano se puede obtener de la biomasa proveniente de residuos agrícolas, agropecuarios urbanos y cultivos energéticos como los de caña y palma. En Europa es rentable la producción de biometano a partir de cultivos de maíz ensilado para aumentar la degradabilidad. La producción del biometano como sustituto del gas natural desarrolla una nueva industria para el campo. En un escenario optimista, el biometano puede llegar a representar un consumo final de los sectores industrial y comercial de 2 %, del consumo primario de energía eléctrica en un 6 % y del consumo final en el sector transporte en un 11 % de la demanda energética nacional. Se tendría un mercado potencial de cerca del 20 % de la demanda energética nacional.

El Laboratorio Fraunhofer desarrolló en 2019 el proyecto TO-SYN-FUEL, que combina tratamientos termo catalíticos con separación del hidrógeno para producir combustibles líquidos equivalentes a la gasolina y al diésel de bajas emisiones, a partir de residuos orgánicos (<https://cutt.ly/dhhDDtz>).

Este proyecto busca comprobar la viabilidad técnica y ambiental, y su competitividad financiera, con la construcción de un modelo piloto cercano a la comercialización. El piloto tiene el objetivo de desarrollar plantas modulares de pequeña escala que se puedan usar de manera descentralizada con heterogeneidad de insumos orgánicos.

5.5.2 Disposición de gases de efecto invernadero

La disposición de las emisiones de CO_2 tiene soluciones que no son económicamente viables en su estado actual. El CO_2 se puede almacenar en sitios profundos del mar y en los espacios dejados por la extracción de petróleo y gas natural. También se ha iniciado su utilización en cultivos bajo invernadero para aumentar el crecimiento de las plantas, y en la producción de biogás en la etapa metanogénica, en la que los microorganismos toman



8. Basado en Díaz *et al.* (2019).

9. Aportes de E. Posada, R. Chona y J. Benavides (2019).

el CO_2 producido y lo someten a reacción con hidrógeno producto de esta etapa, para formar el biometano. Esta misma reacción se puede lograr con la reacción del dióxido de carbono —producto de la combustión— con el hidrógeno —obtenido por electrólisis con energías renovables y en presencia de bacterias metanogénicas— para obtener biometano.

5.5.3 Eficiencia energética⁸

Aunque Colombia ha estado en la vanguardia legislativa del uso racional de energía, no hay resultados tangibles a la vista. Una parte de la solución exige un cambio de costumbres. Además del sector residencial con el aprovechamiento de la arquitectura bioclimática, los sectores de mayor potencial de eficiencia son la industria y el transporte. En la industria hay fallas de financiación y de información sobre el cambio tecnológico. En el sector transporte hay un problema de *lock in* tecnológico y de intereses, además de una falla de coordinación entre las entidades ambientales, de salud pública, de transporte, de energía y autoridades locales, que perpetúan los combustibles líquidos.

(1) *Hidrógeno, almacenamiento y energía nuclear*⁹

El hidrógeno tiene perspectivas de convertirse en una fuente de energía densa y limpia a nivel comercial en menos de dos décadas, para uso directo en transporte, producción de combustibles sintéticos e intercambiabilidad con gas natural, generación eléctrica y producción de productos químicos (Figura 5.4).

Colombia tiene grandes fuentes de biomasa y biocombustibles que pueden utilizarse para la fabricación de ‘hidrógeno verde’, y luego convertirse en biometano. Así mismo, se puede producir hidrógeno a partir de la electrólisis con electricidad generada con fuentes renovables.

El almacenamiento de la energía incluye el almacenamiento de biomasa y de agua en represas. Las alternativas incluyen las baterías de grafeno, grafeno-litio y las de flujo *redox*. Estas tecnologías son emergentes



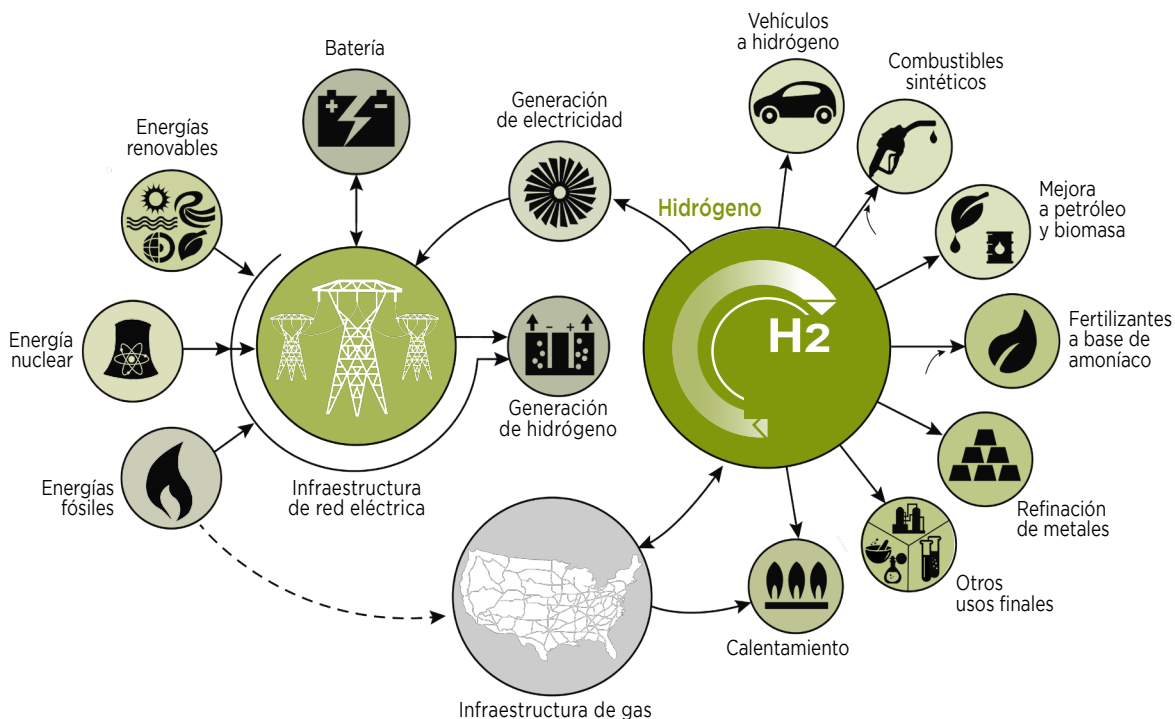


Figura 5.4 El ecosistema de producción y consumo de hidrógeno. Fuente: FCHEA (2018). Ver: <https://cutt.ly/Tf3OJ2K>

y sus aplicaciones comerciales apoyarían al sistema de transporte eléctrico y mejorarían la seguridad de abastecimiento.

Los reactores nucleares que están recibiendo renovada atención funcionan con sales fundidas (*molten salts*) o con base en torio, y pueden desarrollarse modularmente en tamaños inferiores a 20 mw. Estas tecnologías ya son conocidas, y subsiste el reto de la disposición de sus residuos. Algunos analistas (‘Humanismo Atómico’) consideran que la energía nuclear debe hacer parte de la solución del abastecimiento ante la velocidad de los impactos negativos del cambio climático y sus argumentos son serios.

En cuanto a la fusión nuclear, que sería a largo plazo una solución muy atractiva ya que no produce residuos contaminantes y puede suministrar

enormes cantidades de energía, las primeras pruebas del ITER —reactor internacional de energía termonuclear— se desarrollarán en el 2025 y las aplicaciones comerciales podrían llegar en 2040.

(2) *Hidroelectricidad, energía del oleaje, mareomotriz y energía térmica oceánica*¹⁰

El desarrollo de las grandes hidroeléctricas es cada vez más riesgoso y costoso, porque los mejores desarrollos ya se han realizado. Las medianas y pequeñas centrales hidroeléctricas son un recurso atractivo, que pueden tener menor impacto ambiental (pérdida de servicios ecosistémicos, impactos en la migración de peces, fragmentación de ecosistemas) que el de las grandes hidroeléctricas. Debe tenerse en cuenta que el portafolio de generación del país tiene un porcentaje muy alto de hidroelectricidad, que introduce un riesgo alto de desabastecimiento y tiene un alto componente de riesgo sistémico.

Los sitios con mayor potencia de oleaje, y cercanos a centros poblados importantes con puertos, están en las cercanías de Barranquilla y Santa Marta. En el Caribe, de acuerdo con la estacionalidad climática de la zona, el oleaje más fuerte se manifiesta en los meses de diciembre a abril, lo que coincide con la época seca del país, donde la energía eléctrica tiene los precios más altos. Aunque los valores de energía en el Pacífico son menores que los del Caribe, se mantienen a lo largo del año, por lo cual es una opción interesante para el abastecimiento de las zonas no interconectadas.

Teniendo en cuenta las condiciones geográficas y de conexión, el aprovechamiento de las mareas solo sería posible en las bahías de Tumaco y Buenaventura, ya que muchos sitios en el país tienen restricciones ambientales. Los costos de las obras civiles son la principal barrera para lograr la viabilidad de esta alternativa.

La plataforma continental se extiende varios kilómetros a lo largo de la costa Pacífica y de casi toda la costa Caribe, lo cual dificulta el acceso a aguas frías tomadas de grandes profundidades. En las proximidades de la Sierra Nevada de Santa Marta existe un abismo de más de 2000 m cercano al litoral, que podría ser usado para tomar el agua fría. No obstante, se tienen las siguientes observaciones:

- a. La conversión de energía térmica oceánica (OTEC) tiene altos costos de inversión y es posible que no pueda competir con la generación en la red del Sistema de Transmisión Nacional (STN), pero puede ser útil para sitios aislados con altos consumos de energía de fuentes fósiles, donde la generación de energía eléctrica es muy costosa. Las condiciones al sur de la isla de San Andrés cumplen con los requerimientos para la instalación de un ciclo OTEC.
 - b. La existencia de fuertes gradientes de salinidad en corta distancia en las desembocaduras del golfo de Urabá y en la bahía Barbacoas, sumados a los altos caudales que descargan los ríos, indican que existe la factibilidad técnica de desarrollar un proyecto piloto de 5-6 MW en el río León, que puede proveer energía para 35 000 personas, conectada a la red en Apartadó.
11. Benavides (2019).

(3) Gas natural¹¹

El gas natural ha registrado grandes avances en las últimas cuatro décadas. En primer lugar, los avances técnicos en producción de gas de esquisto (*shale*) han incrementado las reservas mundiales y reducido los precios del gas natural. En segundo lugar, se ha producido una revolución en el gas licuado (LNG). La flota de barcos metaneros se ha cuadruplicado en menos de 20 años, pasando de 103 en 1997 a 410 barcos en 2015 y la capacidad promedio de un barco se ha doblado desde 1970, llegando a 164 000 m³ en 2015 (Gasinfocus, 2017). Han aparecido las instalaciones flotantes de LNG para licuar y regasificar y barcos de pequeña escala para cabotaje. El LNG es más económico que el transporte por ducto para distancias largas y grandes volúmenes. En tercer lugar, se ha incrementado la innovación tecnológica en los usos múltiples del gas en electricidad, transporte, cogeneración y la conversión de electricidad a gas (P2G) con diseños modulares. Además de ser dúctil, el gas puede funcionar en todos los niveles y escalas de los sistemas de energía.

Por las dos primeras razones, el gas natural se ha convertido en un producto transable y su precio se ha desacoplado del precio del crudo, lo que favorece su restablecimiento en el portafolio de generación eléctrica.



12. Esta sección se basa en Benavides, Cadena, González, Hidalgo y Piñeros (2018).

Por la tercera razón, y por sus menores emisiones relativas de gases de efecto invernadero, se puede integrar con microturbinas y generación distribuida para integrar paquetes de DER complementarios con las FERNC y convertirse en el 'combustible del sistema' (Benschop, 2013), con ventajas sobre el resto de los combustibles fósiles.

Colombia no debe renunciar automáticamente a la explotación del gas de esquisto. Con una adecuada explotación, basada en la introducción de más tecnologías y medidas de mitigación de riesgos, es una fuente que debe ganar presencia en el portafolio energético de corto y mediano plazo.

(4) *Las fuentes de energía renovables no convencionales*¹²

En la primera década del siglo XXI, numerosos países desarrollados y altamente consumidores de energía fósil subsidiaron la instalación de paneles solares en techos y granjas de producción eólica, especialmente costa afuera. La política pública de esta primera ola de instalación masiva de renovables no convencionales en esos países se centró en reducir las emisiones de la contaminación por generación con carbón y otros hidrocarburos, y en diversificar las fuentes productoras, con fuertes subsidios.

La primera ola generó una velocidad de inversiones totales que se amarró a esfuerzos exitosos de investigación y desarrollo a nivel mundial. La curva de aprendizaje lograda se refleja en la "Ley de Swanson", una relación empírica que encuentra que el costo de los paneles fotovoltaicos se reduce aproximadamente en un 24 % al duplicarse la capacidad instalada. Esta curva de aprendizaje se extiende a la energía eólica y al almacenamiento de energía, con reducciones de 14 % y entre 15 % y 21 % en cada uno de estos dos rubros, respectivamente. La figura 5.5 ilustra esta regularidad para el caso de paneles fotovoltaicos.

De acuerdo con estudios de la Agencia Internacional de Energía Renovable (Irena, 2016), los costos de la electricidad fotovoltaica y eólica seguirán bajando por la combinación de economías de escala crecientes, cadenas de suministro más competitivas y cambio tecnológico. Irena plantea que si se implantan políticas correctas, el costo de la electricidad producida por las dos fuentes no convencionales mencionadas podría

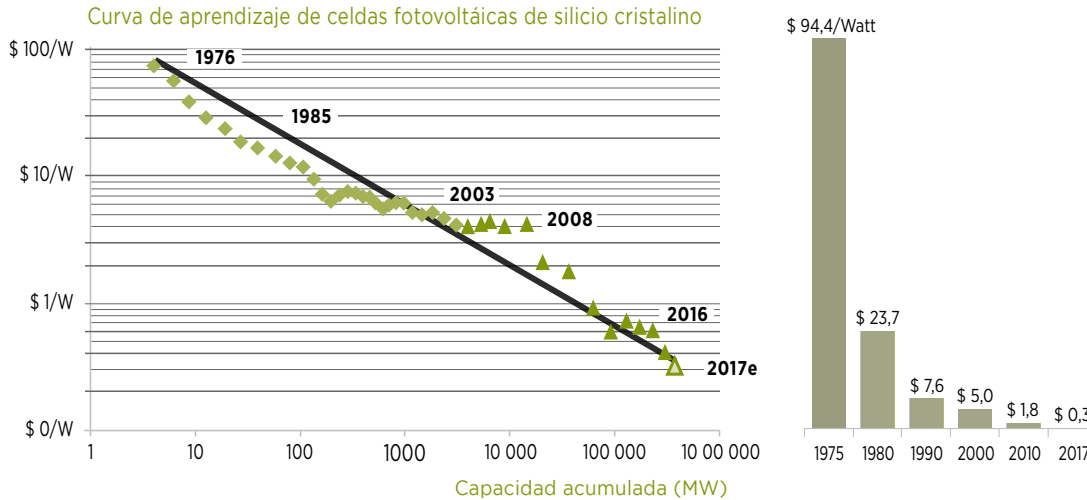


Figura 5.5 Ley de Swanson para paneles fotovoltaicos. Fuente: Bloomberg New Energy Finance (2018).

13. Esta sección se basa en Benavides, Cadena, González, Hidalgo y Piñeros (2018).

reducirse entre un 26 y un 59 % entre 2015 y 2025. En muchos países el precio promedio de las FERNC es inferior al de los contratos con energías convencionales.

(5) Recursos energéticos descentralizados (DER)¹³

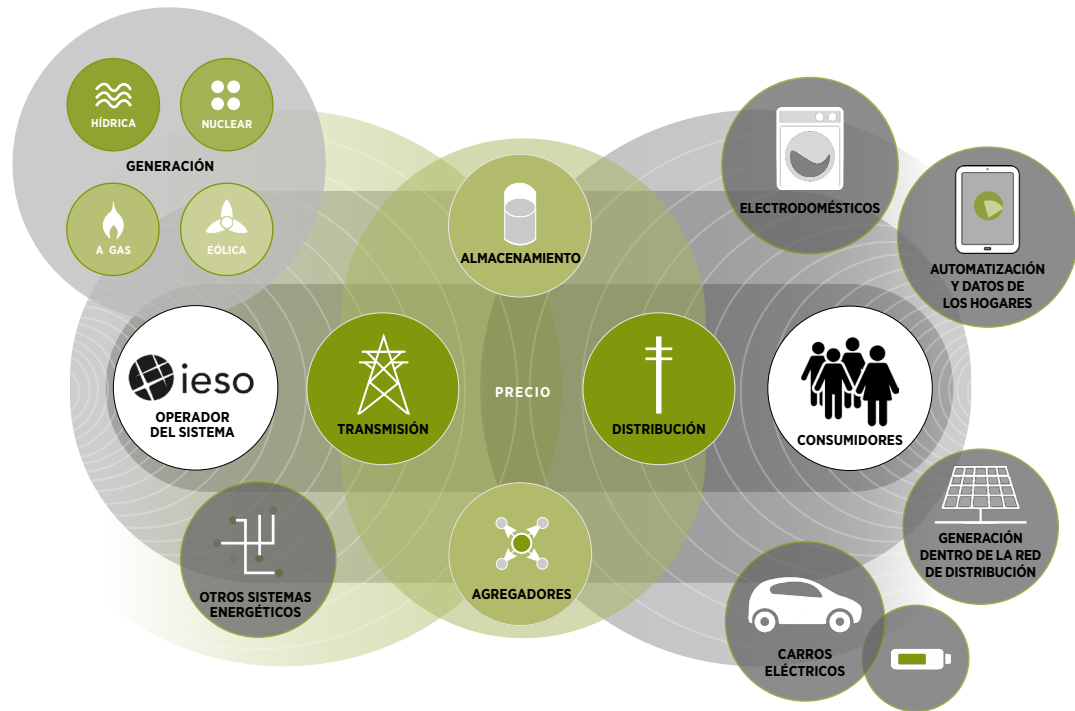
Los DER (*Decentralized Energy Resources*) son recursos que producen electricidad o cargas controlables al nivel de la red de distribución o detrás de los contadores. Incluyen, entre otros, generación embebida en la red local –paneles en los techos de hogares o establecimientos–, microrredes, cogeneración, baterías, respuesta de la demanda y gestión programable de la eficiencia.

La propiedad, funcionalidad y perfil de respuesta temporal de los DER es heterogénea, y los sistemas o activos que los apoyan pueden pertenecer a cooperativas, compañías de distribución o emprendedores. Algunos actores buscan la autosuficiencia energética y otros, motivos comerciales.

La figura 5.6 ilustra el entendimiento de un Operador Independiente del Sistema (ISO) sobre los DER y su papel en la integración de Transmisión (T), distribución (D) y los consumidores.



Figura 5.6 Ejemplo de DER. Fuente: IESO (2018).



ELEXON (el Operador de Sistema de Gran Bretaña) ha clasificado las propuestas de valor de los DER. Hay dos actividades a través de las cuales los recursos energéticos descentralizados DER aportan valor *al sistema* y *a los usuarios*: (1) la agregación y control de DER y (2) el balance de generación y demanda locales.

La agregación y el control de DER permiten gestionar la interacción con el mercado mayorista como una opción real: se inyecta energía a T cuando los recursos locales son más económicos que los del sistema, se compra al mercado mayorista en caso contrario. Por su parte, el balance de la producción y el consumo locales permite a los consumidores controlar su patrón de consumo, reducir su factura, y vender servicios de flexibilidad extra a los operadores de redes.

Los servicios de flexibilidad benefician (1) a D al reducir las restricciones de red locales y diferir inversiones por optimización; (2) a los operadores de T al vender servicios auxiliares y de balanceo que mejoran la operación del sistema interconectado; y (3) a los generadores (G) porque pueden disponer de recursos adicionales para minimizar sus costos de desbalance. Esta característica dificulta encasillar los DER en términos convencionales, porque juega en todos los eslabones de la cadena $\{G \rightarrow T \rightarrow D\}$.

Para gestionar las operaciones DER y monetizar su aporte al sistema y a los clientes, se requieren nuevos actores con capacidades tecnológicas y comerciales sofisticadas, además de un operador del sistema de distribución que articula los papeles de los *integradores*, los *optimizadores* y los *agregadores* (o 'plantas virtuales'), que han empezado a funcionar con apoyo de capital de riesgo desde hace una década.

5.5.4 Nuevos modelos de negocios energéticos¹⁴

La figura 5.9 presenta algunos de los nuevos tipos de negocios que pueden surgir (del centro a la derecha de la gráfica).

El tamaño relativamente pequeño de los DER les da agilidad al combinar flexibilidad y velocidad (Cusumano, 2010). Los modelos de negocio en DER son intensivos en conocimiento y de tipo emprendedor. La disrupción de las DER llegará por el progreso técnico y las oportunidades de arbitraje en tiempo real que vienen del carácter incompleto de los sistemas clásicos $\{G \rightarrow T \rightarrow D\}$. Puesto que la innovación corporativa en Colombia es modesta y está centrada en aumentar el margen EBITDA de los activos existentes, la alternativa más viable de las empresas establecidas para incursionar en su transición consistirá en asociarse y compartir ganancias con empresas de los ecosistemas de capital de riesgo.

Muchas de las transacciones descentralizadas se pueden realizar con ayuda de la tecnología *blockchain* (sin necesidad de operador de red de distribución) que se ha ensayado en microrredes, por ejemplo, por parte de *SolarCoin*, *gridsingularity* y *Ethereum*, tres firmas de capital de riesgo.



La financiación de nuevos negocios energéticos tampoco estará dominada por esquemas corporativos con deuda en el balance aportada por bancos o inversionistas institucionales. Los entrantes son firmas de alta tecnología de software y hardware que necesitan aportes patrimoniales directos, instrumentos respaldados por activos (*asset-backed*) y fondos de inversión patrimonial (*equity*) cerrados (Zuckerman, 2016). Puesto que las DER son tecnologías en evolución antes que recursos energéticos, se requiere una mayor presencia de capital de riesgo en la etapa inicial (*early-stage VC*) para financiar proyectos de alto impacto (IEA, 2017).

5.6 Política de CTEI para energía

El documento central de la Misión enfatiza y desarrolla los argumentos en favor de apoyar la ciencia básica y de política general de CTEI. Esta sección recoge propuestas complementarias.

En energía, la ciencia básica no solo aporta al conocimiento universal, sino que ayuda a solucionar problemas específicos propios de las características climáticas, geológicas, biológicas del país. Esto requiere una comprensión profunda de los fenómenos involucrados, que solo se puede lograr con la investigación básica, para desarrollar conocimiento que no está disponible a nivel internacional. Del mismo modo, un desarrollo bien fundado del sector energético, y en particular de las energías alternativas, requiere un importante desarrollo de la ciencia de materiales y de la nanotecnología.

No se puede dejar a los países industrializados el monopolio de la ciencia básica. Como lo afirmaba Abdus Salam “para poder comprar tecnología sin cometer errores, hay que tener en el país que compra gente del mismo nivel que la que desarrolló la tecnología en el país que vende”. La única forma de lograrlo es que en el país trabajen personas activas en investigación, que estén al día en la tecnología que se compra.

La investigación básica en materiales es de la mayor importancia en el sector de la energía. La nanotecnología, por ejemplo, encuentra aplicaciones

en la fabricación de baterías de muy alta eficiencia o en la producción de celdas solares, lo cual tiene obvias repercusiones en la economía. Del mismo modo, la investigación en telecomunicaciones, en automatización y en instrumentación permite tener una mayor capacidad de negociación a la hora de adoptar tecnologías de frontera en esos sectores.

5.6.1 Educación para la energía y la sostenibilidad

El foco discutió en profundidad el problema general de la educación en Colombia, y sus visiones y recomendaciones se han trasladado al documento central. De manera análoga a la sección de política de CTEI, acá se resaltan aspectos en los que el foco tiene interés especial:

1. El agua y la energía son dos elementos fundamentales para la supervivencia de los seres vivos. Los procesos de aprendizaje deben presentar las transformaciones que sufre la energía primaria proveniente del sol para proporcionar desde los alimentos que requerimos para la supervivencia hasta necesidades creadas en la evolución de la humanidad, de forma tal que los procesos de transformación de la energía sean eficientes y generen la menor cantidad de residuos y uso de agua. Es necesario considerar de forma integrada la energía y su transformación con el cambio climático y la sociedad.
2. Los procesos de formación deben lograr que los ciudadanos sean conscientes de su responsabilidad para garantizar la sostenibilidad de su territorio. Los proyectos ambientales escolares (PRAE) poseen unas fortalezas curriculares y pedagógicas, ya que están formulados para el desarrollo de estrategias de investigación y protección del espacio próximo a las instituciones educativas. La naturaleza transversal de los PRAE permite articular diversas áreas —ciencias naturales y educación ambiental, área de ciencias sociales y las competencias ciudadanas—, considerando los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

El principio de *adaptar los programas de estudios a lo que el país necesita* no es nuevo. En las leyes educativas de 1900 se define como prioridad que la



educación para los campesinos y los pobres debe ser centrada en el cultivo de las parcelas y en los oficios básicos. Las clases dirigentes orientaban sus estudios al bachillerato clásico, que les permitía acceder a la burocracia.

A partir del plebiscito de 1957, que ordenó destinar al menos un 10 % del presupuesto a la educación, la escolaridad muestra avances: de 3,1 años en 1957 se pasa a 4,2 en 1970; hoy se sitúa en 7,4 años. El número de estudiantes en educación superior llegó en el 2015 a 2 293 000. El número de graduados en el periodo 2001-2012 alcanzó 4 291 000, incluyendo profesionales, técnicos y tecnólogos. En 1960 el número de estudiantes universitarios no superaba los 60 000. Somos un país más escolarizado, ¿si seremos más educados?

Hacia 1970 la educación básica humanista se empieza a modificar por una más pragmática, menos diletante, más ajustada a la realidad de la economía a lo que requiera la industria. El lenguaje ayuda: para menospreciar a alguien se le llama, “es un teórico”. Se inicia la supresión de las cátedras de historia, de filosofía. La geometría deja de enseñarse como un sistema lógico deductivo y da paso al simple cálculo de áreas y volúmenes sencillos ¿Para qué un mínimo de rigor si lo que se quiere es el cálculo de ladrillos y baldosas? Se priva a quien no va a ser un matemático de la enseñanza de un método lógico deductivo. Se entiende que aun personas educadas confunden las condiciones necesarias con las suficientes.

Las facultades de Ingeniería ajustan sus currículos, disminuyendo las matemáticas y la física “no aplicada”. Si el resultado hubiera sido un aumento de la productividad, al menos pudiera justificarse parcialmente los cambios. Las asignaturas “inútiles” como la literatura, la historia, la ciencia política, la teoría matemática, filosofía etc. son básicas para formar el razonamiento complejo que permite enfrentar los grandes retos de la sociedad y la vida.

Los resultados y efectos de estas políticas sobre la productividad, han sido desastrosos. La productividad anualizada, en el periodo de 1967-1974, creció al 2,09 %; luego empieza a mostrar descensos, y en algunos periodos –1980-1985– es negativo -0,16 %. En el periodo 1970-1994 es del 0,83 %; entre 1998-2018, la productividad crece menos del 1 % anual, con lo cual puede afirmarse que somos más escolarizados y menos productivos. Se sacrificó la enseñanza humanística sin obtener los resultados buscados.



El PIB de Colombia en 2018 fue 30 veces mayor que el de 1960. Si se toma como indicador de modernidad el número de ingenieros graduados, en 1960 era 2414, en el 2018 superan los 550 000, es decir 227 veces más. Difícilmente puede concluirse que el ajuste logró los resultados esperados.

Formar profesionales con una limitada visión del mundo y enfocada más en su desempeño laboral, no solo crea barreras a su papel como ciudadanos, sino que, lejos de impulsar la economía, la debilita. No se deben ‘entrenar’ profesionales: ese término es más adecuado para la domesticación de los animales. Se deben formar ciudadanos capaces de crítica constructiva, curiosos, creativos y conscientes de la importancia de la preservación del medio ambiente. La apropiación social de la ciencia y la tecnología es fundamental en ese contexto.

5.6.2 Energía y desarrollo territorial

Se han identificado alrededor de 1850 comunidades que cuentan con el servicio de energía eléctrica pero que no están conectadas al Sistema Interconectado Nacional (SIN). Los departamentos que encabezan la lista con más poblados no interconectados a una red eléctrica, son Nariño, con 600; Chocó, con 509; Cauca, con 189, y el Valle del Cauca, con 81.

Las microrredes con soluciones híbridas, acompañadas de un modelo de negocio sostenible que incentive a las comunidades a la preservación de las inversiones, son la solución candidata para aumentar la cobertura.

5.7 Gestión y gobernanza de la CTeI

Entre los principales problemas que se han analizado en este tema se pueden mencionar:

1. La falta de apoyo del gobierno central a Colciencias, que no le ha permitido desempeñar plenamente el papel de ente rector del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología que le asignó la ley 1286 de 2009.



2. El Sistema de Regalías para CTeI tiene graves problemas de diseño. Los sistemas de presentación, ejecución y control de los proyectos están diseñados para el manejo de obras civiles y no son adecuados para proyectos de I+D. A causa de lo anterior, la comunidad científica tiene temor a presentar proyectos de regalías, lo cual explica la baja ejecución de los recursos.
3. La falta de coordinación de las entidades del Sistema, que ha llevado a la puesta en marcha de programas como Colombia Científica, cuya ejecución es tan compleja como la de los proyectos de regalías.
4. Una parte muy importante del presupuesto de Colciencias se destina a financiar becas de doctorado en el exterior, sin pensar que a los jóvenes doctores hay que darles trabajo y que, para lograrlo, hay que fortalecer a las entidades del Sistema y mejorar la financiación para proyectos.
5. Las universidades tienen serias restricciones para vincular a profesores nuevos, y la idea de que la industria puede absorber a los doctores es utópica porque son muy pocas las empresas que tienen centros de investigación que puedan aprovecharlos eficazmente.
6. Uno de los grandes obstáculos que enfrenta la investigación en el país es el de la excesiva burocracia en las entidades públicas y privadas. A título de ejemplo, no se aprovecha la legislación existente que permite la contratación directa para temas relacionados con CTeI.
7. La industria nacional actual es de muy bajo nivel tecnológico y, salvo contadas excepciones, es muy poco innovadora, como lo muestran los datos del Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología.
8. La idea de que la mayor parte de la inversión venga inicialmente del sector privado es utópica, dadas las características de nuestro sector productivo. Está ampliamente demostrado que incluso en los países industrializados la inversión gubernamental ha sido decisiva para los grandes avances tecnológicos que luego han sido aprovechados por la industria.



5.8 Algunas tareas

Además de las propuestas que se presentan en el texto central, se han identificado las siguientes acciones:

1. Seguir enfocando los esfuerzos en la formación de doctores, especialmente en el país, pero no limitar la ayuda a ciencias aplicadas, sino extenderla a las ciencias básicas y las ciencias sociales. Diseñar un entorno de empleabilidad favorable para doctores, por ejemplo, obligando que solo personas con doctorado puedan ejercer la docencia en cualquier nivel o subsidiando parcialmente el salario de doctores que se puedan vincular al sector industrial.
2. Fortalecer la formación y participación en los diferentes niveles educativos de las ciencias básicas —naturales y sociales—, reconociendo su papel no como creadora de valor al corto plazo, sino como herramienta para estimular la curiosidad, la creatividad y el análisis crítico en etapas tempranas del proceso de formación. Éste es el único mecanismo para sostener la innovación y el desarrollo tecnológico en el largo plazo, y capaz de crear ciudadanos éticos y con capacidad de análisis complejo.
3. Incorporar la investigación científica como herramienta pedagógica en etapas tempranas del proceso de formación. Crear museos interactivos, planetarios y parques temáticos en torno al pensamiento científico de las áreas de las ciencias naturales y sociales.
4. Dar valor agregado a la agroindustria y al carbón mediante el apoyo a procesos de desarrollo tecnológico y a la creación de plantas piloto que aprovechen de manera sostenible este tipo de recursos.
5. Apoyar a la agroindustria en cada región del país, reconociendo que la complejidad de este tipo de recursos exige una adaptación muy precisa al entorno en donde se da, y que las soluciones que brinda impactan fundamentalmente las economías locales.



6. Establecer una política de incentivos tributarios para el uso, producción y derivados del hidrógeno proveniente de biomasa o de fuentes de energía renovable.
7. Fortalecer los centros autónomos existentes con el fin de agilizar la creación y adaptación de tecnologías en los sectores productivos, establecer focos regionales que permitan explotar las características de cada región y crear infraestructura especializada que beneficie a los grupos de investigación de la región, logrando así la interrelación eficiente entre la academia y la industria.
8. Apoyar la creación de empresas de base tecnológica, ya sea a través de incentivos tributarios o mediante el apoyo directo del Estado como cofinanciador o gestor del capital de riesgo. Apoyar empresas dedicadas a la aceleración e incubación de emprendimientos. Fomentar la exportación de tecnología en nuevas áreas —como las presentadas en el texto central—.
9. Simplificar los trámites administrativos para acceder a los beneficios tributarios o convocatorias de financiación de proyectos de apoyo a desarrollo tecnológico e innovación. Los proyectos de investigación poseen características y prioridades distintas a las de otros tipos de proyectos. Eliminar esta barrera es fundamental para asegurar el uso eficaz de los recursos de regalías.
10. Crear oficinas de transferencia tecnológica para la gestión de normas que permitan comercializar resultados de investigación y administrar los derechos de propiedad de semilleros, parques tecnológicos, centros autónomos y universidades.
11. Crear una política de cooperación para lograr el avance de la CTEI. Por ejemplo, facilitando o promoviendo pasantías de investigación entre empresas, centros de investigación o grupos de investigación nacionales, o hacia instituciones de carácter internacional.

6. Foco de Industrias Creativas y Culturales: las industrias creativas y culturales en el Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación

El término *industrias culturales* fue usado por primera vez de manera crítica por Adorno y Horkheimer en su libro *Dialéctica de la Ilustración* (1948) para hacer referencia al uso de las técnicas de reproducción industrial en la creación y difusión masiva de obras culturales. El término *industrias creativas*, por otro lado, tiene un alcance mucho más amplio: surge en los años 90 en el Reino Unido y Australia para referirse a aquellas industrias “que tienen su origen en la creatividad individual, la destreza y el talento y que tienen potencial de producir riqueza y empleo a través de la generación y explotación de la propiedad intelectual” (Unesco, 2010, 17). A pesar de la enorme diferencia que existe entre la denominación original de industrias *culturales* —con sus connotaciones negativas—, y el enfoque mucho más abarcador e integrado de las industrias *creativas*, hoy en día los dos términos se usan juntos para designar “aquellos sectores de actividad organizada que tienen como objeto principal la producción o la reproducción, la promoción, la difusión y/o la comercialización de bienes, servicios y actividades de contenido cultural, artístico o patrimonial” (*idem*).

Aunque las industrias culturales y creativas (ICC) están relacionadas con cualquier tipo de conocimiento que resulte en alguna forma de propiedad

intelectual, en su núcleo siguen siendo actividades asociadas tradicionalmente con el *arte* y la *cultura*, más que con la *ciencia* en sentido estricto (y con el derecho de autor, más que con la propiedad industrial)¹⁵. En este sentido, las ICC convocan formas de conocimiento que no han sido entendidas tradicionalmente en Colombia como parte del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación. En los últimos años, la *creación* en áreas como las artes, la arquitectura y el diseño ha venido ganando un espacio en procesos como la acreditación de programas o el modelo de medición de grupos e investigadores de Colciencias. Pero su papel en la generación de conocimiento sigue siendo entendido como minoritario o excepcional en relación con la investigación científica.

Es importante señalar que el país tiene una larga trayectoria en el desarrollo de políticas públicas y la adopción de marcos normativos para el impulso a la economía creativa y cultural. El sector cultural ha tenido entidades visibles en Colombia desde el siglo XIX, pero es especialmente en la segunda mitad del siglo XX cuando se empiezan a dar pasos sólidos hacia su institucionalización a nivel nacional: en 1968 se creó el Instituto Colombiano de Cultura (Colcultura). En 1982 se promulgó la Ley 23 que regula los derechos de autor y conexos; en 1997 se creó el Ministerio de Cultura a partir de la Ley General de Cultura (Ley 397 de 1997), y durante la década siguiente el Convenio Andrés Bello realizó varios estudios sobre el impacto económico de la actividad cultural. Estos y otros esfuerzos condujeron, entre otras cosas, a la creación de una cuenta satélite de cultura que ha sido referente para varios países de la región y que ha constituido un punto de partida fundamental para el impulso a la economía creativa.

Por otro lado, disciplinas creativas como las artes, la música, la literatura, la arquitectura o el diseño han tenido una presencia relevante en las universidades colombianas desde la primera mitad del siglo XX a través de programas de formación. De igual manera, el último siglo ha visto un desarrollo importante de las disciplinas humanísticas relacionadas con el arte y la cultura. Algunos ejemplos a destacar en este sentido son la creación de institutos de investigaciones estéticas en diferentes universidades durante la década de 1970, el proyecto del Atlas Lingüístico Etnográfico de Colombia

15. Si bien desde un sentido antropológico la ciencia es una manifestación cultural como cualquier otra, la distinción entre ciencia y cultura sigue siendo utilizada de forma cotidiana y juega un papel importante en la formación de comunidades, instituciones y políticas. Algunos elementos de esta tensión se pueden rastrear en textos como *Las dos culturas* de C. P. Snow (2000) y *La esperanza de Pandora*, de Bruno Latour (2001).

(ALEC) liderado por el Instituto Caro y Cuervo entre 1950 y 1982, y la fusión, en 1999, del Instituto Colombiano de Antropología y el Instituto Colombiano de Cultura Hispánica para dar lugar al ICANH. En casos como estos se evidencia que Colombia cuenta con instituciones y comunidades de expertos en los que la ciencia dialoga permanentemente con las artes y otras manifestaciones culturales. Sin embargo, a pesar de que en estas entidades se produce conocimiento científico relevante, su trabajo ha sido enmarcado principalmente dentro del sector cultural y su relación con el SNCTEI ha sido marginal.

En efecto, aunque tanto el sector cultural como el ecosistema científico son ambientes fundamentales de la transición a una economía del conocimiento, su desarrollo parece haber seguido líneas paralelas, con hitos muy importantes en los últimos treinta años, pero con muy pocos puntos de contacto entre sí. Esto comenzó a cambiar en 2013, año en el que se constituyó la Mesa Nacional de Artes, Arquitectura y Diseño, con el objetivo inicial de proponer criterios para la valoración de la producción intelectual en estas áreas, en el marco del modelo de medición de grupos e investigadores de Colciencias. Como parte de este proceso se avanzó en una conceptualización de las relaciones entre creación artística e investigación, se adoptaron criterios para definir en qué casos hay conocimiento nuevo en la actividad creativa y se estableció la categoría de investigación+creación (I+C) como una forma de producción de conocimiento enmarcada dentro del SNCTEI (Bonilla *et al.*, 2018).

Una gran parte de esta apuesta consiste en destacar que el conocimiento producido en la creación en áreas académicas como las artes, la arquitectura, el diseño y otras similares, constituye un valor agregado para la generación de contenidos transferibles a las industrias creativas y culturales. Pero en este punto es necesario señalar que la producción cultural que nutre estas industrias no está limitada de ninguna manera a la creación en espacios académicos, y mucho menos en universidades. Por el contrario, la diversidad cultural del país –que es la fuente de su fortaleza comparativa en las industrias creativas y culturales– se hace evidente en múltiples prácticas, saberes y formas de relación con el mundo que, si bien constituyen formas de conocimiento con potencial de aportar al desarrollo del país, trascienden el alcance del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación.

En este sentido, entendemos que la creación de un foco como el de Industrias Creativas y Culturales dentro de la *Misión Internacional de Sabios 2019*, constituye, antes que nada, un llamado a articular el SNCTeI con el sector cultural, bajo el entendido de que el paso a una sociedad basada en el conocimiento —o en “los conocimientos”—, debe pasar necesariamente por 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.

En los últimos treinta años el país ha visto un desarrollo acelerado de las ICC, especialmente en sectores como cine, editorial y música grabada. Muchos de estos avances se deben en gran medida a la promulgación de leyes que incluyen instrumentos concretos de fomento. La ley del libro (Ley 98 de 1993), por ejemplo, impulsó decididamente la industria editorial al permitir la importación sin aranceles —o con aranceles mínimos— de papeles y otros insumos necesarios para su producción. La ley de cine (Ley 814 de 2003), creó el Fondo de Desarrollo Cinematográfico y una serie de estímulos tributarios que han disparado el volumen y la calidad de la producción nacional. Como resultado de dicha ley, para el 2003 se proyectaba hasta 14 estrenos de cine nacional por año, sorprendiendo hoy con cierres anuales de 45 estrenos, alcanzando durante el primer semestre de 2019 la suma de 16 707 millones en recaudo de cuota para el desarrollo cinematográfico, 16,7 % más con respecto al primer semestre del 2018 (Proimágenes, 2019).

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. Sin embargo, estas ayudas no han sido conocidas y apropiadas por la mayoría de los actores del sector cultural, como se evidenció en los talleres realizados a lo largo de 2019 en el marco de la Misión de Sabios. Por el contrario, existe una percepción extendida en el sentido de que los estímulos de la “economía naranja” están dirigidos principalmente a empresas consolidadas y grandes capitales, y difícilmente son aprovechables por parte de comunidades de creativos y

pequeños productores culturales. Esto amenaza con abrir una brecha entre los procesos de generación de contenidos locales —que son los que pueden hacer competitiva a la industria— y su articulación con procesos de generación de valor económico.

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 a continuación apuntan a que Colombia pueda encontrar en las industrias creativas y culturales un motor de desarrollo que articule estas dos funciones de manera equilibrada y sostenible durante los próximos treinta años.

6.1 Propuestas del foco de Industrias Creativas y Culturales

Después de varios meses de trabajo y discusión, se tomó la decisión de agrupar los ejes temáticos sobre los que se había venido trabajando, en cinco ejes más amplios, con miras a la formulación de propuestas y recomendaciones. Estos son:

1. Valor simbólico, identidad cultural y generación de contenidos.
2. Circulación de contenidos, articulación con industria e integración de cadenas de valor.
3. Educación para las ICC.
4. Infraestructura y tecnología para las ICC.
5. Regulación e información en las ICC.

A continuación, se presentan unas consideraciones introductorias y un listado de propuestas para cada uno de estos cinco ejes.

6.1.1 Valor simbólico, identidad cultural y generación de contenidos

Las industrias culturales y creativas son solo una parte de un ciclo de producción cultural más amplio, que incluye manifestaciones populares y tradicionales, modos de vida y comprensiones del mundo, que no tienen como prioridad la producción de valor económico. Esta producción cultural, que empieza antes de la lógica de producción industrial y que tiene una vida mucho más allá del consumo, encierra unos valores simbólicos que constituyen la principal fuente de valor de las industrias creativas y culturales. Para fortalecerlas se debe proteger el ecosistema relacional que las soporta, garantizando una base normativa, financiera y de infraestructura que potencie y estimule la iniciativa y la capacidad productiva de los diferentes actores sociales, individuales y colectivos en las instancias institucionales de lo local, lo departamental-regional y lo nacional. Para ello, será fundamental emprender la reestructuración y actualización de la institucionalidad cultural estatal en cada instancia territorial, que en la actualidad se presenta débil, desestructurada e ineficiente.

Para proteger y acrecentar la construcción de un capital cultural¹⁶ propio de los diferentes grupos humanos que habitan Colombia, es fundamental que la diversidad cultural esté en el centro de la agenda. Cabe aclarar que con ‘diversidad cultural’ no nos referimos solamente a diversidad de contenidos, sino a la pluralidad de formas de entender el mundo, representarlo y relacionarse con él. En la producción de contenidos, esto se manifiesta en diversidad de narrativas, formatos, enfoques, lenguajes, más que en la mera diversidad de historias. Además de tener un enorme potencial económico, la diversidad cultural, consagrada en la Constitución de 1991 como un valor prioritario para la nación, puede cumplir un papel vital en la disposición de apertura a lo otro, a lo diferente, lo que está en el centro de cualquier posibilidad de resolución de conflictos. En este sentido, debe resaltarse el enorme valor social de la diversidad cultural.

Así, para que los valores culturales, sociales y económicos que entraña esta diversidad sean reales, se requiere su apropiación efectiva y afectiva por

16. Para David Throsby, el capital cultural es “un activo que representa, almacena o proporciona valor cultural”, además de valor económico, y puede ser de naturaleza tangible o intangible (2001, 59). De acuerdo con el Consejo Nacional de Economía Naranja, el capital cultural es el conjunto de recursos, bienes y valores aprendidos de tradiciones, estilos de vida, rasgos distintivos espirituales y materiales que caracterizan a una sociedad o grupo social, esto incluye las artes, letras, lenguas y creencias (2019).

17. Artículo 4.2 de la Convención sobre la Protección y la Promoción de la Diversidad de las Expresiones Culturales. Disponible en: <https://es.unesco.org/creativity/contenido-cultural>.

18. La tensión entre diferentes criterios de calidad puede producir efectos como homogenización de formatos y narrativas, constreñimiento de la libertad creativa, marginación del mercado y otras.

Para gestionar estas tensiones es necesario asumir que:

1) toda la cadena de valor participa de la generación del contenido (en última instancia toda creación es colectiva),
y 2) la calidad resultante no es una sumatoria simple de los diferentes criterios, pero sí es una apuesta negociada entre diferentes actores dentro de un entorno cultural y económico específico, en la que todos los roles pueden y deben agregar valor.

parte de la población colombiana. Esto implica garantizar que las diferentes manifestaciones culturales del país tengan una presencia real en todo el territorio, de manera que sean visibles, cercanas y familiares para todos los colombianos. En contrapartida, es importante tener en cuenta que algunas dinámicas económicas de las industrias creativas y culturales pueden producir efectos de homogenización, especialmente en casos en que existen jugadores dominantes que concentran la circulación de contenidos, privilegiando a su vez unos determinados formatos, técnicas y formas de decir, a riesgo de la invisibilización de otros. De esta manera, se hace imperativo el fomento al intercambio interregional de los contenidos culturales que se producen en cada lugar del país. Esto es de vital importancia para la formación de una ciudadanía multicultural que pueda hacer realidad el país plasmado en la Constitución Política.

De acuerdo con lo anterior, la política pública en torno a las industrias creativas y culturales debe tener como prioridad el fomento de la diversidad cultural —más que su conservación—, e incluir mecanismos que garanticen la generación de diversos contenidos y manifestaciones culturales, y su libre flujo a través de diferentes espacios geográficos, sociales, educativos y económicos, tanto dentro como fuera de la dinámica industrial.

Para la Unesco un contenido cultural es “el sentido simbólico, la dimensión artística y los valores culturales que emanan de las identidades culturales o las expresa”¹⁷. Desde el Estado se deben fomentar aquellos contenidos que aumenten la diversidad cultural, y aquellos que tengan potencial de impactar la producción cultural, tanto desde el valor simbólico, como desde el valor económico. Igualmente, se deben fomentar contenidos de calidad. Para ello, se debe tener en cuenta que en diferentes eslabones de la cadena de valor se privilegian diferentes criterios de calidad. Los creadores tienden a darle más peso a valores estético-expresivos; los productores a la calidad técnica de acuerdo a los estándares de su campo; los intermediarios mercantiles al potencial de retorno económico; y los intermediarios de consumo, a las preferencias del público¹⁸. Y en última instancia, la valoración de la calidad se expresa en la apropiación, la circulación del sentido y los usos sociales de una determinada producción cultural.



Por ello no deben privilegiarse criterios exógenos de calidad basados en estéticas normativas —como los que proponía la noción de “alta” cultura— pues la noción de contenido cultural no es universal. Lo que la dota de contenido es precisamente su existencia en relación con unos grupos humanos concretos. Consecuentemente, se requiere innovar en políticas y acciones con enfoque multicultural, generando escenarios de concertación e incentivación con lógicas comunitarias indígenas, afrodescendientes, raizales, campesinas, populares, que no se inscriben en procesos formales de mercado pero que sí apropian tecnologías y producen valor económico de beneficio colectivo, acordes con sus cosmovisiones y ordenamientos socioculturales. Este reto exige coordinar una respuesta intersectorial del Estado que lleve a la práctica la letra constitucional, en proyectos de inversión y mecanismos de apoyo sostenibles.

En este sentido, es fundamental la investigación y la reflexión sobre el papel del arte y la cultura en la sociedad. La intersección entre arte, ciencia y tecnología es, además, un campo fructífero para la generación de contenidos con calidad estética, reflexión y potencial de impacto cultural y económico. Por ello es vital priorizar la generación de escenarios colaborativos entre estos campos a través de la investigación+creación (I+C), e insistir en la importancia de apoyar todas las formas de producción de conocimiento y su articulación recíproca a través de ejercicios de diálogo de saberes que permeen todo el SNCTeI.

6.1.2 Propuestas

1. El Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación debe profundizar la integración de la 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.
2. 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 SNCTeI.

3. En el ámbito de la 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”.
3. 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 Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. Igualmente debe liderar procesos que propicien la apropiación del conocimiento en todas sus formas, haciendo especial énfasis en la investigación+creación, en los ámbitos científico, artístico, cultural y educativo del país.

6.2 Educación para las industrias creativas y culturales

Entendida como una forma de producción de conocimiento que desarrolla competencias básicas no presentes en otros aprendizajes (Cuéllar, 2010), 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.

Por otro lado, en un entorno de creciente interconexión global, las industrias creativas y culturales requieren de una ciudadanía capaz de entender tanto el consumo como la producción de cultura con perspectiva crítica e independiente. En esto juegan un importante papel los medios

digitales, que presentan retos, como también muchas oportunidades para la pedagogía y la inclusión sobre todo por su penetración en jóvenes. En este sentido, también es fundamental el fomento de una apropiación crítica de las TIC.

La oferta educativa y las oportunidades laborales para las ICC, al igual que para otros sectores, muestran una enorme concentración en las principales ciudades y una casi total ausencia en ciudades pequeñas y zonas rurales. Esto es contradictorio con el hecho de que, justo en estos últimos suele haber grandes posibilidades de aprovechamiento del patrimonio cultural. La oferta de formación técnica, tecnológica está lejos de satisfacer las necesidades del sector y las capacidades están demasiado concentradas en ciudades principales y en algunos subsectores como cine y editorial. Las competencias están concentradas en la creación y no satisfacen las necesidades de formación de otros roles de la cadena. Se requiere una formación técnica que incluya el conocimiento de los estándares internacionales, para ponerla al servicio de la producción de contenidos nacionales.

Al mismo tiempo, en la formación profesional de creativos hay un alto nivel de especialización disciplinar, pero dicha especialización está ligada a dificultades para el reconocimiento de las necesidades del entorno, y conduce a un escaso conocimiento de las cadenas de valor por parte de los creativos. Esto constituye un obstáculo mayúsculo para el impulso de las ICC.

Por otro lado, en la formación profesional de otros perfiles diferentes a los creativos (abogados, economistas, administradores, ingenieros) hay poca sensibilidad a las necesidades de las ICC, y en general, poca oferta de formación específica para gestión cultural. En igual sentido, hay una notoria falta de formación específica en gestión cultural en los funcionarios públicos encargados de tomar decisiones clave para el sector, especialmente por fuera de las principales ciudades.

19. Ello implica que esté estructurada en los PEI e inserta en la estructura curricular con intensidad horaria definida desde preescolar hasta la secundaria.

20. Con esto no se quiere decir que se trate exclusivamente de contenidos “folclóricos” o “tradicionales”, sino de prácticas culturales vivas o que tengan un especial interés patrimonial en las regiones.

21. Se vienen implementando trabajos conjuntos entre Mineducación y Mincultura, que abren un nuevo y promisorio escenario en temas sensibles, que por su complejidad de esta articulación (p. e. el proyecto de Primarias artísticas del Quindío, que demuestra el papel fundamental que desempeñan las secretarías departamentales de ambos ramos, y más en general, las prometedoras sinergias que trabajos de este tipo pueden tener en los niveles departamentales, municipales y locales.

6.2.1 Propuestas

1. 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 media¹⁹. Esta debe estar basada prioritariamente en contenidos procedentes de las diferentes regiones del país, especialmente la propia²⁰. Estos 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 de los ministerio de Educación y Cultura²¹ que conjuntamente con los ministerios de Ciencia, Tecnología e Innovación y del Trabajo, deberán poner en marcha una Política Nacional de Educación Artística y Cultural que actualice e implemente los lineamientos desarrollados anteriormente por los ministerios de Educación y Cultura.
2. 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 formación 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.
3. 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 y 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, adelantando convenios, programas de intercambio de extensión para aquellas capitales de departamento que aún no cuentan con oferta universitaria en artes.

4. 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 la 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. Así mismo, los ministerios de Educación y Ciencia, Tecnología e Innovación deben fomentar la producción de contenidos y materiales didácticos que faciliten la implementación de dichos lineamientos en campo.
5. Se debe avanzar en la implementación del Marco Nacional de Cualificaciones (MNC) 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. No obstante, se recomienda tener en cuenta que, si bien el MNC es necesario para clarificar las articulaciones, no debe

convertirse en un factor que estandarice y lleve a homogenizar procesos que por su propia naturaleza son diversos y flexibles. En ese sentido, 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.

6. 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.
7. 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 de 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, articulando 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. En este punto es fundamental facilitar la articulación del SENA con las universidades y otras entidades educativas, de manera que la oferta académica esté articulada con las necesidades del sector.
8. La I+C debe estar presente a lo largo de todo el proceso formativo, y 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.



9. Es fundamental, desarrollar redes que permitan el vínculo entre maestros de las diversas regiones del país, que posibiliten intercambios de saberes, metodologías y estrategias pedagógicas.

6.3 Circulación de contenidos, articulación con industria, Integración de cadenas de valor

El Estado debe estar en capacidad de garantizar el derecho a la cultura en su sentido más general, a través de su acceso, disponibilidad, calidad y participación. Se requiere una oferta amplia y representativa de la diversidad artística y cultural presente en el país, plataformas, espacios y escenarios para que las creaciones circulen, se divulguen, se hagan públicas y permitan reconocer la diversidad como un valor central de nuestra sociedad. El estado cumple con esta obligación cuando tiene políticas sólidas para la circulación y apropiación, fomenta la construcción de infraestructura, estimula procesos de formación, divulgación, creación, emprendimiento entre otros, y genera articulaciones entre los niveles local, regional, nacional e internacional.

Para ello, es necesario promover las capacidades productivas e innovadoras desde lo local, y conocer a profundidad las particularidades de las prácticas artísticas y culturales y las especificidades del contexto en el que se desarrollan. Es necesario caracterizar las organizaciones creativas, artísticas y culturales —no limitadas a emprendimientos—, para establecer sus necesidades, comportamiento en el mercado, formas de sostenibilidad, modelos de negocio y todas aquellas características que permitan identificar las mejores formas de apoyarlas. En ese sentido, urge fortalecer indistintamente a empresas, colectivos y actores independientes urbanos y rurales desde lo local e impulsarlos para que se proyecten y se habitúen a establecer vínculos e intercambios regionales, nacionales e internacionales, con autonomía, sin depender de instituciones centrales. Se debería aspirar a mediano plazo a conformar verdaderos mercados regionales e interregionales de bienes y servicios de las ICC para todas las regiones, a partir del principio de dirigir la fuerza de integración desde lo local

hacia lo regional. También, invertir recursos en convocar y asesorar empresas, procesos colectivos no formalizados y actores independientes por cada uno de los sectores de las ICC para que se reconozcan y cooperen en estructurar técnicamente con pluralidad de saberes y lógicas los sistemas productivos de su sector y encuentren mecanismos de coordinación y concertación que los lleven a representarse programáticamente como gremio autónomo, que trabaje por intereses comunes de su campo y negocie con instancias estatales y privadas.

Para tender hacia allá, es primordial fortalecer el sector cultural a través de procesos de asociación que permitan una mayor capacidad de negociación e incidencia en política pública. Para ello se deben contemplar estrategias de comunicación que faciliten el acceso a la información, por parte de organizaciones y asociaciones, en temas de incentivos, marco jurídico, formalización empresarial y laboral, acceso a financiación entre otros. En esto es fundamental el uso de una terminología que entienda las particularidades de las organizaciones y de sus contextos. También es vital mejorar la apropiación de tecnologías convergentes, y especialmente de TIC por parte de las organizaciones culturales y creativas.

Se trata de generar oportunidades equitativas para organizaciones de diferentes tamaños, alcances y niveles de estructuración y formalización. Con esto se busca garantizar vasos comunicantes entre la producción cultural de base, no orientada al provecho económico, y la industria en sus diferentes niveles, así como brindar oportunidades para la movilidad, escalamiento y crecimiento de las organizaciones.

Por otro lado, es necesario aumentar la oferta educativa y mejorar la valoración social, simbólica y económica de cada uno de los roles dentro de la cadena de valor. Lo anterior implica facilitar entrecruzamientos tempranos entre diferentes roles, tanto en el ámbito educativo, como en la realización de proyectos y emprendimientos. Se necesita construir una cultura que entienda a la creación como un proceso necesariamente colaborativo, inter y transdisciplinar.

La generación de valor puede iniciar en la creación, pero los momentos clave de la transformación de valor pueden estar en la calidad del proceso creativo, en la sofisticación de la producción y los mecanismos de distribución

y en la apropiación y retroalimentación por parte de públicos y usuarios que cada vez más son vistos —y se entienden a sí mismos— como cocreadores. Cada uno de los elementos de ese ciclo es un agregador de valor. En ese sentido, y en coherencia con el fomento de la asociatividad, es preferible apoyar proyectos integradores y articuladores, que concentrar los estímulos en actores específicos.

6.3.1 Propuestas

1. 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.
2. Se necesita fortalecer el Plan Nacional de Lectura y Escritura a través de la creación de un sistema nacional que permita la optimización y articulación de acciones —definición de políticas, fortalecimiento de la circulación, apropiación y creación de contenidos— relacionadas con el sector, con la vinculación de los ministerios de Cultura, Educación, Tecnologías de la Información y las Comunicaciones y Ciencia, Tecnología e Innovación.
3. 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, aspecto que se menciona en el literal 5.3. de este documento. Estos censos serán vitales para caracterizar los diferentes tipos de organizaciones culturales que existen en el país, pero su articulación con la política debe servir para establecer mecanismos estables y autónomos de alimentación continua de información.
4. Deben implementarse estímulos e incentivos para roles diferentes al del creativo. Estos pueden ser de tipo fiscal o a través de la priorización en

22. El modelo de triple hélice pone en juego la combinación de la administración pública, con el tejido empresarial y el conocimiento que concentra la academia. A la hélice cuádruple se le suma un nuevo jugador, que es la sociedad civil.

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.

5. Debe fortalecerse el impulso a la circulación internacional de agrupaciones, colectivos, autores, editoriales y otros actores de las ICC a través de convocatorias públicas, abiertas y competitivas. Los ganadores de estos estímulos deben formar parte de circuitos y programas de formación con impacto en comunidades integradas por colombianos residentes en el exterior y residentes extranjeros.
6. 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.
7. Es importante priorizar los relacionamientos de triple y cuádruple hélice²² para las industrias creativas y culturales. Además del proyecto de Viveros Creativos, del que se habla en la sección sobre iniciativas emblemáticas, 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 SNCTeI.
8. 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.

9. De acuerdo con las Bases del Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022, en la línea de desarrollo de poder blando y la activación de la diplomacia cultural, D). Colombia en la escena global: política exterior responsable, innovadora y constructiva. 2da línea estratégica, objetivo 5), vincular los Viveros Creativos al proceso de circulación e internacionalización de la producción cultural del país, y a su vez articularlos a la Corporación Colombia Crea Talento, en la línea de promoción cultural.

6.4 Infraestructura y tecnología

Existe una brecha enorme de acceso a recursos de infraestructura y tecnología entre las ciudades principales y las regiones, que redundan en unas menores posibilidades de producción y expresión creativa y, por tanto, en una eventual pérdida de fortaleza de las identidades locales. Esto afecta gravemente el ciclo de producción cultural y la circulación interregional de contenidos que es vital para la competitividad de las industrias creativas colombianas²³. Es imprescindible contar con centros culturales en todos los rincones del país, que sirvan como espacios para la experimentación, la creación y la circulación de contenidos, incluyendo el acompañamiento a emprendedores culturales, con participación de las entidades educativas, el Estado, el sector privado y la sociedad civil. Estos espacios no pueden ser impuestos, sino deben obedecer a relaciones e intereses ya presentes en el ecosistema cultural. Solo de esta forma es posible que la generación de valor económico se integre de manera natural con los ciclos de producción cultural. En ese sentido, es fundamental, reconocer y aprovechar los avances logrados y las capacidades instaladas en el campo artístico en todo el territorio²⁴.

Las necesidades de infraestructura y tecnología no se reducen a aquellas que son evidentes en los procesos creativos. También se necesitan soluciones para la distribución y consumo de contenidos, el flujo de información y la gestión articulada de recursos. En este sentido, es imprescindible avanzar en

23. Según la Encuesta de Consumo Cultural, en 2016 solo el 7,7 % de la población asistió a cursos o talleres en áreas artísticas o culturales, y en 2017, a nivel de infraestructura, solo existían casas de cultura en el 70 % de los municipios, teatros en el 21,3 % y salas de cine en el 5,7 % de los municipios del país.

24. Por ejemplo, los derivados del acompañamiento realizado por MinCultura a más de 900 municipios en la creación y fortalecimiento de escuelas de música, y a más de 150 en la construcción y funcionamiento de salones de danza. O las infraestructuras especializadas, dotadas con auditorio y equipos de audio en las seis Escuelas Piloto en diferentes departamentos. O las dotaciones que MinTic hace unos años proporcionó a municipios del Tolima, que contaba con equipos con software de audio, que, en la actualidad, se encuentran en su mayoría en desuso.

la conectividad digital de todos los rincones del país. Pero más allá de la creación de esta infraestructura, es fundamental que todos los agentes del sector conozcan las posibilidades creativas y de generación de valor que se abren con el acceso y apropiación de tecnologías convergentes como *big data*, *IoT*, *blockchain*, entre otras.

Por otro lado, el auge de las grandes plataformas de consumo en línea (OTT) conlleva dos riesgos: en primer lugar, pueden conducir a la concentración de contenidos, en desmedro de la diversidad cultural. En segundo lugar, este tipo de servicios pagan impuestos, crean infraestructura y generan valor principalmente fuera de Colombia, con lo cual una parte importante de la cadena se pierde para la industria nacional. Si bien es importante la circulación internacional de contenidos, también es vital que se tomen medidas para reducir a mediano y largo plazo la dependencia excesiva de infraestructuras extranjeras para la circulación de contenidos colombianos.

Para construir la infraestructura que las ICC colombianas requerirán en los próximos 30 años es importante facilitar la transferencia de tecnología y conocimiento desde el exterior, siempre y cuando apunte a la construcción de capacidades a nivel local. Para ello es importante monitorear las necesidades de cada región, con una visión sistémica de país. Esto implica que las universidades superen el rezago que han mostrado en la comprensión de la dinámica de estas industrias y propongan modelos innovadores para su construcción y gestión.

6.4.1 Propuestas

1. 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 (ver apartado correspondiente a esta iniciativa).
2. Es necesario fortalecer las bibliotecas públicas en todo el país, no solo como espacios de consulta de soportes físicos y digitales, sino también como

espacios para el encuentro de la ciudadanía y la circulación de diferentes tipos de contenidos culturales. De igual manera se debe dar una atención prioritaria a las bibliotecas escolares. Para ello se deben fomentar esquemas mixtos de financiación en los que la academia, el sector privado y el Estado, garanticen de forma conjunta la sostenibilidad a largo plazo de las redes de bibliotecas.

3. Proponemos la creación de una convocatoria para un banco de proyectos de inversión en infraestructura cultural que permita facilitar la aplicación del incentivo de “Obras por impuestos” que existe actualmente para las áreas de desarrollo naranja, según el artículo 179 de la Ley 1955 de 2019. 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. De esta manera las personas —naturales o jurídicas— que deseen aprovechar este estímulo, podrían escoger entre un listado de proyectos y apadrinarlos. Esto también permitiría garantizar que los proyectos prioritarios alcancen la financiación necesaria para ejecutarse. En esta convocatoria debe darse especial atención a las casas de la cultura y a las redes de bibliotecas públicas.
4. 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.
5. 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: interfaces, 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 Ciencia, Tecnología e Innovación, 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.

6. 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.
7. 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.
8. 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.

6.5 Regulación, financiación, información

Colombia es un país pionero en el diseño e implementación de políticas públicas sobre temas como derecho a la cultura, impacto de la cultura en la economía, medición del sector, legislación en derecho de autor y otros. Sin embargo, estos avances no han sido suficientemente conocidos y aprovechados por el sector en su conjunto. Por esto, se requiere aumentar los esfuerzos por lograr una apropiación cabal de las políticas existentes. En

ese sentido, es necesario que el Gobierno Nacional cree estructuras de sostenibilidad a largo plazo y desarrolle un esfuerzo pedagógico y de divulgación para los incentivos contemplados en los artículos 179 sobre Áreas de Desarrollo Naranja (ADN) y 180 sobre Proyectos de Economía Creativa, de la Ley del Plan Nacional de Desarrollo (1955 de 2019), por ser altamente convenientes y pertinentes a los propósitos del desarrollo de las ICC.

Por otro lado, el sector necesita reglas de juego claras y estables. Los incentivos y estímulos deben obedecer a políticas de largo plazo, que brinden estabilidad a los diferentes actores del sector²⁵. Esto también aplica para la necesaria construcción de una cultura de filantropía. Por ello es necesario que los estímulos contemplados en el Plan de Desarrollo 2018-2022 —como la deducción de 165 %, similar a la existente para CTEI, o el mecanismo de “Obras por impuestos”—, se implementen por medio de mecanismos y estructuras cuyo alcance vaya más allá del gobierno actual.

Muchos de los incentivos le dan un gran peso a la formalización empresarial y a la generación de empleo. Esto puede generar una brecha para creadores y otros actores del sector que no tienen perspectiva de formalización, bien sea porque trabajan por proyectos o porque no tienen la capacidad de asumir la carga fiscal que ello implica. Del mismo modo, hay un exceso de trámites en el otorgamiento de estímulos e incentivos tributarios, más relacionados con la necesidad de establecer controles, que con el propósito de garantizar un impacto contundente de la producción cultural. Es necesario simplificar los procesos para que tengan como prioridad la generación y circulación de contenidos con calidad e impacto. El caso del Portal Único de Espectáculos Públicos (PULEP) constituye un avance positivo en esta dirección.

Otros referentes positivos son las leyes de cine, la ley del actor, la ley Fanny Mickey y otras, que establecen incentivos de manera responsable para el sector. El fomento a procesos de asociatividad debe ayudar a generar las instancias de interlocución necesarias para impulsar proyectos de ley similares en las demás áreas de la economía creativa.

Para poder caracterizar las industrias creativas y culturales a nivel nacional es necesario contar con criterios claros para su delimitación. Los

25. Por ejemplo, si bien es positiva la exención del impuesto de renta por siete años para empresas culturales, es necesario que estímulos como este hagan parte de una estructura tributaria sólida y permanente, y que no dependan de políticas de corto plazo.

26. 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.

27. Esto incluye, por ejemplo, la implementación de herramientas de medición y caracterización del consumo cultural que complementen la Encuesta de Consumo Cultural del *dane* con información más detallada para cada sector — editorial, audiovisual, música, etc.—

listados de CIU de inclusión total y parcial en la economía naranja son un primer avance, pero las definiciones deben consultar al sector para ir mucho más allá de un criterio meramente operativo. Se requiere un esfuerzo importante por parte del Estado para garantizar que todos los actores del sector discutan y conozcan los criterios que definen a las ICC y se apropien de ellos, así como de la información específica de apoyos, estímulos, incentivos y otros mecanismos de fomento.

6.5.1 Propuestas

1. La Dirección Nacional de Derecho de Autor (DNDA) 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 autor.
2. 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.
3. Es fundamental formular una Política de información y comunicación para las ICC que sirva para: (1) repotenciar y articular sistemas de información existentes y crear otros nuevos donde se necesiten²⁶; (2) establecer beneficios claros para los usuarios, como facilitar el flujo de información en doble vía o intermediar entre oferta y demanda; (3) comunicar contenidos pedagógicos a usuarios específicos y obtener retroalimentación oportuna sobre problemas del sector; (4) lograr una apropiación cabal de las políticas culturales; (5) involucrar diferentes actores de las ICC en el levantamiento de información a través de deberes y derechos claros, y (6) realizar análisis con big data y analítica, con el fin de dar a los tomadores de decisiones información relevante sobre el sector²⁷. Para la formulación e implementación de esta política se debe hacer una inversión significativa de tiempo y recursos, y debe adelantarse bajo el liderazgo de los ministerios

de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación y de Cultura, y el DNP.

4. Es necesario que el Estado, en conjunto con los diferentes actores de las ICC, diseñe e implemente indicadores alternativos que, más allá de la dinámica económica, permitan conocer el impacto que la política pública tiene en el bienestar, la calidad de vida, el sentido de pertenencia, la construcción de identidades culturales de diferentes comunidades y otros objetivos no económicos que se persiguen con el impulso a la economía creativa.

Referencias

- Adorno, T. y Horkheimer, M. (2018)[1948]. *Dialéctica de la ilustración. Fragmentos filosóficos*. Madrid: Trotta.
- Bonilla, H., Cabanzo, F., Delgado, T., Hernández, J., Salamanca, J. y Niño, A. (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), 281-294.
- Cuéllar y Effio (Eds.). (2010). *Orientaciones pedagógicas para la educación artística en básica y media*. Bogotá, D. C.: Ministerio de Cultura.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) (2016). *Encuesta de consumo cultural*. Disponible en <https://cutt.ly/7f3HRI6>
- Latour, B. (2001). *La esperanza de Pandora*. Barcelona: Gedisa.
- Proimágenes Colombia (2019). *Cine en cifras*, 17. Disponible en <https://cutt.ly/Pf3Hmau>
- Snow, Ch. P. (2000). *Las dos culturas*. Buenos Aires: Nueva Visión.
- Throsby, D. (2001). *Economía y cultura*. Madrid: Cambridge University Press.
- Unesco. (2010). *Políticas para la creatividad. Guía para el desarrollo de las industrias culturales y creativas*. París: Unesco. Disponible en <https://cutt.ly/9f3Hlclj>



7. Foco de Océanos y Recursos Hidrobiológicos: estado global y nacional de los océanos, mares, humedales y recursos hidrobiológicos marino-costeros, oceánicos, insulares y continentales- misiones emblemáticas al 2030

Introducción

La presencia de la especie humana en el planeta ha estado mediada por tres circunstancias: dos moléculas —Agua y DNA— y la generación de una atmósfera biológica que surgió a partir de la fotosíntesis. Colmada la Tierra de ecosistemas y de organismos, el balance y su permanencia en el tiempo está dada por el recurso agua, que es y será para la humanidad uno de sus mayores recursos, pero que en la actualidad tiene grandes problemas para su conservación. Por esto, para el foco de Océanos y Recursos Hidrobiológicos, de la presente *Misión Internacional de Sabios 2019* este es un tema central.

La biodiversidad acuática desempeña una función esencial en los medios de vida sin importar su nivel socioeconómico o actividad. Sin embargo, está amenazada por cerca de 15 tipos de impactos antropogénicos, incluido el transporte —marítimo y fluvial—, la llegada de sedimentos, los aportes de



aguas residuales y desechos sólidos, varios métodos no sustentables de pesca y la introducción de especies exóticas. Finalmente, las aguas son el destino final de la desenfrenada e incontrolada contaminación

El agua —y la biodiversidad asociada a los ecosistemas marinos y continentales— es un recurso esencial para el desarrollo nacional, por lo cual es pertinente estructurar estrategias y programas emblemáticos para la conservación, uso sostenible y perdurabilidad en el tiempo de ríos y mares. Así mismo, es prioritario reconocer a los recursos hidrobiológicos de aguas dulces y del mar, en cualquiera de sus niveles de organización, como uno de los principales patrimonios de la nación.

Respecto a los océanos y mares, desde 1950 han sido extraídas casi 6 000 millones de toneladas entre peces e invertebrados. La captura anual aumentó drásticamente de 28 millones de toneladas en 1950 a 112 millones de toneladas en 2014. Sin embargo, desde su pico en 1996 de 130 millones de toneladas, la captura ha ido disminuyendo en promedio 1,2 millones de toneladas por año. Esta disminución de la producción pesquera ocasionó el aumento de la acuicultura, cuya producción mundial en el 2016 —incluidas las plantas acuáticas—, ascendió a 110,2 millones de toneladas, estimadas en un valor de primera venta de USD 243 500 millones, desencadenando un impresionante crecimiento del suministro de pescado para el consumo humano, al proporcionar el 7 % en 1974, el 26 % en 1994, el 39 % en 2004, y el 47 % en el 2016 de toda la producción pesquera mundial (FAO, 2018). Aun así, en todo el mundo, hay poblaciones costeras en las que sus ingresos y alimentos, *proviene de la pesca* hasta en un 90 %. La otra fuente son las capturas de aguas continentales que en el 2017 fueron 11,6 millones de toneladas, siendo el 20 % superior al año anterior, y del 10,5 % en comparación con el promedio del periodo 2005-2014 (FAO, 2018), siendo también soporte alimenticio y de ingresos, pero con la característica de estar en poblaciones alejadas —en países subdesarrollados o en vías de desarrollo, a donde normalmente no llegan las instituciones de los Estados—.

Los bosques que cubren el 30 % de la superficie terrestre, proveen hábitats cruciales a millones de especies y son fuente importante de aire limpio y agua. Además, son fundamentales para combatir el cambio climático. Por ello, la

actual degradación del suelo no tiene precedentes y la pérdida de tierras cultivables es 30 a 35 veces superior al ritmo histórico, teniendo consecuencias sobre la calidad de los ecosistemas acuáticos y la biodiversidad.

La conservación del medio ambiente debe considerarse como un sistema de medidas y acciones sociales, socioeconómicas y técnico-productivas dirigidas a la utilización racional de los recursos naturales, la conservación de los complejos naturales típicos, escasos o en vías de extinción, por lo que se promueven entre otras acciones, bien la economía verde, la economía azul, el biocomercio, la bioprospección y la biotecnología., pero deberá pensarse que: “la mayoría de las causas de la pérdida de biodiversidad, incluyendo la extinción de especies, son de carácter económico”.

En Colombia, el estado del conocimiento de los recursos hidrobiológicos marino-costeros, insulares y continentales ha estado centrado en áreas como la sistemática, la taxonomía y algo de filogenética, siendo muy pocas las especies aprovechadas y cuando ocurre, tiene lugar la situación de convertir los recursos hidrobiológicos en pesqueros, mediante el establecimiento de una cuota global anual, pero en la mayoría de los casos sin llegar a conocer los niveles de aprovechamiento sostenible.

Teniendo en cuenta la importancia del agua para la vida y para las sociedades humanas en todos los aspectos de su desarrollo, los recursos que proporciona su biodiversidad y el estado de deterioro que presenta en todo el mundo y particularmente en Colombia, tanto en los cuerpos de agua continentales (ríos, lagos y aguas subterráneas) como marinas (costa, estuarios, mares y océanos), esta Misión ha considerado importante tener como uno de sus focos principales de acción a los océanos y a los recursos hidrobiológicos. La ciencia, la tecnología y la innovación son los pilares en los cuales se puede estructurar unas políticas de utilización sostenible y conservación del recurso agua y sus recursos biológicos asociados, en sus diferentes manifestaciones. A continuación se presenta un resumen del diagnóstico, lineamientos para diseñar políticas públicas, estrategias, misiones emblemáticas y proyectos necesarios, para mejorar el desarrollo humano colombiano sostenible y se generen oportunidades socioeconómicas basadas en conocimiento científico, tecnológico innovación, para que Colombia evolucione hacia una sociedad del conocimiento.



7.1 Objetivos y metodología

7.1.1 Objetivos

General

Generar lineamientos para la formulación o modificación de políticas públicas en ciencia tecnología e innovación, estructurando estrategias y misiones emblemáticas que permitan el adecuado conocimiento, ordenación, manejo, control y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales —renovables y no renovables acuáticos (océanos, mares, estuarios, aguas continentales)—, para lograr que el capital natural genere oportunidades socioeconómicas e investigativas a futuro, que impulsen el desarrollo sustentable del país en beneficio de las regiones relacionadas con los recursos acuáticos en general.

Específicos

Compilar la información que permitiera establecer el estado de los ecosistemas marino-costeros, e insulares, y de sus recursos hidrobiológicos y pesqueros.

1. Establecer el estado de los ecosistemas acuáticos continentales y de sus recursos hidrobiológicos y pesqueros.
2. Acopiar la información para establecer el estado de salud y deterioro de los ecosistemas marino-costeros e insulares y continentales y de sus recursos hidrobiológicos y pesqueros.
3. Identificar las barreras y oportunidades que impiden el desarrollo de sistemas nacionales y regionales de ciencia tecnología e innovación integradas y eficaces, aplicadas a la educación, la ciencia y la tecnología en el área de los mares, los océanos y las áreas continentales.
4. Analizar las políticas, las regulaciones, la gobernanza y la gobernabilidad, el capital humano científico, la infraestructura y la producción académica en el área de los mares, los océanos y las áreas continentales.

5. Proponer misiones emblemáticas que impulsen las acciones nacionales en materia de mares, océanos y recursos hidrobiológicos, considerando los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), que logren impactar la educación, la ciencia, la tecnología y la innovación, que se requieren para que al 2030, se tengan superadas las barreras e implementadas y las oportunidades identificadas en el tema de las ciencias del mar y los recursos hidrobiológicos.

7.1.2 Metodología

El trabajo se dividió desde el punto de vista metodológico en dos fases, siendo la primera la identificación de “Barreras y Oportunidades”, que permitió esbozar las dificultades, retos y las fortalezas y oportunidades asociadas al foco, los cuellos de botella regulatorios o de nichos de oportunidad en Ciencia, Tecnología e Innovación asociados a capacidades diferenciales de Colombia. Esta fase incluyó la primera reunión de los ocho focos y sucesivas reuniones, que permitieron el diseño de un documento diagnóstico sobre la capacidad CTEI en el ámbito del foco; identificación de retos y oportunidades con tres secciones: (1) retos y oportunidades específicas del ámbito; (2) retos y oportunidades transversales entre focos; y (3) un primer listado de ideas propuestas de actuación, tanto específicos para el foco, como generales para mejorar la ejecución de actividades de CTEI en el contexto nacional, en consonancia a corto plazo con el Plan Nacional de Desarrollo.

La segunda fase se centró en proponer medidas para afrontar los problemas identificados durante la fase anterior, para capitalizar las oportunidades singulares de Colombia con una visión de largo plazo enfocadas hacia políticas de Estado, soportado en el análisis de todos los documentos relativos al estado de los temas propios del foco.

Igualmente, y para tener amplia visión social, cultural, científica y técnica para completar los diagnósticos y la identificación de “Barreras y Oportunidades”, se analizaron entre otros aspectos: (1) el desarrollo de los sistemas nacionales y regionales de innovación integrados y eficaces;



(2) más ciencia, más futuro como compromiso para duplicar la inversión pública y privada en ciencia, tecnología e innovación; (3) tecnología e investigación para el desarrollo productivo y social y (4) innovación pública para un país moderno. Esto permitió la identificación de posibles soluciones analizando los desarrollos de sistemas nacionales y regionales de innovación integrados y eficaces a través de la modernización y coordinación institucional y de la articulación de Universidad-Empresa-Estado.

Para obtener la visión comunitaria, regional, local, nacional, institucional, gremial, académica, y de las ONG sobre el diagnóstico y la identificación de barreras y oportunidades y algunas propuestas en educación, ciencia, tecnología, innovación, políticas, normatividad y fuentes de financiación, se desarrollaron foros regionales en diferentes áreas geográficas del país incluyendo regiones continentales, costeras e insulares del país, que en esencia constituyeron procesos de consulta y concertación, lo que permitió presentarles los avances del foco, algunas propuestas iniciales, que fueron luego enriquecidas con los aportes surgidos de los actores locales en gobierno, academia, y sociedad en general.

7.2 Documentos preparados por el foco de Océanos y Recursos Hidrobiológicos

Para tener una visión integral de las temáticas y ámbitos del foco, se procedió a la revisión de las políticas, normatividad nacional, convenios, protocolos y resoluciones producto de compromisos multilaterales medioambientales o en materia de biodiversidad, investigaciones, diagnósticos, planes, programas, capital humano, institucional e infraestructura al servicio de los objetivos y necesidades del foco. Igualmente, se revisó la situación mundial respecto a los mares, océanos, recursos hidrobiológicos marino-costeros, insulares y continentales y de la pesca. Con la anterior visión de análisis el foco produjo los siguientes documentos:

1. Los recursos acuáticos y pesqueros en Colombia: marco conceptual, procedimientos administrativos, políticas de investigación y manejo.
2. Agua, peces, pesca y pesquerías en Colombia.
3. Ecosistemas marino-costeros, estuarinos e insulares y continentales y el aprovechamiento de sus recursos hidrobiológicos.
4. Fallas y cambios necesarios en la formulación y ejecución de políticas estatales.
5. Reflexiones sobre el estado actual del tema del foco de Océanos y Recursos Hidrobiológicos y propuestas de reformas a corto y largo plazo.
6. Gestión costera en Colombia: elementos conceptuales, estado del arte y necesidades de conocimiento para su aplicación en Colombia.
7. Barreras y oportunidades en ciencia tecnología e innovación en el foco Océanos y Recursos Hidrobiológicos.
8. Tratados y convenios internacionales para el desarrollo sostenible en áreas marino-costeras e insulares aprobados por Colombia.
9. Marco regulatorio general aplicable a los recursos acuáticos y pesqueros.
10. Memorias de los foros regionales realizados.
11. Propuestas de misiones emblemáticas.

7.3 El proceso de consulta y concertación

En la tabla 7.1 se consignan los foros regionales realizados y el número de participantes. Cada reunión tuvo como programa una o dos conferencias magistrales sobre los temas y avances del trabajo del foco y talleres participativos para identificación, desde el punto de vista de las regiones, de las recomendaciones sobre las misiones emblemáticas a proponer.

Nombre del foro	Fecha Año 2019	Lugar	Número de participantes
Foro Regional de los Recursos Hidrobiológicos y del Océano Pacífico Misión Internacional de Sabios 2019	16-17 de mayo	Universidad del Valle (Cali)	78
Taller Regional de los Recursos Hidrobiológicos de la Amazonia	2 de julio	Instituto SINCHI (Leticia)	35
Foro Regional de los Océanos y Mar Caribe Colombiano	12 de julio	Invemar (Santa Marta)	110
Foro Regional. Escuela Almirante Padilla Cartagena.	26 de julio	Cartagena	29
Conversatorio Agua y Gestión Sustentable de Ecosistemas Acuáticos y Continentales.	30 de agosto	Universidad del Valle (Cali)	16
Conversatorio sobre Océanos y Recursos Hidrobiológicos.	7 de octubre	Banco de la República (Departamento Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina)	21
Presentación Misión en Senalmar	25 de octubre	Barranquilla ²⁸	
Total participantes			289

Tabla 7.1 Foros regionales de concertación realizados por el foco temático de Océanos y Recursos Hidrobiológicos.

28. A la fecha de la edición de la versión 2.0 del documento, no se había llevado a cabo este evento.

7.4 Una visión conjunta del agua y los ecosistemas acuáticos marinos y continentales

El agua y los ecosistemas marinos y continentales son un recurso esencial para el desarrollo nacional por lo que es pertinente estructurar estrategias y programas emblemáticos para su conservación y uso sostenible de los ríos y mares y su perdurabilidad en el tiempo. Dentro de este contexto, y en el

marco de los objetivos del foco, se logró construir una visión de largo plazo al 2035, para un manejo integrado y sostenible de los ecosistemas acuáticos marinos y continentales. La Visión reconoce que para alcanzar el manejo sostenible de los ecosistemas marinos y continentales y de los recursos hídricos en las próximas décadas, debe haber una nueva actitud de las instituciones para implementar un modelo de gobernanza del agua basada en el conocimiento científico y valorando el diálogo de saberes para fortalecer los servicios ecosistémicos y la biodiversidad desde una gestión sostenible basada en el conocimiento y la valoración de los recursos hidrobiológicos.

A continuación, se describen los principios rectores de la Visión:

1. Los ecosistemas acuáticos marinos y continentales y sus recursos hidrobiológicos asociados son vitales para el desarrollo sostenible del país.
2. La biodiversidad marina y continental de los ecosistemas acuáticos del país requiere de una gestión sostenible de la calidad físico-química del agua, que permita preservar sus valores intrínsecos y para que resulte posible seguir proveyendo bienes y servicios a la sociedad.
3. Se requiere de medidas basadas en el conocimiento y la tecnología sobre el funcionamiento de los ecosistemas que permitan la toma de decisiones efectivas para la gestión integral de la seguridad hídrica nacional, el desarrollo acuícola y potencial pesquero del país.
4. La implementación de una cultura del agua enmarcada en estrategias de educación ambiental es esencial para la puesta en marcha de prácticas sostenibles y de medidas de conservación que promueva una actitud de sensibilización frente a los ecosistemas acuáticos en todos los niveles de la sociedad.
5. La información y el conocimiento científico generado por la academia debe cumplir su compromiso y proyección social que permita contribuir al diseño y construcción de políticas públicas para el manejo y aprovechamiento sostenible de los recursos hidrobiológicos del país.

La visión busca garantizar la sensibilización y valoración de los ecosistemas acuáticos por parte de todos los actores y usuarios del recurso que permita la conservación y utilización sostenible de los ecosistemas marinos y de agua dulce. Se describe a continuación el texto final: “Colombia contará en el 2035 con el conocimiento y el desarrollo tecnológico suficiente para que el país desarrolle de manera sostenible y mediante procesos de inclusión participativa, la conservación, el manejo y la valoración de la biodiversidad y los recursos hidrobiológicos de los ecosistemas acuáticos marinos y continentales en el marco de una gestión integral de la seguridad hídrica del país para el mejoramiento de la calidad de vida de los colombianos”.

7.5 Línea base sobre el estado mundial de las temáticas del foco de Océanos y Recursos Hidrobiológicos

Esta línea base es necesaria de establecer, puesto que, sin la perspectiva mundial y sus causas, las miradas y los análisis locales, no se consideran completos, pues están inmersos en una economía globalizada, cada vez más demandante de recursos, para satisfacer la creciente población humana, o para procesos biotecnológicos. Por esto, se hace necesario asumir posturas nacionales, que garanticen la permanencia del capital natural, sin el cual la civilización, y en concreto Colombia, no son viables, tal como lo expresara White (1967, 1205): “Personalmente dudo que el desastroso impacto ecológico pueda evitarse simplemente aplicando más ciencia y más tecnología”

7.5.1 Océanos, mares, ecosistemas continentales y los recursos hidrobiológicos marino-costeros, insulares y continentales

Conocido el estado de los océanos, mares, ecosistemas continentales y los recursos hidrobiológicos marino-costeros, insulares y continentales a escala global, es que el mundo se ha propuesto metas como las establecidas en la Conferencia de Estocolmo (1972), la Cumbre de Río (1992), la Convención

de Biodiversidad Biológica (1994), la Conferencia de Jakarta (1998), las metas del Milenio (2000-2015), las metas AICHI (2011-2020), y a partir del 2021, las obligaciones que surjan de la “Década de los Océanos” o las directrices de la Convención Ramsar, para la protección de los humedales. Es importante anotar que, quiérase o no reconocer, todos estos compromisos están inalcanzados.

Los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (2015-2030) y sus 169 metas, demuestran la magnitud de esta ambiciosa agenda universal, consignándose que los océanos del mundo, su temperatura, su química, sus corrientes y sobre todo la vida, mueven sistemas que hacen que la Tierra sea habitable para la humanidad. Las precipitaciones, el agua potable, el clima, el tiempo, las costas, gran parte de nuestros alimentos e incluso el oxígeno del aire que se respira provienen, en última instancia, del mar y todos son regulados por las dinámicas oceánicas y costeras.

Históricamente los océanos y los mares han sido cauces vitales del comercio y el transporte. Cubren las tres cuartas partes de la superficie terrestre, contienen el 97 % ciento del agua del planeta y representan el 99 % de la superficie habitable del planeta en volumen (D’Odorico *et al.*, 2019). Absorben alrededor del 30 % –2000 millones– del dióxido de carbono producido por los humanos, amortiguando los impactos del calentamiento global (Doney, 2010). A pesar de ello, solo se conocen en un 10 %.

Más de 3000 millones de personas dependen para su sustento de la biodiversidad marino-costera y oceánica, donde se tiene identificadas cerca de 200 000 especies. A nivel mundial, el valor de mercado de los recursos marino-costeros y oceánicos y su industria se estima en USD 3 billones por año –alrededor del 5 % del PIB mundial–, siendo la mayor fuente de proteínas del planeta y empleando directa o indirectamente más de 200 millones de personas (Naciones Unidas, 2015). Como referencia, con los subsidios otorgados a la pesca –la biomasa más aprovechada en los océanos–, se está contribuyendo al rápido agotamiento de muchas especies, impidiendo los esfuerzos para salvar y restaurar la pesca mundial y los empleos asociados a esta, causando que la pesca oceánica genere USD 50 mil millones menos por año de lo que podría. Además, desde la Revolución



Industrial los espacios de mar abierto muestran que los niveles de acidez han aumentado en un 26 % (Doney, 2010), a lo que debe sumarse que las aguas costeras están deterioradas debido a la contaminación y a la eutrofización, causando una disminución, desde 1970, del 36 % de las especies marino-costeras. Se predice que la eutrofización aumentará el 20 % para el año 2050. De hecho, se ha establecido que actualmente solo el 13 % de la superficie del océano –21 millones de millas cuadradas– permanece inalterada.

Respecto a los humedales, la estimación más reciente de la superficie mundial cubierta por estos ecosistemas continentales y costeros supera los 12,1 millones de km², una superficie casi tan grande como Groenlandia. De este total, el 54 % está inundado de forma permanente y el 46 % de manera estacional, además que otros 5,2 millones de km² se inundan de manera intermitente u ocasional. Alrededor del 93 % de los humedales son sistemas continentales y el 7 % marino-costeros. Las áreas de los humedales artificiales a escala mundial son pequeñas, estimándose que los embalses cubren 0,3 millones de km², y los arrozales 1,3 millones de km². Las mayores áreas de humedales se encuentran en Asia (32 % del área mundial), América del Norte (27 %), América Latina y el Caribe (el 16 %), Europa (13 %), África (10 %) y Oceanía (3 %) (Davidson y Finlayson, 2007; Davidson, 2014, 2017; Davidson *et al.*, 2018)

Los humedales naturales cubren solo una fracción de su área original y han ido disminuyendo progresivamente durante siglos en la mayor parte del mundo, debido al drenaje y a la conversión de tierras. Desde el año 1700 d.C. se ha perdido hasta el 87 % de los recursos mundiales de humedales, con tasas de pérdida que aumentaron a finales del siglo xx (Davidson, 2014; Prigent *et al.*, 2012; Schroeder *et al.*, 2015), o aumentos debido a los humedales artificiales (Pekel *et al.*, 2016; Davidson *et al.*, 2018), en un 30 % por los embalses y en el 20 % por los cultivos de arroz.

El índice de tendencias de la extensión de los humedales (WET), por sus siglas en inglés- (Dixon *et al.*, 2016), basado en una muestra que recopila más de 2000 series temporales de 1970 a 2015, muestra descenso progresivo continuo. El análisis sugiere entre 1970 y el 2015, la disminución es

del 35 % en áreas de humedales naturales tanto marino-costeros como continentales, que varía del 12 % (Oceanía) al 59 % (América Latina). La tasa media anual de pérdida de humedales naturales estimada por el índice WET es de 0,78 % al año, más de tres veces superior a la tasa media anual de pérdida de bosques naturales (0,24 % al año) entre 1990 y 2015 (FAO, 2016). Por el contrario, los humedales artificiales han aumentado desde los años setenta —y antes—, a veces a partir de la conversión de humedales naturales.

Los ecosistemas de agua dulce albergan más de 100 000 especies conocidas de peces, moluscos, reptiles, insectos, plantas y mamíferos, a pesar de cubrir menos del 1 % de la superficie de la Tierra. Están altamente amenazados y afectados por factores como la modificación, fragmentación y destrucción de hábitats, especies invasoras, pesca excesiva, contaminación por aguas residuales no tratadas, residuos industriales, residuos sólidos descargados a los ríos (4 billones de t.año⁻¹) la escorrentía agrícola, la erosión y los cambios en los sedimentos, proliferación de enfermedades y el cambio climático, por lo que la tendencia en cuanto a calidad es negativa. De ahí que la combinación de estas amenazas haya provocado la disminución catastrófica de la biodiversidad de agua dulce —más del 30 % de las especies—. Por ejemplo, en el siglo xx, los peces de agua dulce vivieron la mayor tasa de extinción a escala mundial entre los vertebrados (Ramsar, 2018).

Desde la década de 1990, la contaminación del agua ha empeorado en casi todos los ríos de América Latina, África y Asia, y se prevé que el deterioro se agrave. Para 2050, es probable que un tercio de la población mundial esté expuesta a aguas con exceso de nitrógeno y fósforo, lo que dará lugar a un rápido crecimiento y descomposición de las algas provocando la muerte de muchas especies. La contaminación por patógenos graves, afecta a un tercio de los ríos de América Latina, África y Asia; en particular, las bacterias coliformes fecales han aumentado en las últimas dos décadas, al igual que la salinidad, incluso en las aguas subterráneas, dañando la agricultura. De ahí que en la mitad de los países de la OCDE incluida Colombia, el agua de las zonas agrícolas contengan pesticidas por encima de los límites recomendados alterando los servicios ecosistémicos de humedales que superan con creces los de los ecosistemas terrestres (Ramsar, 2018, 5).



La intensificación agrícola ha aumentado el uso de productos químicos en todo el mundo, alcanzado aproximadamente dos millones de toneladas/año (De, A., Bose, R., Kumar, A. y Mozumdar, S., 2014). Muchas sustancias químicas pueden filtrarse a través del agua (Flury, 1996), creando un problema a escala mundial (Arias-Estévez *et al.*, 2012; EEA, 2014; Luo *et al.*, 2009). Los efectos, por ejemplo, en los organismos del suelo, no han sido cuantificados en gran medida (Bünemann *et al.*, 2006). En casi la mitad de los países de la OCDE, las concentraciones de pesticidas en las aguas superficiales y subterráneas de las zonas agrícolas superan los límites nacionales recomendados (OCDE, 2012).

Valga anotar que las características naturales de los humedales tienen a menudo importancia cultural y espiritual, y ofrecen posibilidades recreativas y beneficios turísticos.

7.5.2 Línea base sobre el estado nacional de las temáticas del foco de Océanos y Recursos Hidrobiológicos

El foco aborda cuatro componentes: el recurso hídrico —agua—, el océano y sus ecosistemas marino-costeros e insulares; los continentales dulceacuícolas y los recursos hidrobiológicos²⁹ -marinos y continentales-, dada la importancia que estos temas tienen a todos los niveles: científico, socioeconómico, en apropiación social y cultural, seguridad alimentaria -pesca y acuicultura-, transporte, turismo, biotecnología marina, proyección de la bioprospección, posibilidades en bioeconomía y regulación del clima, que debiera manifestarse en la práctica en políticas claras, aplicación de la normatividad, gobernanza y gobernabilidad.

(1) *El recurso agua*

En la mente de los colombianos existe la idea —no del todo cierta— de que el país es una de las potencias hídricas del mundo. Pero, como todos los mitos, esta afirmación tiene algo de verdad y algo de falsedad. Durante mucho tiempo Colombia ocupó el sexto lugar de los países con más agua, pero, según la Universidad Nacional (2015), cuando además

29. Según el 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-.

de analizar la abundancia de este recurso se estudió la calidad y la disponibilidad por parte de la población, el país descendió hasta el puesto 24, es decir, cayó 18 lugares.

El agua, aunque es abundante, no llega por igual a todos sus pobladores; sus ríos, aunque se extienden como telarañas por el territorio, están siendo contaminados y con el cambio climático, los patrones de precipitación cada vez son más impredecibles y extremos. De hecho, el Informe Nacional del Agua (Ideam, 2014), muestra que en las cuencas Magdalena-Cauca y Caribe, donde vive 80 % de la población y se produce 80 % del PIB nacional, solo está 21 % de la oferta hídrica superficial. Esta cifra que no solo demuestra que uno de los mayores retos que tiene el país, no está solo en establecer sistemas de acueductos para evitar la contaminación, sino en proteger los recursos hídricos que permiten que los ecosistemas y sus recursos se mantengan y sirvan de manera segura para el consumo de los pobladores.

Por esto cuando se habla de “seguridad hídrica”, se refiere a tres factores. El primero es disponibilidad de agua suficiente para el abastecimiento humano, las actividades productivas y la protección de ecosistemas; el segundo es la capacidad para manejar este recurso de forma sostenible y con participación de los sectores que la usan, y tercero, mantener un nivel de riesgo que sea aceptable para los habitantes, la economía y el medio ambiente. Si esto no sucede, un recurso que se cree abundante también se agota, o se vuelve no apto para el consumo como muchas veces ocurre en Colombia, donde solo hay agua en buenas condiciones para el 15 % de la población (Ideam, 2014).

El Ideam (2013), realizó la zonificación del territorio en áreas, zonas y sub zonas hidrográficas del país a partir de la delimitación, distribución y jerarquización de las cuencas con el fin de facilitar la gestión del recurso hídrico y la integración de las variables incorporadas y analizadas en el Sistema de Información de Recurso Hídrico (SIRH) y en el Sistema de Información Ambiental de Colombia (SIAC).

De otra parte, en la definición de las medidas y acciones que se desarrollen sobre los ecosistemas acuáticos, es necesario acoger la

propuesta de jerarquización de las intervenciones propuesto en el *Manual de compensaciones por pérdida de biodiversidad en ecosistemas acuáticos* (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y Autoridad Nacional de Licencias Ambientales, 2014), que establece un orden jerárquico, en el que en primera instancia las acciones deberán procurar el mantenimiento o mejoramiento del flujo hídrico; luego la hidráulica o conectividad de los ecosistemas; posteriormente el mejoramiento de las condiciones biogeoquímicas del recurso hídrico -calidad del agua-; y en última instancia, aquellas que mejoren las condiciones biológicas en el área. Lo anterior con el fin de implementar medidas eficientes desde el punto de vista de la conservación de la biodiversidad. En Colombia, existen dificultades para la aplicación de estas medidas y los proyectos hidroeléctricos, los trasvases, la alteración y ocupación de los cauces, así como la creciente contaminación de ríos, lagos y aguas subterráneas son muestra de ello.

(2) *Los ecosistemas marino-costeros, insulares y continentales y sus recursos hidrobiológicos y pesqueros*

Según Ideam (2007), Colombia posee 1 137 814 km² de área continental, para un total de 114 049 388 ha en ecosistemas acuáticos continentales. A su vez, y según la Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y Sus Servicios Ecosistémicos (PNGIBSE, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2012), el rendimiento hídrico promedio en el país son 63 l/s-km², siendo seis veces mayor que el promedio mundial (10 l/s-km²) y tres veces el de América Latina (21 l/s-Km²). El volumen total de la precipitación del país asciende a 3700 km³/año, del cual el 61% se convierte en escorrentía superficial con un caudal medio de 71 800 m³/s o 2265 km³/año (Ideam, 2014). El Pacífico es la región con mayor rendimiento hídrico del país (124 l/s- km²); seguido del Orinoco, el Caribe (55 l/s-km²); el Catatumbo y la cuenca del río Grande de La Magdalena-Cauca (46 l/s-km² y 35 l/s-km²) (Ideam, 2014).

Respecto a los cuerpos de agua lénticos, el país posee 831 163,7 ha, de las cuales 397 613,7 ha corresponden a ciénagas, 56 042 ha a embalses; 123 412 ha a lagunas y 258 273 ha a pantanos. La cuenca Magdalena-Cauca es la región que mayor extensión de cuerpos lénticos (48 %), seguida del área geográfica del Amazonas y el Orinoco —cada una el 22 %— (Ideam, 2010). Pero solo en la cuenca Magdalena-Cauca se han perdido, desde 1900, el 64 % de los humedales, debido a que no han sido valorados y ha resultado fácil desecarlos. De otra parte, la oferta de agua subterránea en el país es del orden de 5848 km³, siendo la provincia hidrogeológica de los Llanos Orientales la de mayor oferta —239,06 m³x10¹⁰—, seguida de la cordillera Oriental —90,07 m³x10¹⁰— y Caguán Putumayo —66,11 m³x10¹⁰— (Ideam, 2010).

En 1985 el Instituto de Hidrología, Meteorología y Adecuación de Tierras (Himat) elaboró el inventario de cuencas con el objeto de reconocer las que eran menores a 10 km² —zonificándose el país en 12 regiones con características homogéneas similares en patrón de drenaje—, y se estimó el número aproximado de cuencas hidrográficas, geomorfológicas y fisiográficas representativas. En este ejercicio, la zona hidrográfica del Caribe resultó con 45 subcuencas y 25 910 cuencas; el Magdalena-Cauca 103 subcuencas y 64 074 cuencas; el Orinoco 82 subcuencas y 22 867 cuencas; Amazonas 78 subcuencas y 72 428 cuencas y Pacífico 35 subcuencas y 97 500 cuencas, cifras que arrojan un total de 343 subcuencas y 742 705 cuencas a nivel nacional (Ideam, 2007).

Con respecto a territorios marítimos y oceánicos, Colombia tiene 1 141 748 km² en su parte continental (56 %) y 919 376 km² en su territorio marítimo (44 %), distribuidos en 540 876 km² en el mar Caribe —línea de costa de 3513 km— y 378 500 km² en el océano Pacífico —línea de costa de 1556 km— con inmensa riqueza y potenciales de aprovechamiento. Por esta razón, las aguas jurisdiccionales, la plataforma continental y los espacios costeros son áreas en las cuales se realizan diferentes tipos de actividades y procesos como: turismo, pesca, transporte marítimo, exploración y aprovechamiento minero-energético,



generación de energías alternativas, conservación y recuperación de la diversidad biológica, desarrollos científicos, tecnológicos, innovación, cultura marítima (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Territorial, 2010).

Según Ideam (2007), los ecosistemas marino-costeros e insulares están representados por 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 en el Pacífico y 90 160,58 en el Caribe (Sánchez-Páez, 2000; Invemar, 2013); los pastos marinos, exclusivos de la región Caribe, cubren 43 223 ha; están también los litorales rocosos; los fondos sedimentarios de la plataforma continental del Caribe y Pacífico que constituyen el 99,5 % de los ecosistemas marinos, con una superficie estimada de 889 400 km² (Guzmán-Alvis y Solano, 2002); las playas que ocupan el 80 % de las costas del país, estando conformadas por diversos tipos de arenas, grava no consolidada o fango y finalmente la zona pelágica u oceánica (Invemar, 2013-2014-2018), teniendo establecidas 34 áreas marinas protegidas.

De acuerdo con un nuevo censo —que según sus autores es el más preciso que se ha realizado hasta el momento— existen en el planeta 8,7 millones de especies, de las cuales tan solo 1,6 millones se encuentran identificadas; es decir, que aproximadamente el 86 % de las especies terrestres y el 91 % de las marinas aún no se han reportado (Mora *et al.*, 2011). La aguas continentales albergan una cantidad muy alta de especies comparada con la de otros ecosistemas: pese a cubrir menos del 1 % de la superficie del planeta, 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-costero 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, representando 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 invertebrados, más de 300 000 especies de invertebrados, 1644 de hongos y 1647 de líquenes. Por ello Colombia está entre las 14 naciones consideradas megadiversas, al contar con cerca del 10 % de las especies conocidas, a pesar de ocupar el 0,22 % de la superficie terrestre. Están identificados como recursos hidrobiológicos marinos-costeros e insulares 6150 especies para la región Caribe, y 4350 para la región Pacífica, a partir de 1664 referencias bibliográficas. En recursos hidrobiológicos continentales, en el 2014 se listaron 2875 especies, a partir de 2320 referencias bibliográficas entre 1878 y 2014 (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2012; Gutiérrez, 2012-2014).

Según los datos del Sistema de Información en Biodiversidad de Colombia (SiB-Colombia), la biodiversidad nacional está cercana a 57 000 especies registradas, donde ~34 072 son especies de plantas, ~11 269 de invertebrados, ~7589 de vertebrados, ~1758 de hongos y ~1242 de líquenes.

Colombia posee 1435 especies de peces dulceacuícolas, agrupadas en 14 órdenes y 47 familias: cerca de 173 de interés comercial y alrededor de 311 son endémicas. Las especies de peces nacionales representan, a nivel global, aproximadamente el 5 % de todas las especies marinas y dulceacuícolas reconocidas; y a nivel latinoamericano el 29 % de los peces de agua dulce que habitan desde el límite sur de México hasta Chile y Argentina (Maldonado-Ocampo, Vari y Usma, 2008).

(3) *La gestión costera en Colombia: elementos conceptuales y necesidades de conocimiento para su aplicación en Colombia*

La Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible Río+20 (2012) estableció los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). El



Objetivo 14 –vida submarina–, busca conservar y utilizar en forma sostenible los océanos, los mares y los recursos marinos, y el Objetivo 13 propende por adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos con relación a la sostenibilidad de las zonas marinas y costeras. Para Colombia, la gestión del territorio marino-costero surge como una necesidad bajo una perspectiva territorial, dado que sus costas representan aproximadamente el 48 % del territorio nacional. El origen de los instrumentos normativos e institucionales que rigen la política pública del territorio costero se enmarca en la Ley 99 de 1993, que originó una nueva institucionalidad ambiental en el país. Ya, en el año 2001 el Ministerio del Medio Ambiente formuló la Política Nacional Ambiental para el denominado Desarrollo sostenible de los espacios oceánicos y las zonas costeras e insulares de Colombia, y el documento Conpes 3164 donde estableció el Plan de Acción 2002-2004 para su implementación.

Actualmente los fondos disponibles destinados de forma específica para la gestión costera son prácticamente inexistentes. Sobre presupuestos de inversión, algunas corporaciones autónomas regionales han destinado dineros para ejecutar algunos planes de manejo integrado de las unidades ambientales costeras, sin embargo, el desbalance entre la tarea a realizar y los recursos disponibles es abismal. Si se desea un programa como el Plan Nacional de Manejo Integrado Costero, este debe ser adecuadamente financiado en los procesos de investigación, acción y participación. Un análisis genérico de las bases científicas para tomar decisiones aplicadas al manejo muestra que, a pesar del innegable avance, hay muy pocos grupos activos en el país dedicados a estas temáticas. Adicionalmente, no existe una estrategia de educación ambiental para la sostenibilidad de las costas; la Política Nacional de Educación Ambiental ignora totalmente los mares y costas.

La contribución científica a la gestión costera se traduce en el conocimiento que se genera desde las ciencias naturales, sociales, económicas y de la ingeniería para lo comprensión de sus procesos ecológicos y socioambientales; no obstante, el manejo costero requiere

que crezca constantemente el conocimiento sobre cómo funcionan los ecosistemas y cómo responden a las fuerzas antropogénicas desde un enfoque interdisciplinario que permita la toma de decisiones. El análisis bibliográfico de la información científica sobre la gestión costera en el país muestra que la mayoría está concentrada en estudios de caracterización (25 %) y función (25 %) de ecosistemas, y tan solo un 2 % sobre estrategias de rehabilitación y restauración ecosistémica. Esto se considera una debilidad, teniendo en cuenta que las estrategias de manejo integrado requieren de estudios interdisciplinarios aplicados a la recuperación ecosistémica. Tampoco se cuenta con un sistema nacional de información para la gestión y manejo costero en el país que permita la integración de los distintos subsistemas de información, y que sirva de apoyo para la gestión de estos ecosistemas .

(4) *El Sistema Nacional de Áreas Marinas Protegidas (SAMP) de Colombia*

El Sistema Nacional de Áreas Marinas Protegidas comprende el conjunto de áreas declaradas como zonas protegidas en el territorio nacional, así como los actores sociales e institucionales, las estrategias y los instrumentos de gestión que las articulan, para contribuir como un todo al cumplimiento de los objetivos de conservación del país. El SAMP, liderado por el Invermar, responde a las directrices de la “Política Nacional Ambiental para el Desarrollo Sostenible de los Espacios Oceánicos y las Zonas Costeras e Insulares de Colombia” (MMA, 2001), y tiene como objetivo promover la conservación y el uso sostenible de la biodiversidad marina y costera en las regiones Caribe y Pacífico.

A pesar de la implementación y puesta en marcha del plan de acción del SAMP desde hace aproximadamente diez años, aún existen factores que no permiten avanzar en los procesos de protección de los ambientes marinos y costeros del país, lo cual se refleja en una baja cobertura de los objetivos nacionales de conservación. Entre los aspectos que se identificaron como de mayor influencia y que pueden explicar el menor desarrollo de la gestión de conservación de las áreas

marinas protegidas, se destacan: el bajo conocimiento sobre su relación con las áreas terrestres; la necesidad de una mayor inversión para la constitución, la gestión y la permanencia de áreas protegidas en los ambientes marinos; el establecimiento de esquemas de gobernanza con las comunidades locales para la implementación de objetivos de conservación a escala local y regional; características específicas de la conectividad; la escasa capacidad presupuestal; los conflictos de jurisdicción y de competencias, y la poca coordinación institucional en todos los niveles.

El fortalecimiento del Sistema de Áreas Marinas Protegidas del país debe apoyarse en el desarrollo de aspectos científicos y formativos, entre los que se plantean: la formulación de planes de monitoreo y de manejo; la celebración de acuerdos en áreas piloto para la planeación y el uso de recursos; la capacitación en temas relacionados con el manejo de áreas marinas protegidas a personal seleccionado; la promoción de programas ecológicos que incluyan asignaturas relacionadas con áreas marinas protegidas en instituciones de educación superior; el entrenamiento de funcionarios vinculados con entidades relevantes en el desarrollo de planes de manejo y otros aspectos prioritarios de las áreas, y el desarrollo de una base de datos para el manejo de información y la toma de decisiones. Sobre este último punto se propone, por lo tanto, que el SAMP promueva procesos de integración y consolidación de información de los diferentes actores del sistema de ciencia, tecnología e innovación, que permita aplicar nuevos desarrollos de manejo y conservación basados en redes de conocimiento y estrategias de comunicación que operen en contextos internacionales, nacionales, regionales y locales.

(5) *El aprovechamiento de los recursos hidrobiológicos marino-costeros, insulares y continentales y pesqueros*

La pesca y la acuicultura son las actividades más representativas en términos de aprovechamiento que se desarrollan a lo largo de las costas del Pacífico y el Atlántico de Colombia, así como en las aguas interiores,

especialmente en las cuencas de los ríos Amazonas, Atrato, Cauca, Grande de La Magdalena, Orinoco, San Jorge, Sinú y vertiente del Pacífico, donde se capturan peces tanto para su consumo como alimento como para el mercado ornamental. Tanto las flotas industriales como las artesanales operan en las costas, mientras que la pesca en aguas interiores es esencialmente artesanal, aunque no así su comercialización, que está altamente intermediada. La producción acuícola está dominada en gran parte por la piscicultura de agua dulce continental.

Aunque el sector pesquero hace una pequeña contribución al PIB —0,6 % en 2018—, genera empleo, ingresos y alimento en las zonas rurales donde las oportunidades económicas son escasas. Estas incluyen las regiones de origen de comunidades indígenas y población desplazada por el conflicto interno que Colombia ha conocido desde la década de 1940. Se evidencia que hay una ausencia crítica de datos para entender la contribución de los diferentes segmentos del sector al empleo, la generación de valor, la reducción de la pobreza y la seguridad alimentaria.

En el Caribe, las pesquerías han tenido varias etapas de desarrollo: una entre 1975 y 1995, con el registro de grandes variaciones; otra entre 1992 y 2003 de altas producciones, y una de decadencia hasta la fecha. Su aporte a la pesca no supera el 18 % de las pesquerías del país. La asignación de cuotas de pesca presentó el mínimo valor en 1998 con 1497 toneladas, correspondiendo al 0,48 % del total de las cuotas otorgadas en el periodo 1998-2014 para esta región (FAO y Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2015). Comparando la asignación de cuotas de pesca para el periodo 2003-2006 con respecto al periodo 2000-2002, se evidencia descenso para la región cercano al 18 %. A partir del 2013 se observa incremento del 130 %, pasando de 3074 toneladas en el 2012 a 7074 en el 2013 (Figura 7.1). La situación de los recursos pesqueros a través de los diversos estudios demuestra que están amenazados, lo cual es más crítico si se tiene en cuenta que el mar Caribe no es un sistema altamente productivo.

El Pacífico, por su parte, es el sector pesquero más productivo, pero a su vez el territorio más pobre y menos desarrollado. Su potencial



pesquero dentro del sistema de cuotas globales de pesca se ha calculado en 37 795 toneladas/año, representadas por 84 especies registradas de las 250 inventariadas. Entre los años 1998 y 2013 se desembarcaron 1 099 568 toneladas, aportadas tanto por la pesca industrial como por la artesanal. Para el periodo 1998-2013, en 1998 se asignó el valor más bajo de la cuota global de pesca de los últimos 16 años: 30 760 toneladas (Figura 7.2). A partir del año 2000 el comportamiento de la cuota global fue estable, oscilando entre 214 500 y 224 650 toneladas, que representan el 70 % de la sumatoria de las cuotas asignadas para los recursos pesqueros. En el periodo 2007-2010, la cuota osciló entre 87 752 y 67 730 toneladas, mostrando un descenso cercano al 67,1 % del valor promedio del periodo 2000-2006.

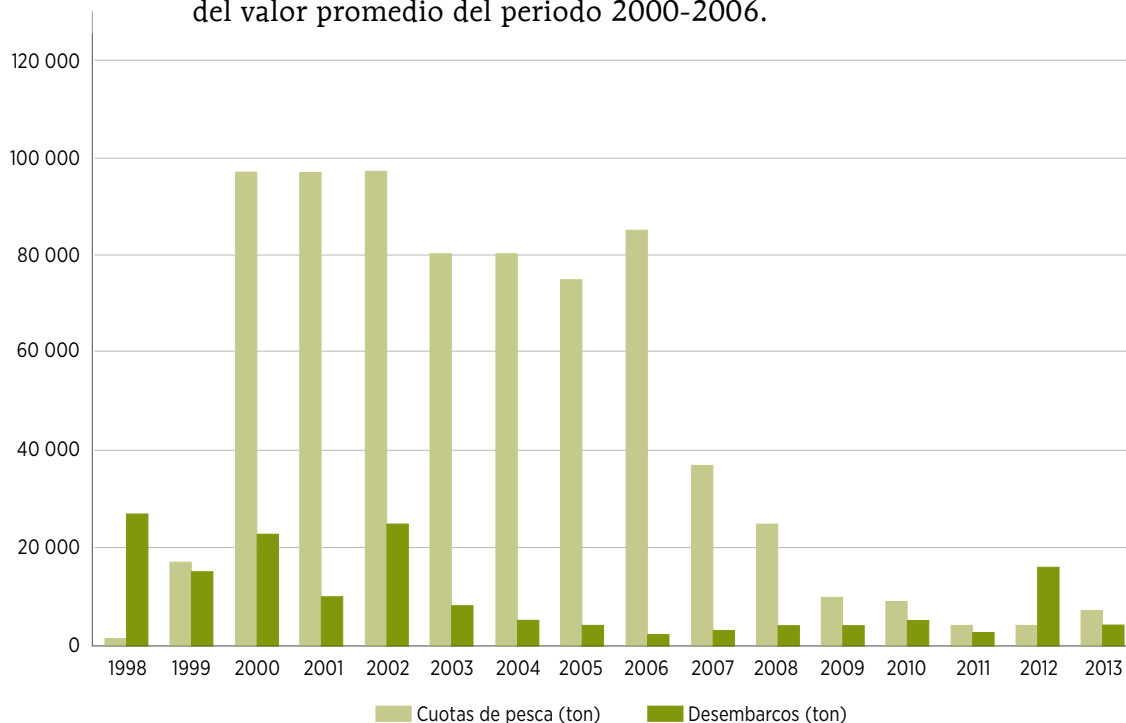


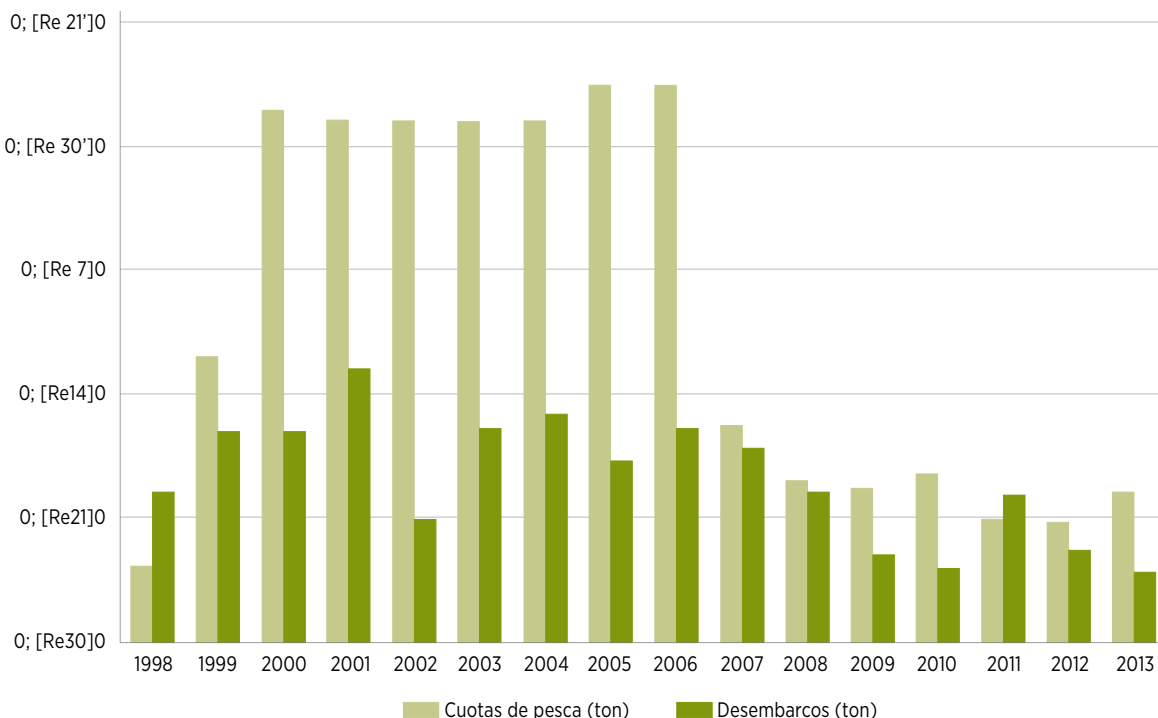
Figura 7.1. Cuotas de pesca vs. desembarcos de productos pesqueros en el Caribe colombiano para el período 1998-2013 (Verde claro: cuota de pesca. Verde oscuro: desembarcos).

Fuente: FAO y Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (2015).



Figura 7.2. Cuotas de pesca vs. desembarcos de productos pesqueros en el Pacífico colombiano para el período 1998-2013 (Verde claro: cuota de pesca. Verde oscuro: desembarcos).

Fuente: FAO y Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (2015).



Para los años 2011-2012 la cuota global de pesca osciló entre 40 550 y 37 795 toneladas, presentando un descenso del 45,3 % con respecto al periodo 2007-2010 (FAO/Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2015). Las capturas han variado desde un mínimo de 9136 toneladas en 1983, a un máximo de 121 192 toneladas en 1997; aunque los registros de desembarco para el 2017 fueron de 138 106,1 toneladas, se conoce que el 81 % de las poblaciones ícticas objeto de aprovechamiento en el Pacífico están por encima del límite de rendimiento máximo sostenible (RMS). Por ello, la OCDE (2014, 13), consignó en un documento de evaluación avalado por Colombia que:

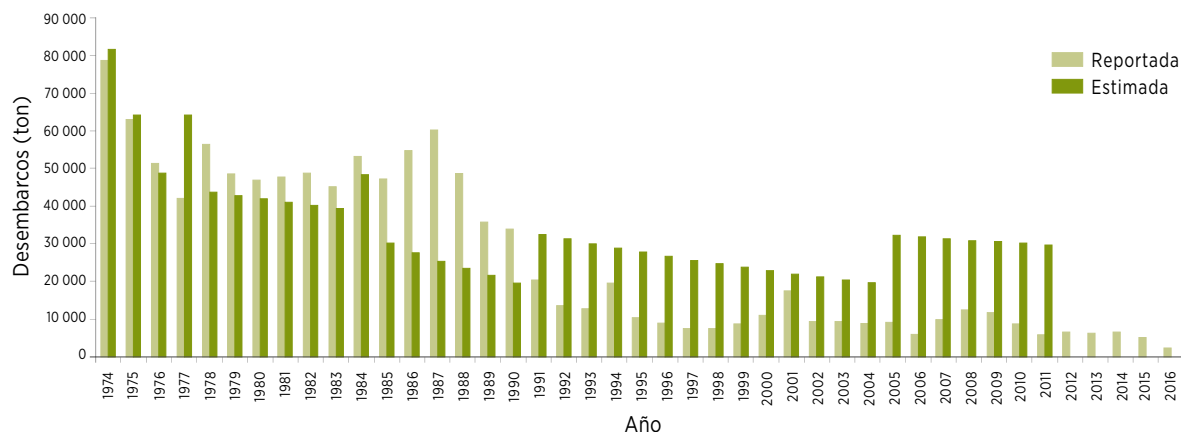


Los recursos en gran medida son sobreexplotados y más de la mitad de las especies marinas para las que se encontró información para este estudio son sobreexplotadas. Un tercio de estas especies son plenamente explotadas; es decir, capturadas en la vecindad del rendimiento máximo sostenible (RMS), siendo como indicador el máximo anual de capturas que pueden ser tomadas de manera sostenible de una población de peces sin comprometer la productividad de esa población. Las reservas sobreexplotadas y plenamente explotadas en Colombia constituyen, por tanto, las existencias de la inmensa mayoría de las poblaciones actualmente capturadas, estableciendo que la pesquería de atún aleta amarilla del mar Caribe es la única población de captura en donde puede preverse crecimiento.

Las pesquerías en aguas continentales están en circunstancias aún más críticas y representa, en promedio, el 30 % del total de biomasa extraída —ambientes marinos y dulceacuícolas—. A manera de ejemplo, en 1976 el potencial pesquero de la cuenca del río Grande de La Magdalena se estableció entre 80 000 y 120 000 toneladas/año, representado por 26 especies comerciales de un total registrado de 167. La producción ha disminuido el 85 % entre 1974 y 2017, y 30 especies —81 en todas las cuencas— con algún grado de amenaza. En la década de los setenta la cuenca aportaba entre el 77 % y el 95 % de la pesca continental y respecto a toda la pesca nacional registrada ha pasado del 69,0 % al 15,12 % en 2017 (Figura 7.3).

Igual ocurre en la cuenca del Atrato, que en el 2001 registró producción de casi 5000 toneladas/año, pero las aproximaciones al estado de los recursos pesqueros denotan que las poblaciones parecen haber llegado a su rendimiento máximo sostenible; con la cuenca del río Sinú, que producía 2000 toneladas/año, tiene todas sus poblaciones ícticas objeto de aprovechamiento sobreaprovechadas, debido a prácticas como el uso indiscriminado e ilegal de artes y aparejos de pesca y capturas por debajo de las tallas mínimas legales. Sin embargo,

Figura 7.3.
Distribución
anual de los
desembarcos
pesqueros
—observados y
estimados— en
la cuenca del
río Grande de la
Magdalena.
Fuente: reporte de la
Autoridad Pesquera
Nacional (Informes
anuales 1995-2015) y
Barreto (2017).



la cuenca ha tenido el mejor proyecto de repoblación nacional con más de 130 millones de alevinos entre el 2005 y el 2019. La Orinoquia posee estimaciones de captura por unidad económica de pesca (UEP) que varían entre los diferentes ríos, con cifras entre 60 kg/ UEP/día y 5,66 kg/UEP/día. Para el período 1995-2009, los registros indican que los desembarcos anuales variaron entre 7742 y 1024 toneladas/año, se comercializan 68 especies, siendo 10 las más importantes. Se destacan amenazas a la biodiversidad debido a las actividades antrópicas en la región como la pérdida de la cobertura boscosa reemplazada por cultivos para la ampliación de la frontera agrícola, considerada la de mayor impacto negativo sobre las poblaciones de peces bajo aprovechamiento. Si bien los desembarcos pesqueros —todos a la baja— han permanecido estables en los últimos cuatro años, su sostenibilidad depende fundamentalmente de la conservación de los ecosistemas de la cuenca.

En cuanto a la cuenca del Amazonas, los peces son una muy importante fuente de alimento y de lucro. En la pesca de subsistencia se utilizan más de 100 especies y los ribereños ingieren entre 100-500 g diarios de pescado, de acuerdo con el lugar donde habiten, mientras que en la pesca comercial menos de 30 especies son las responsables por la

dinámica socioeconómica que incorpora zonas pesqueras colombianas y de países vecinos. Esta pesca se sustenta, especialmente, sobre bagres pimelódidos y algunos carácidos. La región pesquera más importante se ubica en Leticia (Amazonas) e influencia regiones fronterizas y nacionales de Colombia con Brasil y Perú, estimándose un intercambio comercial de primera compra de USD 7 millones anuales. El análisis de los estudios —incluyendo variables biológicas y pesqueras en bagres de la familia Pimelodidae, así como el componente humano y económico de esta actividad en la frontera con Brasil y Perú—, en un periodo de diez años, han arrojado resultados alarmantes debido a la alta proporción de peces capturados por debajo del tamaño mínimo permitido por la legislación pesquera colombiana. Agudelo (2015), apoyado en las características del ciclo biológico, parámetros de crecimiento y mortalidad del bagre *Brachyplatystoma rousseauxii* en la zona de frontera Colombia-Brasil, determinó altos índices de mortalidad por pesca —lo cual es un indicativo de la alta presión sobre ese recurso—, con altas tasas de explotación —0,63 a 0,72—. El modelo estimó que el desembarque total seguirá disminuyendo durante los próximos años, pues la producción media estará pasando de 0,38 toneladas/km² alcanzadas durante los mejores años de la pesquería (período 1997-2006), para llegar a una cifra cercana a las 0,16 toneladas/km² en el período 2026-2035.

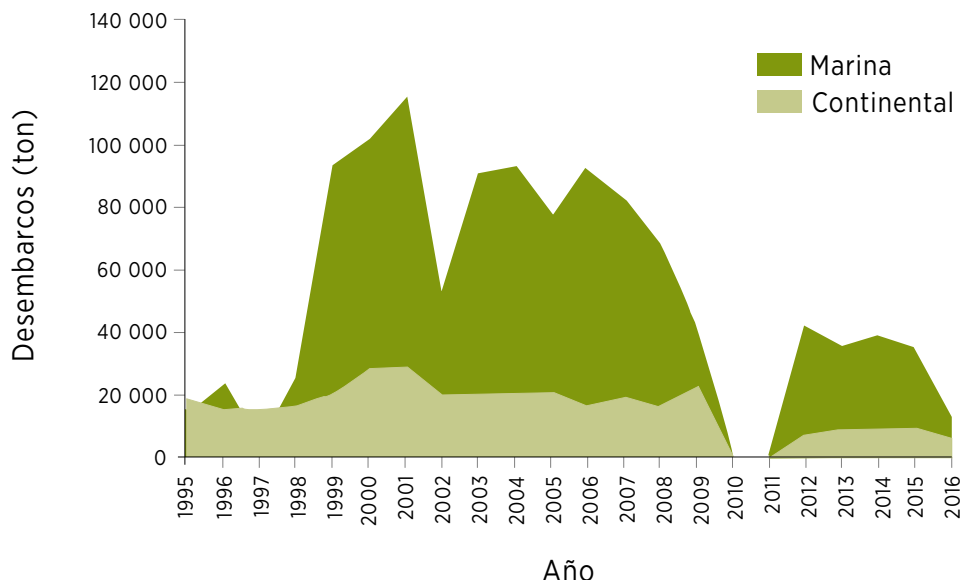
Lo anterior concuerda con lo identificado por la FAO y el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (2015) en el documento de la *Política integral para el desarrollo de la pesca sostenible en Colombia*; por la OECD (2014-2016), y por el Institute for Marine Research-Norway (2018), que señalan que entre las consecuencias comunes a todos los subsectores de la pesca se destacan la baja productividad y competitividad, la baja rentabilidad y la disminución en la abundancia de los recursos pesqueros. Sobre este último aspecto, el Invemar (2012) afirma que existe evidencia de que la pesca y la acuicultura tienen un efecto adverso sobre la biodiversidad acuática debido a la sobreexplotación, la pesca ilegal no declarada y no regulada, el uso de equipos de pesca no selectivos y las descargas de nutrientes, generando que un tercio de las

Figura 7.4. Distribución anual de la pesca de captura en ambientes marinos y continentales de Colombia.

Fuente: reporte de la Autoridad Pesquera Nacional (Informes anuales 1995-2015).

especies con que se cuenta información están plenamente explotadas; es decir, capturadas en la vecindad del rendimiento máximo sostenible (Figura 7.4).

La acuicultura nacional, al igual que a nivel global, se ha conver-



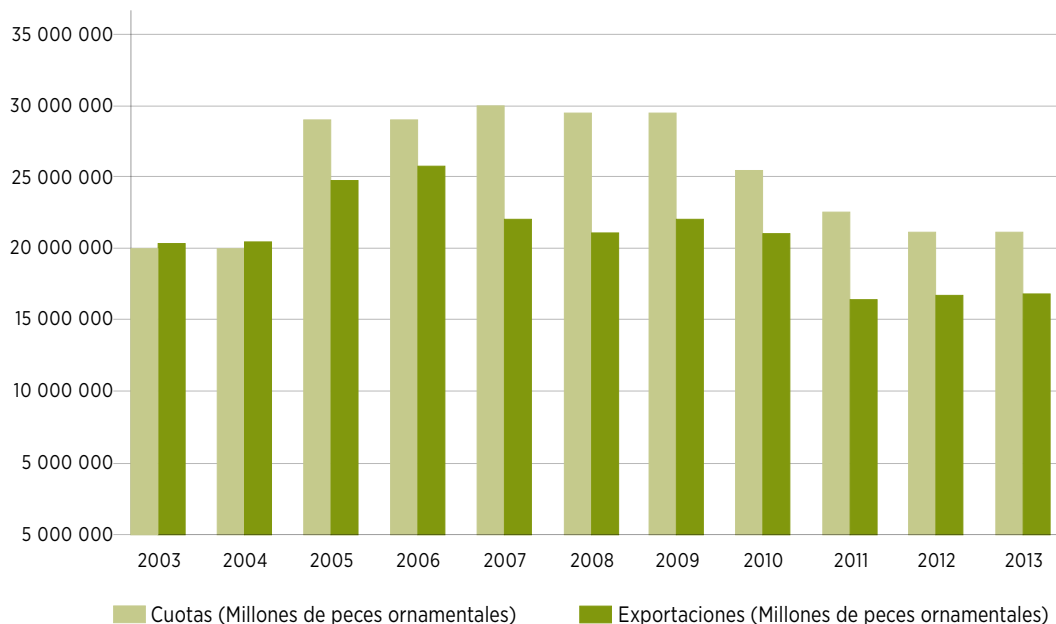
tido en un frente productivo, contribuyendo en el 2002 con el 36 % del total de la producción pesquera nacional; en el 2011 con el 48 % —82 733 toneladas—, y en el 2017 con el 53 % —120 000 toneladas—, cifra superior a la producción pesquera de las aguas continentales (AUNAP, 2013): aporta al consumo interno el 80 % de su producción. No obstante, esto no necesariamente alcanza para superar la crisis productiva por la que atraviesan los recursos tanto marino-costeros, como insulares y continentales. Para el 2018, por ejemplo, aunque la producción nacional pesquera estuvo en las 230 000 toneladas/año,

se importaron entre 100 000 y 150 000 toneladas/año para satisfacer el consumo, que los más optimistas sitúan en 10 kg/per cápita/año (350 000 toneladas/año). El valor de la producción acuícola ronda la cifra de los USD 222 millones de dólares anuales (FAO y Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2015; Polanco, 2018).

La pesca ornamental es fuente de ingresos de comunidades locales con índices de pobreza muy altos y marginadas de otros tipos de sistemas productivos, que literalmente “viven en la otra Colombia”. Según la FAO, respecto a la acuicultura mundial el país se sitúa en la posición 72 entre los 229 países para los que se reporta información, aportando al PIB nacional el 0,7 %. En los últimos veinte años se han exportado, a nivel mundial, alrededor de 370 millones de individuos, con valores de exportación que ascienden a USD 12,5 millones anuales. Colombia aporta el 5 % de dicho comercio que, según la FAO, se estima en más de USD 900 millones al mayoreo y en USD 3 billones al menudeo —creciendo a tasas anuales del 14 %—, en la transacción de 1,5 mil millones de individuos, con una cadena de comercialización que representa un margen de ganancia neta al vendedor final del 200 % —para el caso colombiano del 70 %—respecto al acopiador inicial. A nivel global los peces ornamentales provienen el 90 % de cultivo y el 10 % de los ecosistemas naturales, mientras en Colombia la situación es la contraria (FAO y Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural; 2015).

Permitir que se agudice la crítica situación pesquera significa la afectación de la seguridad alimentaria y la socioeconomía de entre 67 000 y 150 000 pescadores artesanales. Se tienen alrededor de 10 000 a 15 000 puestos de trabajo directamente vinculados a la pesca industrial, para un total de 1,5 millones de personas empleadas de manera directa o indirecta por las actividades pesqueras, que representan el 5 % del empleo nacional (Figura 7.5).

Figura 7.5. Cuota asignada vs. exportaciones de unidades de peces ornamentales para el periodo 2003-2013. Fuente: FAO y Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (2015). Barra azul: cuota; Barra roja: exportación.



7.6 Salud de los ecosistemas

El panorama de la salud de los ecosistemas terrestres, marinos y continentales no es propiamente el mejor, y las tendencias hacia una mejora no son halagadoras. La contaminación de nuestros océanos es un peligro para los cientos de ecosistemas marinos, y solo hasta ahora tenemos conciencia, por ejemplo, de la contaminación por plásticos: estudios han demostrado que el 88% de la superficie de los océanos está contaminada con plástico. Esta problemática, que ya lleva años, abarca también los ríos que desembocan en los mares (Naciones Unidas, 2017). Los residuos sólidos como bolsas, espuma y otros desechos vertidos en los océanos —desde tierra o desde barcos en el mar— acaban siendo, con frecuencia, alimento de mamíferos marinos, peces y aves que los confunden con comida, con consecuencias desastrosas. Las redes de pesca abandonadas permanecen a la deriva durante años, y

muchos peces y mamíferos acaban enredados en ellas. En algunas regiones, las corrientes oceánicas arrastran billones de objetos de plástico y otros residuos en descomposición hasta formar remolinos gigantescos de basura (Compromiso RSE, 2016).

El mundo se comprometió en Nairobi a acabar con la contaminación al cierre de la Asamblea de la ONU para el medio Ambiente, donde se registraron casi 2,5 millones de promesas de gobiernos, sociedad civil, empresas e individuos que potencialmente mejorarán la vida de millones de personas en todo el planeta. Si se cumplen todos los compromisos asumidos en la cumbre, 1490 millones más de personas respirarán aire puro, 480 0000 kilómetros de costas en el mundo estarán limpias y se dispondrá de 18,6 millones de dólares para la investigación y el desarrollo de programas innovadores en contra de la contaminación (Naciones Unidas, 2017).

En la Asamblea también se aprobaron 13 resoluciones no vinculantes y tres decisiones; entre ellas, medidas para enfrentar la basura marina y los micro plásticos, prevenir y reducir la contaminación del aire, eliminar el plomo de la pintura y las baterías, proteger los ecosistemas hídricos y controlar la polución en las zonas afectadas por los conflictos y el terrorismo (Naciones Unidas, 2017).

Respecto a los ecosistemas continentales, la Convención Ramsar (2018, 3) se refiere al estado de estos ecosistemas de manera general:

Los humedales naturales sanos y en funcionamiento son fundamentales para los medios de subsistencia humanos y el desarrollo sostenible. Si bien a escala mundial todavía cubren una superficie mayor casi tan grande como Groenlandia, los humedales están disminuyendo rápidamente, con pérdidas del 35 % desde 1970, en los casos en que se dispone de datos. Por consiguiente, las plantas y los animales de los humedales están en situación de crisis, con una cuarta parte de las especies en peligro de extinción. La calidad de los humedales restantes también se ve afectada por el drenaje, la contaminación, las especies invasoras, el uso

no sostenible, la perturbación de los regímenes de los flujos y el cambio climático. Sin embargo, los servicios ecosistémicos de los humedales, que van desde la seguridad alimentaria hasta la mitigación del cambio climático, son enormes y superan con creces a los de los ecosistemas terrestres.

7.6.1 Salud de los ecosistemas marino-costeros e insulares

Colombia no está lejos de la situación mundial relacionada con que la contaminación en los mares y océanos proviene de actividades realizadas en tierra, de ahí que, según el índice de *Ocean Health*, Colombia ocupe el puesto 192 entre 221 países con zonas económicas exclusivas (Figura 7.6).

Desde el punto de vista ambiental se puede decir, respecto a la disminución de los recursos acuáticos —ecosistemas y poblaciones de organismos—, que se cuenta con evidencias de que la degradación de zonas de desove y cría —tanto para aguas continentales como marinas—, obedece al uso de artes no selectivos, métodos de pesca inadecuados, la deforestación, la sedimentación, la inadecuada cobertura de los servicios de saneamiento básico, la contaminación agrícolas, industrial y minería de fuentes hídricas por bioacumulación y biomagnificación de metales pesados en peces, coliformes termotolerantes, descargas de fosfatos, de sólidos suspendidos, de hidrocarburos etc., situaciones que si bien han sido reportadas y consignadas en los diagnósticos, no se han asumido con la debida seriedad y responsabilidad, quedando simplemente como un relato. Por ello, la gestión prudente de los ecosistemas y sus recursos es una característica clave del futuro sostenible. Sin embargo, en la actualidad, existe un continuo deterioro de las aguas costeras, debido a la contaminación y la acidificación de los océanos, que está teniendo un efecto adverso sobre el funcionamiento de los ecosistemas y la biodiversidad. En la Tabla 2, se consignan los impactos sobre los ecosistemas y sus recursos, procedentes de diversas actividades.

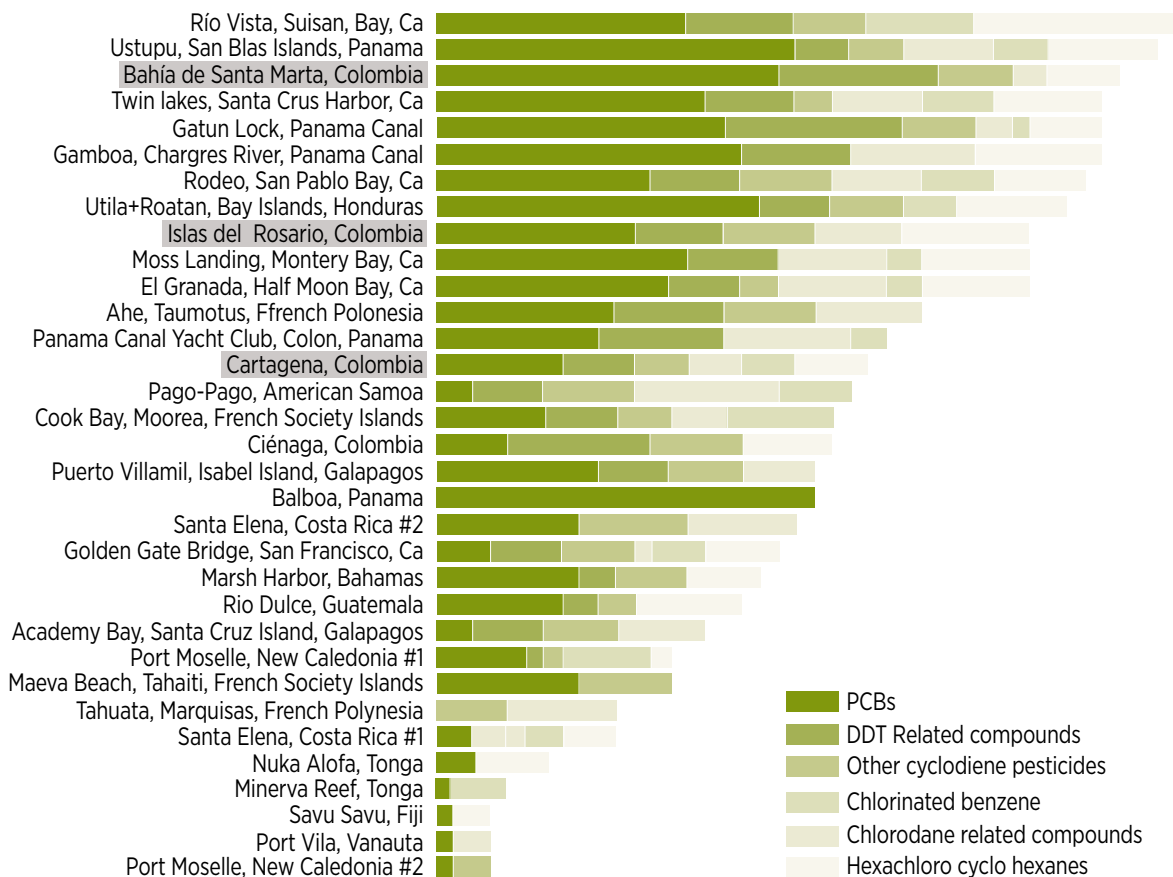


Figura 7.6. Cuantificación de contaminantes asociados a las actividades agronómicas y agroindustriales con énfasis en tres puntos de muestreo (recuadros sombreados): Ciénaga Grande de Santa Marta, Islas del Rosario y Bahía de Cartagena Fuente: Invemar (2013).

Como resultado de los impactos medioambientales y de aprovechamiento de recursos hidrobiológicos —marino-costero, insular y acuático continental—, 176 especies tienen algún grado de amenaza. Por ello, la gestión prudente de los ecosistemas y sus recursos es una necesidad clave para un futuro sostenible.



Tabla 7.2. Porcentaje de afectación sobre los grupos funcionales a partir de las actividades económicas:

Fuente: Modificado de Invemar (2013).

ACTIVIDADES ECONÓMICAS	Porcentaje de afectación sobre grupos funcionales								
	Manglares	Moluscos	Corales	Crustáceos	Peces óseos	Reptiles	Mamíferos	Peces cartilaginosos	Pastos marinos
Agricultura	46%	5%	37%	1%	7%	2%	2%		
Actividad minera	3%	1%		1%	92%			3%	
Poblaciones humanas y patrones de asentamientos humanos	43%	5%	26%	2%	4%	17%	3%		
Puertos y transporte marítimo	35%		46%				5%	2%	12%
Turismo y recreación	17%		78%				5%		
Pesca y acuicultura	10%	7%	26%	5%	20%	17%	2%	13%	

7.6.2 Salud de los ecosistemas continentales

El 24 % de los sistemas de agua dulce presentan algún grado de transformación por acciones humanas, siendo los humedales los más afectados —Ciénaga Grande de Santa Marta, el valle medio del río Grande de La Magdalena, el valle del río Sinú, el San Jorge, el Atrato, el valle del río Cauca y el altiplano de Bogotá—. El Instituto Nacional de Salud (2011) señaló que la mitad de los

departamentos del país registran aguas contaminadas por vertimientos de origen doméstico e industrial que reciben de las áreas más pobladas del país —que son utilizados para el consumo humano—, que presentan resultados críticos en todas las variables, principalmente demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5) y oxígeno disuelto (OD), entre otras.

El impacto generado por la actividad agrícola intensiva es preocupante ya que, según el mismo estudio, se estima un consumo de 25 000 ton de ingredientes activos (IA) en los últimos 25 años, que representa una intensidad de uso cercana a 6 kg de IA/ha cultivada. El número de estas sustancias que han sido sintetizadas es ya del orden de algunos miles, y en Colombia se utilizan actualmente alrededor de 300 ingredientes activos diferentes en casi un millar de formulaciones.

De acuerdo con el informe del control de la calidad del agua en Colombia (Superintendencia de Servicios Públicos, 2003), de un total de 231 municipios evaluados, solo al 18% se le suministró agua apta para el consumo humano, es decir, 189 municipios recibieron agua no potable. De las pruebas analizadas se concluye que el 95 % del agua que se consume en el país no cumple, en su mayoría, con los parámetros biológicos y fisicoquímicos de calidad.

En el país, el caudal de aguas residuales generado por los centros urbanos es de $67\text{m}^3/\text{s}$, en donde Bogotá representa más del 15,3 %, Antioquia el 13 %, Valle del Cauca el 9,87 %, y los demás departamentos menos del 5 % (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Territorial, 2010). A ello debe sumarse la contaminación orgánica por adición de fósforo y/o nitrógeno; la materia orgánica generada por las actividades industriales —que en el 2008 fue de 639 765 toneladas/año, siendo las actividades de fabricación de papel, cartón y productos de papel, la elaboración de productos alimenticios y bebidas, y la fabricación de sustancias y productos químicos las que mayor carga generaron (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Territorial, 2010; Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2012). Este tipo de contaminación es reconocida hoy como una de las causas más importantes de pérdida de los servicios ecosistémicos (Rockström *et al.*, 2009; Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2012), al producir eutrofización de las

aguas, disminución del oxígeno disuelto (OD), cambios drásticos en la acidez, malos olores, crecimiento incontrolado de plantas acuáticas y toxicidad por la presencia de algas cianofíceas tóxicas.

En conclusión, a nivel nacional el 95 % de las aguas residuales domésticas y agrícolas, y el 85 % de las industriales, se vierten sin ningún tratamiento a cuerpos de agua. Esto crea una reducción del OD degradando los ecosistemas, la fauna y la flora; aporta virus y bacterias —a través de las heces humanas— que generan afectación a la salud —como eventos de cólera en épocas de sequía—; reducción de la productividad biológica; pérdida de productividad de tierras aledañas por riego contaminado, y elevados costos en la potabilización del agua. A lo anterior debe sumarse la contaminación por hidrocarburos y por metales pesados —por ejemplo, en la Orinoquia, donde Trujillo *et al.* (2010), reportan hasta 1,30µg/g en el tejido muscular de peces, superando el límite permisible de la OMS para la salud humana de 0,50µg/g. En la cuenca media del río Bogotá se registra una carga cercana a los 900 kg/día, siendo los principales metales el cromo (430 kg) y el zinc (410 kg) (Ideam, 2004). Respecto al zinc en sedimentos, entre las corrientes más afectadas está el río Risaralda (municipio de La Virginia) y el río Negro (Puerto Salgar) (MAVDT, 2010). Igual ocurre en el complejo de humedales de la Depresión Momposina y en algunos sectores mineros del río Cauca, donde se reportan valores de hasta 0,25 mg/kg (Silva *et al.*, 2010). En esta misma región se presentaron también niveles elevados de mercurio en peces de amplio consumo humano, con concentraciones en sus tejidos que varían en el rango de 0,02 a 2,67 mg/g. En general, son por lo menos 30 las especies que poseen registros de mercurio en sus tejidos por encima de los límites permisibles, especialmente localizadas en las cuencas de los ríos Amazonas, Atrato, Bogotá, Cauca, Grande de La Magdalena y San Jorge (Gómez *et al.*, 1995; Silva *et al.*, 2010). La minería en Cauca (Antioquia) generó, en 1998, aportes en mercurio metálico de 270 kg/día y de 9553 t/día en sedimentos (Pulido, 1985; Universidad de Antioquia, 1988). Al medio natural la minería vierte al año 205 toneladas de mercurio, según lo estableció el Ideam, lo que hace que Colombia ocupe el segundo lugar, a nivel mundial, con mayor contaminación

de mercurio tanto en aire como en agua. Además, la actividad de extracción de oro descarga entre 50 y 100 toneladas de mercurio al ambiente, lo que le da al país el primer puesto como mayor contaminador con mercurio per cápita del mundo (Veiga, 2010).

7.7 El capital humano y su formación

De acuerdo con el Sistema Nacional de Información de la Educación Superior, Colombia cuenta con 119 programas —activos y reconocidos— de formación superior en las áreas de biología, ecología, ciencias ambientales y afines, ofertados por 53 instituciones de educación superior —68 programas de pregrado y 51 de posgrado—; y entre el 2001 y el 2017 se graduaron 27 818 estudiantes — pregrado y posgrado— de Biología, Ecología, Ciencias Ambientales y afines, lo cual significa que, potencialmente, existiría capital humano para desarrollar las actividades en las áreas propias del foco (SNIES, 2019).

7.8 La producción científica y la infraestructura científica y tecnológica

La producción científica colombiana —para todas las áreas de conocimiento en *journals* indexados en *Scopus*— osciló entre 587 artículos científicos para 1996 y 12 651 para 2018. Esto demuestra la evolución e impacto de la producción científica colombiana en todas las áreas de conocimiento. En este contexto, para las áreas de agricultura y ciencias biológicas, en *Journals* indexados en *Scopus* los artículos científicos oscilaron entre 108 (1996) y 1 498 (2018) (<https://www.scimagojr.com/>).

Respecto a la producción científica para las áreas de bioquímica, genética y biología molecular, en *journals* indexados en *Scopus*, osciló entre 93 artículos científicos para 1996 y 896 para 2018. Esto demuestra que en este

periodo de tiempo la evolución de la producción científica colombiana —en esta área de conocimiento— ha aumentado notablemente (<https://www.scimagojr.com/>). En ciencias ambientales, por ejemplo, la publicación en *Journals* indexados en *Scopus* osciló entre 34 artículos en 1996 y 799 en 2018 (<https://www.scimagojr.com/>).

Ahora, de acuerdo con el *Libro Verde* de Colciencias 2030 (Colciencias, 2018), la producción científica colombiana, entre el 2007 y 2016, se resume en: 717 publicaciones en el área de Vida de ecosistemas terrestres, 620 publicaciones sobre Acción por el clima, 498 publicaciones sobre vida submarina —frente a 104 312 publicaciones sobre vida submarina a escala global para el mismo periodo de tiempo—.

La infraestructura tecnológica —equipos, laboratorios y suministro de elementos— puede considerarse buena, aunque se hace necesaria dotación de última tecnología, reconociéndose que eso es viable a través de los proyectos financiados a nivel nacional, de la cooperación internacional, de donaciones, y de la firma de convenios de cooperación; pero fundamentalmente, como se identificó en los foros regionales, a través de la cooperación interinstitucional, con el fin de evitar la repetición de investigaciones —que puede implicar, además, el no abordaje de temáticas que permitan llegar a completar la solución de una problemática a la mayor brevedad—.

7.9 El marco normativo, políticas públicas, la institucionalidad y la gobernanza

El Decreto-Ley 2811 de 1974 —Código de los Recursos Naturales Renovables y Protección del Medio Ambiente—; los decretos 622 de 1977 —Sistema Nacional de Áreas Protegidas—, 1608 de 1978 —Reglamentario en materia de Fauna Silvestre—, 1681 Reglamentario en materia de Recursos Hidrobiológicos—, y la Constitución Política de 1991 con su más de 46 artículos relacionados con la conservación del patrimonio natural, constituyen la base de la normatividad ambiental en Colombia. Posteriormente vienen la

Ley 99 de 1993 –Sistema Nacional Ambiental– que recogió mandatos de la Constitución Política de 1991; el Decreto 309 de 2000 –que reglamenta la investigación científica sobre diversidad biológica–; y la Decisión Andina 391 de 1997 –Régimen común sobre acceso a los recursos genéticos–.

A su vez, son aproximadamente 120 los tratados internacionales relacionados directa o indirectamente con el medio ambiente y la diversidad biológica aprobados por Colombia, con una parte importante dedicados a la regulación en cuestiones marinas (Invemar, 2000): 24 son los temas incluidos dentro de las cinco áreas temáticas del Mandato de Jakarta: (1) manejo integrado de las zonas costeras; (2) uso sostenible de los recursos vivos marinos y costeros; (3) áreas protegidas marinas y costeras; (4) maricultura, y (5) especies invasoras, lo cual significa que tenemos obligaciones que no se pueden evadir: *Pacta sunt servanda*, lo pactado obliga.

Son también relevantes la *Política Nacional de Biodiversidad* (1996); la *Política Nacional Ambiental para el Desarrollo Sostenible de los Espacios Oceánicos y las Zonas Costeras e Insulares* (2000), que fue instrumentalizada a través del Decreto 1120 de 2013 (Reglamentación de las Unidades Ambientales Costeras (UAC); los *Lineamientos de la Política Nacional del Océano y de los Espacios Costeros* (2002); la *Política Nacional de Producción y Consumo Sostenible* (2010); la *Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico* (2010); la *Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos* (2012); el *Plan de Negocios Verdes* (2014); la *Política Nacional de los Océanos y los Espacios Costeros* (2000); *Plan Nacional en Bioprospección continental y marina* (2002); la *Política para el Desarrollo Comercial de la Biotecnología a partir del Uso sostenible de la Biodiversidad* (2011); la *Política para la Gestión Sostenible del Suelo* (2016); la *Política Nacional de Cambio Climático* (2016); la *Estrategia Integral de Control a la Deforestación y Gestión de Bosques - Bosques Territorio de Vida* (2016); los *Lineamientos de Política y Programa Nacional de Pago por Servicios Ambientales para la Construcción de Paz* (2017). Así mismo, la *Estrategia para la implementación de los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) en Colombia* (2017); los *Lineamientos de Política y Programa Nacional de Pago*



por Servicios Ambientales para la Construcción de paz, y la Política Nacional de Ciencia e Innovación para el Desarrollo Sostenible (Libro Verde; 2018); los Desafíos para el 2030 - Ciencia, tecnología, educación y medio ambiente (2018), y, finalmente, el Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022, Pacto por Colombia, Pacto por la Equidad.

Se puede decir que si la normatividad fuera objeto de gobernanza y gobernabilidad por parte de la institucionalidad, no se estaría frente a los diagnósticos consignados en la parte anterior. Es conveniente anotar que algunas reformas de la normatividad son necesarias ya que, en algunos casos, estuvieron mal concebida y/o redactadas, o no se convocaron las partes interesadas e involucradas en los diversos temas. Además, porque en la práctica algunas generan dificultades y restricciones para la investigación básica, aplicada y la tecnología, debido, por ejemplo, a cambios en las metodologías científicas, entre otras, mientras que la normatividad parece escrita en piedra: no se puede cambiar ni adaptar a las nuevas realidades del país sin pasar por un tortuoso camino legislativo.

7.10 Proyectos y misiones emblemáticas

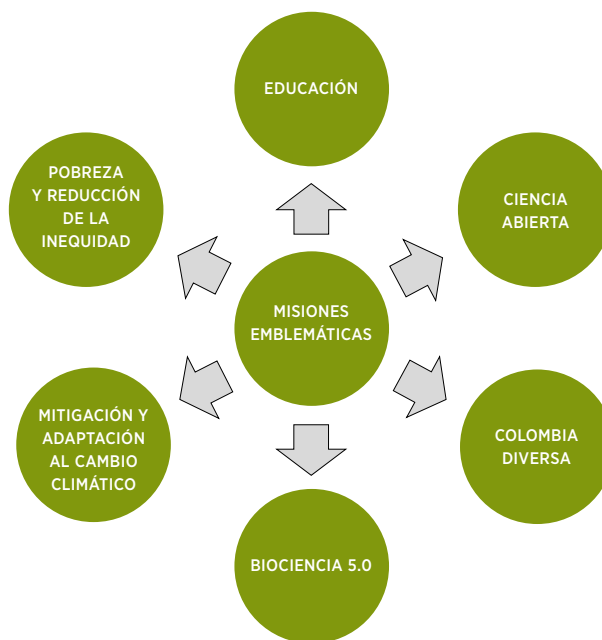
Bajo un escenario de 10 a 15 años, es relevante, en primera instancia, considerar las políticas nacionales y los compromisos internacionales suscritos respecto a los océanos, los humedales y la diversidad biológica marino-costeras, oceánicas, continental y de humedal, teniendo en cuenta los que se puedan acordar bajo el auspicio de las Naciones Unidas para la Década de los Océanos. Es válido resaltar que Colciencias, dentro del Programa Nacional de CTEI en Ciencias del Mar y Recursos Hidrobiológicos –Líneas de Investigación Priorizadas Plan Estratégico 2020-2030–, en septiembre del presente año estableció 25 líneas de investigación, por lo que la labor del foco Océanos y Recursos Hidrobiológicos, parece perder su valía, máxime cuando fue Colciencias quien lideró y acompañó el proceso de la Misión de

Sabios que, en principio, era una apuesta 2020-2035. A pesar de lo anterior, el foco temático propone una serie de proyectos y misiones emblemáticas que buscan dar cumplimiento su objetivo y que responden al diagnóstico realizado en el presente documento (Tabla 7.3).

- Generar propuestas metodológicas y de contenido para lograr una educación en las ciencias naturales y las matemáticas, moderna e incluyente, apoyada en un esquema de formación tecnológica e investigativa participativa en los colegios y centros de formación.
- Impulsar la transformación cultural e investigativa de las nuevas generaciones colombianas.
- Fortalecimiento del recurso humano a los niveles locales y regionales en temas ambientales y de las ciencias del mar y la limnología.
- Incorporar investigadores doctorales extranjeros a la solución de problemas científicos de océanos y recursos hidrobiológicos colombianos.
- Ampliar las bases del conocimiento de la biodiversidad continental y marina.
- Inventariar, conocer, monitorear y actualizar los recursos hídricos y su calidad.
- Impulsar una Política de datos abiertos.
- Fortalecer la infraestructura instalada para el monitoreo de la atmósfera, hidrósfera y geósfera: incluyendo los mecanismos de uso, lo que implica definir: (1) las bases fundamentales para la creación de la Política Nacional de Uso de Buques Blancos; (2) 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, (3) fortalecer el sistema de museos y colecciones biológicas.
- Profundizar en el conocimiento ancestral de los pueblos del mar y sus diferentes interacciones con la naturaleza y los recursos vivos en general, en aras de su conservación y uso respetuoso a través de los siglos.

Tabla 7.3.
Proyectos emblemáticos propuestos por el foco de Océanos y Recursos Hidrobiológicos, desarrolladas al interior del documento.

Figura 7.7. Misiones emblemáticas definidas por la Misión Internacional de Sabios 2019, donde se insertan y correlacionan los diferentes proyectos emblemáticos de cada foco temático.



No obstante, la *Misión Internacional de Sabios*, en su conjunto, presenta seis grandes misiones emblemáticas, donde buena parte de estas propuestas del foco de Océanos y Recursos Hidrobiológicos se integran y se complementan con aquellas provenientes de otros focos temáticos.

Referencias

Agudelo, E. (2015). *Bases científicas para contribuir a la gestión de la pesquería comercial de bagres (familia pimelodidae) en la Amazonía colombiana y sus zonas de frontera*. Tesis Doctoral. Universitat Autònoma de Barcelona. Institut de Ciència i Tecnologia Ambientals. Barcelona, España.

- Alonso, D., Ramírez, L. F., Segura-Quintero, C., Castillo-Torres, P., Walschburger, T. y Arango, N. (2008). *Hacia la construcción de un subsistema nacional de áreas marinas protegidas en Colombia*. Santa Marta: Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (Invemar), Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Nacionales Naturales (UAESPNN), The Nature Conservancy (TNC).
- AUNAP. (2013). *Diagnóstico de la acuicultura en Colombia*. Bogotá, D. C.: Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca.
- Bundschuh, J., Litter, M. I., Parvez, F., Román-Ross, G., Nicolli, H.B. (2012). One century of arsenic exposure in Latin America: a review of history and occurrence from 14 countries. *Science of the Total Environment*, 429, 2-35.
- Bünemann, E. K., Schwenke, G. y Van Zwieten, L. (2006). Impacts of agricultural impacts on soil organisms – a review. *Australian Journal of Soil Research*, 44 (4), 379-406.
- Compromiso RSE. (2016). *¿Qué relación existe entre la salud de los océanos, la economía y el bienestar de la población?* [online] Disponible en <http://www.compromisorse.com/rse>.
- Ministerio del Medio Ambiente y DNP. (2002). *Documento Conpes 3164. Política Nacional Ambiental para el Desarrollo Sostenible de los Espacios Oceánicos y las Zonas Costeras e Insulares de Colombia. Plan de acción 2002-2004*. Bogotá, D.C.: Ministerio del Medio Ambiente DNP: DNP. Disponible en <https://cutt.ly/Tf8k7vJ>
- D'Odorico, P., Carr, J., Dalin, C., Dell'Aneglo, J., Konar, M., Laio, F., Ridolfi, L., Rosa, L., Suweis, S., Tamea, S. y Tuninetti, M. (2019). Global virtual water trade and the hydrological cycle: Patterns, drivers, and socio-environmental impacts. *Environmental Research Letters*, 14 (5). doi: 10.1088/1748-9326/ab05f4
- Davidson, N. C. y Finlayson, C. M. (2007). Earth Observation for wetland inventory, assessment and monitoring. *Aquatic Conservation Marine and Freshwater Systems*, 17 (3), 219-228. doi: 10.1002/aqc.846
- Davidson, N. C. y Finlayson, C. M. (2018). Extent, regional distribution and changes in area of different classes of wetland. *Marine & Freshwater Research*, 69 (10). doi: 10.1071/mf17377
- Davidson, N. C. (2014). How much wetland has the world lost? Long-term and recent trends in global wetland area. *Marine and Freshwater Research*, 65 (10), 934-941.
- Davidson, N.C. (2017). Wetland losses and the status of wetland dependent species. En Finlayson, C. M., Davidson, D., Milton, G. R. y Crawford, C. (Eds). *The wetland book: distribution, description and conservation*. Dordrecht: Springer.

- Davidson, N. C., Fluet-Chouinard, E. y Finlayson, C. M. (2018). Global extent and distribution of wetlands: trends and issues. *Marine and Freshwater Research* 69 (4), 620-627. doi.org/10.1071/MF17019
- De, A., Bose, R., Kumar, A. y Mozumdar, S. (2014). Targeted delivery of pesticides using biodegradable polymeric nanoparticles. Springer Briefs in Molecular Science. India: Springer. doi: 10.1007/978-81-322-1689-6
- Dixon, M. J. R., Loh, J., Davidson, N. C. y Walpole, M. J. (2016). Tracking global change in ecosystem area: The Wetland Extent Trends Index. *Biological Conservation*, 193, 27-35.
- Doney, Scott. (2010). The growing human footprint on coastal and open-ocean biogeochemistry. *Science*, 328, 1512-1516.
- EEA (2014). *Progress in management of contaminated sites*. Copenhagen: European Environment Agency.
- FAO y Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2015). *Política integral para el desarrollo de la pesca sostenible en Colombia*. Bogotá, D.C., FAO. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Cepal.
- FAO (2016). *Resumen de la Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales (FRA) 2015*. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
- FAO (2018). *El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2018. Cumplir los objetivos de desarrollo sostenible*. Roma. Licencia: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.
- Flury, M. (1996). Experimental evidence of transport of pesticides through field soils -a review. *Journal of Environmental Quality*, 25 (1), 25-45.
- Gómez Q. C. R. E. Martínez y E. Podlesky. (1995). III. Contenido de mercurio en varias especies de peces del río Magdalena y en harinas comerciales de pescado. *Biomédica*, 15 (3), 149-151.
- Gutiérrez, F., de P. (2012). *Los recursos hidrobiológicos continentales y marinos-costeros e insulares*. Doc. Borrador para el Plan Nacional de Recursos Acuáticos. Bogotá, D.C. Colombia.
- Gutiérrez, F., de P. (2014). *Los recursos hidrobiológicos continentales y marinos-costeros e insulares*. (Doc. Borrador) Actualización del inventario para el Plan Nacional de Recursos Acuáticos. Bogotá, D. C. Colombia
- Guzmán-Alvis, A. y Solano, O. D. (2002). Estado de los fondos blandos de la plataforma continental (pp.71-75). En Ospina-Salazar, G.H., Acero, A. (Eds.). *Informe del Estado de los Ambientes Marinos y Costeros en Colombia: año 2001*. Santa Marta: Invemar.



- Ideam. (2004). *Calidad del recurso hídrico de Bogotá*. Bogotá D. C.: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam).
- Ideam. (2007). *Ecosistemas continentales*. Bogotá. D.C.: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras “José Benito Vives De Andrés” (Invemar), Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas Sinchi e Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico John von Neumann (IIAP).
- Ideam. (2010). *Informe Anual sobre el Estado del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables en Colombia -Estudio Nacional del Agua 2010*. Bogotá. D.C.: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam).
- Ideam. (2013). *Zonificación y codificación de unidades hidrográficas e hidrogeológicas de Colombia*. Bogotá. D. C.: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam).
- Ideam. (2014). *Informe Nacional del Agua*. Bogotá. D. C.: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam).
- Institute for Marine Research-Norway. (2018). *Final report of the fact-finding mission to Colombia under the Norwegian fish for development programme*. Bogotá, D. C. Colombia.
- Invemar. (2000). *Programa Nacional de Investigación en Biodiversidad Marina y Costera*. Santa Marta: Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras “Benito Vives de Andrés” (Invemar).
- Invemar. (2012). *Informe del estado de los ambientes marinos y costeros en Colombia: 2000*. Serie Documentos generales 3. Santa Marta: Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras “Benito Vives de Andrés” (Invemar).
- Invemar. (2013). *Evaluación del estado del conocimiento de los recursos hidrobiológicos asociados a los ecosistemas marinos, costeros e insulares de Colombia*. Santa Marta: Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras “José Benito Vives de Andreis” (Invemar).
- Invemar. (2014). *Informe final diagnóstico de los recursos hidrobiológicos asociados a los ecosistemas marinos, costeros e insulares de Colombia*. Santa Marta: Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras “José Benito Vives de Andreis” (Invemar).
- Invemar. (2018). *Informe del estado de los ambientes y recursos marinos y costeros en Colombia, 2017*. Serie de Publicaciones Periódicas No. 3. Santa Marta: Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras “José Benito Vives de Andreis” (Invemar).

- IUCN. (2008). *La biodiversidad de agua dulce. Un recurso escondido y amenazado*. Red List. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. Disponible en <https://cutt.ly/Cf8ve5r>
- Luo, Y., Wu, L., Liu, L., Han, C. y Li, Z. (2009). *Heavy metal contamination and remediation in Asian agricultural land*. National Institute of AgroEnvironmental Sciences. Japan: MARCO Symposium.
- McIntyre, Alasdair D. (2010). *Life in the World's Oceans: Diversity, Distribution and Abundance*. Wiley-Blackwell.
- Maldonado-Ocampo, J. A., Vari, R. P. y Usma, J. S. (2008). *Checklist of the freshwater fishes of Colombia*. *Biota Colombiana*, 9 (2), 143-237.
- Ministerio del Medio Ambiente. (2002). *Política Nacional Ambiental para el Desarrollo Sostenible de los Espacios Oceánicos y las Zonas Costeras e Insulares de Colombia*. Bogotá, D. C. Colombia.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Territorial. (2010). *Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico*. Bogotá, D. C. Colombia.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2012). *Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos (PNGIBSE)*. Bogotá, D.C. Colombia.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible - Autoridad Nacional de Licencias Ambientales. (2014). *Manual de Compensaciones por Pérdida de Biodiversidad en Ecosistemas Acuáticos*. 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://cutt.ly/qf4tri2>
- Naciones Unidas. (2012). *Rio + 20. Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible. El Futuro que queremos*. Tema 10. Documento final de la Conferencia.
- Naciones Unidas. (2017). *Objetivos de Desarrollo Sostenible. El mundo se compromete a acabar con la contaminación en la Cumbre de Nairíobi*. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/2017/12/el-mundo-se-compromete-acabar-con-la-contaminacion-en-cumbre-de-nairobi/>.
- OCDE. (2012). *Water quality and agriculture: meeting the policy challenge*. OECD Studies on Water. Paris: OECD Publishing.
- OCDE. (2014). *Rebuilding Fisheries: The Way Forward*, OECD Publishing, <http://dx.doi.org/10.1787/9789264176935>.



- OCDE. (2016). *Pesca y acuicultura en Colombia*. Bogotá, D. C. Colombia.
- Pekel, J.-F., Cottam, A., Gorelick, N. y Belward, A. S. (2016). *High resolution mapping of global surface water and its long-term changes*. *Nature*, 540, 418-422.
- Polanco, O. (2018). *Entrevista con Otto Polanco*. Director de la Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca (AUNAP). Junio, 4, 2018. <https://www.elespectador.com/economia/colombianos-consumen-10-kilos-de-pescado-al-ano-articulo-792496>.
- Prigent, C., Papa, F., Aires, F., Jimenez, C., Rossow, W. B. y Matthews, E. (2012). *Changes in land surface water dynamics since the 1990s and relation to population pressure*. *Geophysical Research Letters*, 39 (8), L08403.
- Pulido, A. (1985). *Estudio de algunos parámetros ambientales de la explotación aurífera de Mineros de Antioquia en la cuenca del río Nechí: impacto ambiental preliminar*. Medellín: Universidad de Antioquia.
- 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.
- Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., Chapin III, F. S. Lambin, E., Lenton, T. M., Scheffer, M., Folke, C., Schellnhuber, H., Nykvist, B., De Wit, C. A. Hughes, T., van der Leeuw, S., Rodhe, H. Sörlin, S., Snyder, P. K. Costanza, R. Svedin, U., Falkenmark, M., Karlberg, L., Corell, R. W., Fabry, V. J., Hansen, J., Walker, B., Liverman, D., Richardson, K., Crutzen, P. y Foley, J. (2009). *Planetary boundaries: exploring the safe operating space for humanity*. *Ecology and Society* 14(2): 32. (online) URL: <http://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss2/art32/>.
- Sánchez-Páez, H., Ulloa-Delgado, G.A., Álvarez-León, R. (2000). *Hacia la recuperación de los manglares de Caribe colombiano*. Proyecto. PD 171/91 Rev. 2 (F) Fase II. Etapa II. Minambiente, Acofore, OIMT. Santafé de Bogotá. Colombia.
- Schroeder, R., McDonald, K. C., Chapman, B. D., Jensen, K., Podest, E. (2015). *Development and evaluation of a multi-year fractional surface water data set derived from active/passive microwave remote sensing data*. *Remote Sensing*, 7, 16688-16732.
- SiB- Colombia. (2019). Sistema de Información sobre Biodiversidad en Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos -IAVH- <https://sibcolombia.net/>
- Silva, J.D., H.G. Sarmiento, J. A. Castañeda, M. H. Murillo, G. Vanegas, L. Atencio, M. Viñas, A. Lara, R. Lara, M. Campo e I. García. (2010). *Plan de Manejo Integral de Humedales de la Subregión Depresión Momposina, parte baja de los ríos Cauca, Magdalena y San Jorge y Cuenca del río Sinú*. Magangué: CSB, CORANTIOQUIA, CORPAMAG, CVS, CORPOMOJANA y MAVDT.

- Trujillo, F., Lasso, C. A., Diazgranados, M. C., Farina, O., Pérez, L. E., Barbarino, A., González M. y Usma, J. S. (2010). *Evaluación de la contaminación por mercurio en peces de interés comercial y de la concentración de organoclorados y organofosforados en el agua y sedimentos de la Orinoquia* (Pp 338-355). En Lasso, C. A., Usma, J. S., Trujillo F. y Rial, A. (Eds). 2010. *Biodiversidad de la cuenca del Orinoco, bases científicas para la identificación de áreas prioritarias para la conservación y uso sostenible de la biodiversidad*. Bogotá, D. C.: Instituto de Investigación Alexander von Humboldt, WWF Colombia, Fundación Omacha, Fundación La Salle e Instituto de Estudios de la Orinoquia.
- Universidad de Antioquia. (1988). *Estudio del impacto ambiental por minería en el bajo Cauca y nordeste antioqueño*. Medellín: Universidad de Antioquia. Centro de Investigaciones.
- Veiga, M. (2010). *Antioquia, Colombia: El lugar más contaminado con mercurio en el mundo: impresiones de dos visitas de campo*. Vancouver: University of British Columbia.
- White, L. Jr. (1967). *The historical roots of our ecological crisis*. *Science*, 155 (3767), 1203-1207.



8. Foco de Tecnologías Convergentes e Industrias 4.0: una nueva Colombia hacia la convergencia tecnológica y la cuarta revolución industrial

Resumen ejecutivo

La convergencia de tecnologías es un proceso que puede incluir varias disciplinas, por ejemplo, diferentes ingenierías, química, física, biología, materiales, tecnologías digitales, y neurotecnologías, sectores y actores para crear nuevos conocimientos, capacidades y aplicaciones a escala con fines específicos.

Las tecnologías convergentes se refieren internacionalmente a la integración de tecnologías fundamentales y emergentes, tales como nanotecnología, biotecnología, tecnologías de la información y de la comunicación (TIC) y ciencias cognitivas (conocidas como NBIC), que utilizan arquitecturas similares. Esta integración requiere plataformas amigables y esenciales para la actividad humana. En general, estas tecnologías hacen referencia a la utilización masiva o multitudinaria y son la base para la cuarta revolución industrial. Esta revolución —que está ocurriendo actualmente y está modificando dramáticamente nuestro estilo de vida, el trabajo y el relacionamiento de los seres humanos y

de las empresas e instituciones—, está enmarcada por los progresos en manufactura avanzada, materiales inteligentes, química verde, sensórica, robótica, automatización, inteligencia artificial, realidad aumentada, internet de las cosas, computación en la nube, analítica masiva de inteligencia de datos, computación cuántica y muchos más.

El foco temático Nano-Bio-Info y Cogno (NBIC) e Industrias 4.0, ha planteado tomar acciones decididas para asegurarle a Colombia un rol en el contexto nacional e internacional en esta nueva revolución industrial, teniendo en cuenta a los colombianos de hoy y a las generaciones futuras, y generando propuestas para la construcción e implementación de una política pública sólida en Educación y CTeI.

Las propuestas del foco surgen de la descripción de la *Arquitectura crítica para la innovación y la oportunidad global*, que incluye cinco capas horizontales y siete pilares que atraviesan verticalmente cada una de las capas. La intención de estos pilares es resaltar las dependencias que definen hacia dónde debemos dirigir nuestros esfuerzos y recursos para traducirlos en acciones sostenidas de gran calado transformador. A partir de este esquema se ilustran propuestas del foco: (1) transformación del sistema educativo; (2) transformación digital del Estado; (3) identidad digital e infraestructura nacional para la conectividad digital, y (4) ecosistemas de innovación. Este foco contribuye a los ODS, a las misiones emblemáticas y a los retos propuestos por la *Misión Internacional de Sabios 2019: Colombia Biodiversa, Colombia equitativa y Colombia productiva y sostenible*.

Colombia está en un momento histórico, donde los avances de la convergencia tecnológica, combinados con el desarrollo urgente del talento humano que los pueda aprovechar, podrían representar una oportunidad única para dar ese salto en innovación que dé respuestas a los desafíos críticos del país, para exportar algunas de estas respuestas al ámbito global. El foco de Tecnologías Convergentes e Industria 4.0 contribuye a la misión “hacia un nuevo modelo productivo, sostenible y competitivo”, para que en el 2030 se dupliquen la producción de la industria manufacturera y las actividades profesionales científicas y técnicas, se aumente la participación de las industrias digitales hasta un 3 % en el PIB total, y para que se dupliquen la producción de

la agricultura y sus servicios profesionales, científicos y técnicos, a través del 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, emprendimientos y diversificación de la economía. El desafío será que estos beneficios no lleguen a unos pocos sino a la sociedad en pleno, en el marco de una economía moderna.

8.1 Contexto global

Nos estamos enfrentando a uno de los retos más desafiantes y a significativas oportunidades de la historia reciente, como resultado de una convergencia tecnológica a gran escala que genera nuevos descubrimientos científicos y, sobre todo, que 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 ciencias 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 ultra-personalización, 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 muchas 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. “La convergencia significa más que la simple coordinación de proyectos y grupos que hablan uno a otro a lo largo del camino”; ¿podría esta convergencia llevar a resultados más significativos que cualquiera de ellas individualmente? La respuesta a esa pregunta 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 en el país. 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, la investigación y la innovación, acompañados de una regulación moderna e inteligente, serán aquellas que puedan convertir este momento de cambio en un elemento de desarrollo.

8.2 ¿Qué significan la convergencia tecnológica y la cuarta revolución industrial? Conceptos básicos

La comprensión del significado de los términos “tecnologías convergentes” e “industria 4.0” se inicia al reconocer que ambas son producto de la dinámica de articulación de las ciencias básicas, y que su esencia no parte de la

conceptualización individual de cada una de estas, sino, por el contrario, de su convergencia. En sus primeros estadios, la convergencia tecnológica puede parecer un trabajo interdisciplinario corriente, pero en este momento de madurez se reconoce como el elemento que ha permitido recientes avances a un ritmo vertiginoso y con un impacto trascendental en varias y muy importantes áreas del conocimiento humano.

El término NBIC fue acuñado por primera vez en 2001, por Mihail C. Roco y William Sims Bainbridgen. A partir de allí, la *National Science Foundation* (NSF) ha acompañado de manera sistemática el desarrollo de la convergencia NBIC, a través de reportes publicados entre los años 2002 y 2016 (Roco y Bainbridge, 2002, 2005, 2013, 2016). El trabajo articulado de la nanotecnología, la biotecnología, las tecnologías de la información y las ciencias cognitivas, significa la confluencia de cuatro elementos fundamentales que constituyen en sí mismos los grandes pilares de las ciencias modernas: átomo, célula, bit y sinapsis neuronal. Así, más que convergencia tecnológica, podría decirse que se trata de la ciencia “unificada”, como lo afirman reiterativamente Roco y Bainbridgen (2002), creadores del concepto. A lo largo de este camino se encuentra que gracias a esta convergencia, temas que en el año 2001 eran apenas ideas retadoras —como la comunicación no invasiva cerebro-cerebro, el computador personal consejero (laptop-célula), medicina regenerativa, edición genética, bio-impresión 3D, nano-info-biomedicina o las prótesis conectadas al cerebro—, hoy tengan altos niveles de madurez.

El término “Industria 4.0” fue acuñado durante la Feria de Hannover de 2011, para describir la organización de los procesos de producción basados en dispositivos que se comunican entre sí, de forma autónoma, induciendo una mutación de la fábrica *standard* de hoy a la anhelada fábrica inteligente (Klaus, 2017). El término representa hoy mucho más que esto, pero va ligado a la comprensión de su impacto sobre la dinámica del momento histórico. La trascendencia de esta nueva forma de producir tiene un efecto global, y por ello se habla de una nueva revolución industrial. El adjetivo 4.0 extiende su aplicación más allá de la manufactura en áreas como las comunicaciones, la construcción, la agricultura, la salud y, en



esencia, incluye todas las industrias dado el potencial transformativo para todas ellas. En todos estos ámbitos la adopción de tecnologías digitales y su interacción a través de los dominios físicos, digitales y biológicos, trae consecuencias sorprendentes sobre la productividad y la calidad de los productos y servicios.

Algunos de los principales activadores de este proceso son los llamados sistemas ciberfísicos, definidos como entidades físicas —por ejemplo, una máquina, un vehículo o una herramienta de trabajo— equipadas con tecnologías RFID —identificación por radio frecuencia—, sensores, microprocesadores o sistemas IOT embebidos, y computación inteligente en la periferia (*Edge Computing*) (Klaus, 2017). De esta forma, cada entidad es capaz de producir y recolectar datos masivamente en tiempo real, sobre sí mismo o su entorno, procesarlos, evaluarlos, e incluso generar representaciones virtuales que pueden ser objeto de simulación u optimización para tomar decisiones que posteriormente activan el mundo físico. Todo esto significa un enorme control de la infraestructura de fabricación, de las líneas de producción o de las máquinas individuales (Bainbridge, 2016; WEF, 2016), integración de procesos de fabricación vertical y horizontal, y la conectividad con el producto. En resumen, el mundo digital impulsa el acto físico de la producción, maximizando su eficiencia y rendimiento. La autonomía en los procesos no solo está asociada a la capacidad de registro, monitoreo y toma de decisiones, sino al comportamiento mismo del sistema; la inteligencia artificial, alimentada constantemente por modelos masivos de datos, describe el fenómeno de autocorrección y autoaprendizaje del sistema (*Deep / machine learning*). Un último elemento de esta revolución tecnológica es la impresión digital. Detrás de este hecho físico está también la oportunidad de compartir diseños desde cualquier lugar del mundo y convertirlos, en tiempo real, en un elemento manufacturado. Se potencia así no solo la integración global sino la reducción de costos logísticos y diseños avanzados a través de tecnologías transformativas como realidad mixta, virtual y aumentada.

Reconocida la trascendencia de la convergencia científica o tecnológica, Roco (2016) describe la transición de esta idea desde lo que define como la



“convergencia reactiva” —basada en interacción interdisciplinaria ocasional—, hasta la convergencia como hecho natural y básico del trabajo, denominada por el autor como “convergencia sistémica”. A partir de estas definiciones se propone la figura 8.1 como esquema de la articulación de las áreas básicas de la convergencia tecnológica (NBIC) como eje central; los desarrollos tecnológicos son consecuencia de esta convergencia y están enmarcados en lo que conocemos como la cuarta revolución industrial. Finalmente, con la intención de caracterizar el impacto práctico en la generación de innovaciones transformativas, en el anillo de afuera se describen los escenarios resultantes de esta convergencia con su gran potencial para generar nuevo conocimiento y proponer modelos disruptivos para nuevos negocios y productos. Bainbridge (2016) reconoce este proceso como un llamado a la generación de un sistema de transformación técnica e intelectual, a través de la convergencia.

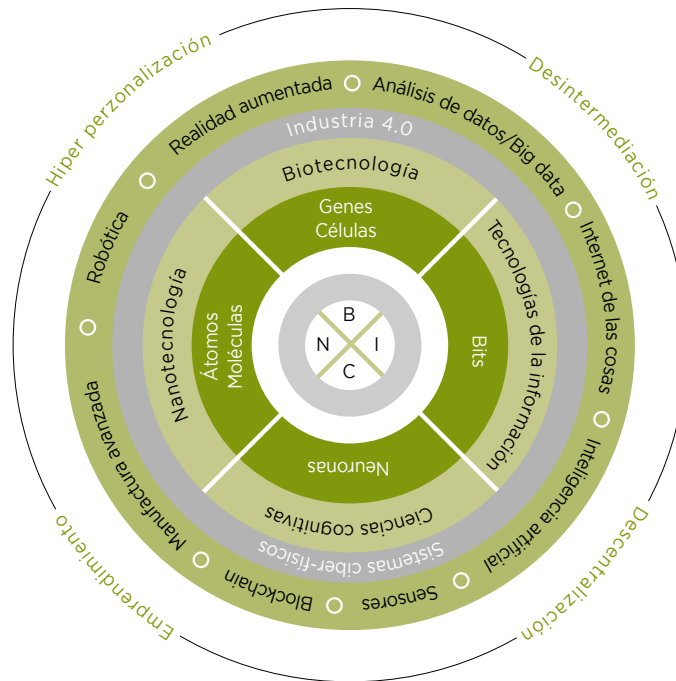


Figura 8.1 Las Tecnologías Convergentes NBIC como base de la cuarta revolución industrial y los escenarios que potencializan estas tecnologías.



8.3 Arquitectura crítica para la innovación y la oportunidad global

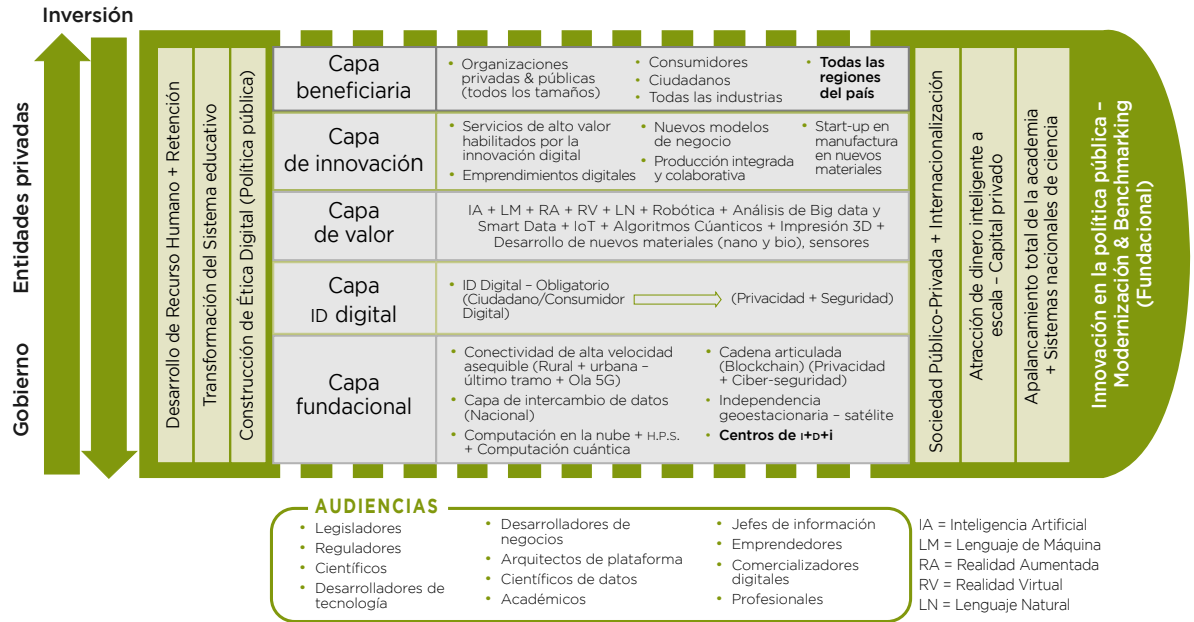
Desde este foco de la *Misión Internacional de Sabios 2019* se propone lo que se ha denominado *Arquitectura crítica para la innovación y la oportunidad global*, que reúne los elementos necesarios para posicionar a Colombia como una sociedad del conocimiento teniendo en cuenta la inversión inteligente, 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 8.2, donde se identifican 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 (SNCTEI), 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.

8.3.1 Capas horizontales

(1) *Capa fundacional*

Esta es la capa base necesaria para la construcción de un sistema que permita cerrar brechas en términos de equidad social. Sus elementos deben ser vistos como los motores indispensables para impulsar al país a nuevas fronteras de progreso, entendiéndola como infraestructura crítica, estrategia de país y precondition importante para realizar el potencial de valor de las tecnologías convergentes. De la misma manera en que son necesarias las carreteras, puentes, puertos, aeropuertos, redes de energía, etc., el desarrollo social y económico requiere una

Figura 8.2.
Arquitectura crítica para la innovación y la oportunidad global, donde se presentan claramente las cinco capas necesarias para la construcción de una sociedad basada en el conocimiento, y los pilares verticales necesarios para conseguirlo.



capa de intercambio de datos que permita al Gobierno ofrecer servicios digitales y posibilidades de intercambio de datos a todos los ciudadanos, así como capacidad de cómputo adecuada para la investigación de punta, infraestructura de privacidad y ciberseguridad. La independencia geoestacionaria es un elemento necesario para lograr este propósito nacional, con el fin de permitir el acceso a datos e información en todo el territorio nacional, especialmente en las zonas remotas y puntos estratégicos del país; esto presume la conectividad energética y de datos. La necesidad de un satélite de Colombia podría lograrse a través de la compra, arrendamiento o asociaciones público-privadas que permitan un acceso independiente a este nuevo medio. De igual manera, Colombia requerirá la transformación de la infraestructura existente tanto en la industria como en la academia. Esta transformación se debe realizar de tres maneras: (1) con una inversión significativa en infraestructura

que permitan la convergencia de las áreas NBIC; (2) con la generación y retención de talento humano capacitado para enfrentar los retos sociales actuales, y (3) con una nueva propuesta de articulación de centros de excelencia e institutos que sean capaces de impulsar la investigación y el desarrollo transaccional, conectando a instituciones académicas y al sector privado acompañados por socios estratégicos de todo el mundo en el espacio NBIC e Industrias 4.0.

(2) *Capa de identificación nacional digital (IND)*

Colombia debe comprometerse plenamente con una visión e implementación obligatoria de la capa de IND, como clave de avance hacia una sociedad digital altamente inclusiva. La IND es el “contrato social digital” para hacer realidad los beneficios de la prosperidad de los servicios digitales, tanto para los ciudadanos como para los consumidores; permite la interacción crítica entre los sectores público y privado, así como con otras entidades, incluidos los intercambios multilaterales con el extranjero. Todo ello con una combinación muy coherente de principios de seguridad y privacidad más allá de la tecnología que demanda políticas públicas modernas.

(3) *Capa de valor*

En esta capa se ubican los nuevos escenarios de la convergencia NBIC y la cuarta revolución industrial como inteligencia artificial (IA), lenguaje de máquina (ML), realidad virtual y aumentada (AR, VR), lenguaje natural (NL), plataformas robóticas, internet de las cosas (IoT), impresión 3D, simuladores de algoritmos de alto rendimiento, computación cuántica, analítica inteligente de datos, desarrollo de nuevos materiales —basados en nanotecnología y biotecnología—, sensores y control de procesos. Su denominación obedece a la oportunidad de generar valor que pueda ser patentable, exportable y replicable en una economía con alta diferenciación competitiva. El desarrollo de la capa de valor requiere formación y retención del talento humano altamente capacitado en el marco de incentivos adecuados para la innovación.

(4) *Capa de innovación*

En este nivel aparece la oportunidad y el gran reto para Colombia. Es aquí donde se debe concentrar el esfuerzo por posicionar al país en ese nuevo lugar en la arena de la innovación mundial, que se traduzca en una economía moderna y competitiva. Si las tres capas anteriores están razonablemente habilitadas, entonces el objetivo debe ser producir nuevos servicios digitales de alto valor diferenciado, *startups* digitales a escala, nuevos modelos de negocio, producción integrada y colaborativa, negocios a partir de nuevos materiales, etc. En esta capa, y con fundamento en las anteriores, encontraríamos innovaciones en los escenarios NBIC con esfuerzos muy concretos para seleccionar áreas en las que Colombia puede diferenciarse: por ejemplo, manufactura aditiva, química verde, industria verde, nano materiales verdes inteligentes, agro-tecnología transformativa, plataformas algorítmicas ambientales de *Smart Data*, equipos para la transición energética, ciudades inteligentes, entre otras.

(5) *Capa beneficiaria*

Una implementación efectiva de esta arquitectura debería tener como objetivo primordial empoderar a todos los colombianos, organizaciones públicas y privadas de todos los tamaños, todas las regiones del país —especialmente los más vulnerables—; en las ciudades y zonas rurales, todas las industrias, ciudadanos y consumidores recibirán los beneficios y la oportunidad de movilidad social positiva. Todo ello con la aspiración y determinación de construir una *Nueva Colombia* enmarcada en los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

Una de las maneras de hacer el tránsito directo entre la capa fundacional y la capa beneficiaria es a través de diferentes proyectos, programas y misiones emblemáticas que involucran uno o varios componentes de las tecnologías convergentes e industria 4.0. Lo anterior presume un buen aprovechamiento de la articulación entre los actores del SNCTEi, en los ámbitos regional, nacional e internacional.



8.3.2 Pilares verticales

La existencia y desarrollo de las capas horizontales depende de que los siguientes siete pilares verticales sean entendidos como palancas críticas para habilitar plenamente la oportunidad, ayudar a analizar las barreras críticas y responder en consecuencia, resolviendo desafíos fundamentales:

(1) *Recursos humanos, su desarrollo y retención*

El desarrollo y retención de personas bien preparadas para aprovechar al máximo esta asombrosa convergencia de tecnologías, será una de las mayores dependencias para el éxito. En las últimas décadas Colombia ha logrado avances en formación dentro y fuera del país, de un considerable número de doctores en ciencias, ingeniería y en otras disciplinas básicas de innovación. Algunos de estos talentos trabajan en Colombia, pero la mayoría han emigrado a universidades y centros de I+D de clase mundial. ¿Qué hacer para retenerlos? (1) Si se habilitan proyectos sólidos de transformación nacional e industrial aprovechando las capas horizontales de la arquitectura propuesta, y si se hace un énfasis en la generación de conocimiento que conduzca a desarrollo tecnológico y en modelos de negocio digitales fuertes, tendremos las condiciones adecuadas que no solo retendrán esta experiencia de talento colombiano tan necesaria, sino que permitirán atraer consistentemente profesionales de primer nivel provenientes del exterior, aportando conocimiento para fortalecer las grandes apuestas nacionales científicas y de innovación. (2) Las áreas de frontera de los materiales avanzados, la nanotecnología y la fabricación inteligente, deben ser apoyadas por un modelo sostenible de investigación básica, aplicada y traslacional que permita la transferencia efectiva de conocimientos tecnológicos a sectores industriales relevantes de Colombia. El desarrollo de un recurso humano competente —y su retención— depende de sólidos programas de postgrado y un fuerte sector de investigación y desarrollo que no solo capaciten a estas personas en la convergencia de la nanotecnología, la biotecnología y las ciencias de la información, sino que ofrezcan

oportunidades de carrera para un mayor desarrollo e innovación en las industrias colombianas. Las posibilidades de diversificación industrial y emprendimientos (*start-up*, *spin-off*) también generarán una movilidad laboral y empresarial que contribuirán con el crecimiento económico del país en el mediano y el largo plazo.

(2) *Transformación del sistema educativo*

Es imperativo transformar el sistema educativo para integrar nuevos modos de aprendizaje —además de ampliar su cobertura e inclusión social—, proporcionando oportunidades para que una población más amplia reciba una educación que esté equilibrada por el aprendizaje práctico y un enfoque en STEM-A (sigla en inglés: Ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas a través del arte) en todos los niveles. Además de las ciencias duras, es fundamental combinarlas con el desarrollo de habilidades sociales —o capacidades blandas—, empezando por los valores éticos y las humanidades de los ciudadanos, que deben generar la saludable sociedad digital del futuro. Además, los planes de estudio deben ser transformados para que sean mucho más propensos a la experimentación y al autodescubrimiento desde una edad temprana. En Colombia, el marco ético es aún más crítico, considerando los difíciles desafíos históricos con los que el país ha vivido durante los últimos 50 años.

Un factor fundamental será reposicionar el papel e importancia de los profesores en el sistema, que dada la convergencia tecnológica, requerirán de un programa de política pública de Estado —con colaboración del sector productivo— para su reentrenamiento enfocado más en tutorías personalizadas y en la creación e innovación de contenidos altamente incluyentes que incrementen dramáticamente la curiosidad de los estudiantes desde muy temprana edad. La modernización del aprendizaje gracias a las nuevas tecnologías y a la internacionalización, son parte de la transformación del sistema educativo; así mismo la flexibilización en los currículos “interprogramas” o “intercampus” más cortos y especializados, que facilitarían la formación acorde con los intereses del estudiante y de los mercados que lo demandarán en el futuro.



(3) *Marco ético y cultural (Política pública)*

Las grandes oportunidades que traerá el fortalecimiento de las NBIC como habilitadoras de las áreas de la cuarta revolución industrial, también están creando enormes desafíos éticos en el orden mundial. La necesidad de un marco ético para tratar especialmente los temas de seguridad, privacidad y el manejo de recursos genéticos y biológicos llevará a los gobiernos a sus límites, en la necesidad de innovar con políticas públicas viables e inteligentes acordes con la irreversible revolución digital. El trabajar estos desafíos de manera conjunta y sostenida con otros sectores de la sociedad, será esencial para tener el balance adecuado entre innovación y asegurar que sus beneficios lleguen a todos los sectores de la población. Respuestas ineficaces a estos desafíos entrañarán el riesgo de una fractura amplia y peligrosa del orden social y cultural establecido. La propiedad de los datos y su uso, especialmente en escenarios como el reconocimiento facial, los sistemas biométricos y de salud, los sistemas financieros, etc., serán “bombas de tiempo” sociales, si no se entienden bien y si están mal reguladas. Colombia necesita adelantarse a estos desafíos, especialmente en lo que significan para nuestras realidades locales.

(4) *Alianzas Público-Privadas e Internacionalización*

La escala necesaria para generar transformación y apuestas innovadoras nacionales, así como proyectos estratégicos posibilitados por tecnologías convergentes, requerirá de la conexión de Colombia con redes internacionales de conocimiento y recursos. Las asociaciones innovadoras entre las universidades, la industria y el Estado han demostrado ser un mecanismo muy eficaz, utilizado agresivamente por los países que han podido dar un salto en la transformación de su país en tiempo récord y como puente para mover las ideas —generación de conocimiento— a nuevos productos y servicios —innovación—. Al sumar recursos y talento humano capacitado en un contexto de visiones y objetivos claros son componente importantísimo de cualquier proyecto

que pueda aspirar a contribuir a la transformación de la nación. Las asociaciones estratégicas que combinan iniciativas de la industria, la academia y el Gobierno que reúnen a socios internacionales en consorcios precompetitivos –por ejemplo, modelos de SRC y Semitech en los Estados Unidos– pueden incentivar el desarrollo de nuevos productos y servicios –nuevos modelos de negocio–, la innovación y, en última instancia, la producción con alto valor agregado.

(5) *Atracción de dinero inteligente a escala - Capital privado*

Para avanzar en investigación, desarrollo tecnológico e innovación es necesario una gran inversión en dos frentes: (1) en la infraestructura necesaria para apalancar la investigación, y (2) en la digital y en la generación de talento humano capacitado. Para conseguirlo, Colombia carece seriamente de un componente importante, siempre presente en sociedades altamente innovadoras: *capitales de riesgo*, los cuales no solo representan un músculo financiero significativo –y muy necesario–, sino que también aportan en la generación de habilidades y capacidades. Muchos países se refieren a esto como “dinero inteligente”: se trata del trampolín clave para nuevos emprendimientos (*startups*) basados en innovadores modelos de negocio a escala, ya sean digitales o de desarrollo de nuevos materiales, procesos y productos. Este es un elemento que necesita habilitarse con urgencia. El sistema financiero actual del país tiene poco apetito por nuevos emprendimientos o por pequeñas pero prometedoras empresas que navegan en la primera, o incluso segunda, etapa de desarrollo –nivel de madurez tecnológica intermedia–. Repensar los incentivos financieros para atraer “capital de riesgo” u otras formas de “capital inteligente” es un esfuerzo que requerirá la intervención de políticas públicas de CTEI y una fuerte voluntad política –ambas estables en el largo plazo–, dirigidas a lograr ese objetivo crucial mediante la creación de los incentivos adecuados para hacerlo posible.



(6) Aprovechamiento total del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SNCTEI)

No hay duda del papel que juegan las universidades colombianas en el crecimiento de la economía y, en particular, en el impulso de la innovación. Una inversión significativa y sostenible para cerrar la brecha entre la investigación universitaria y la traducción de los descubrimientos a los sectores industriales —fortalecimiento de los centros e institutos— es, con mucho, uno de los mayores desafíos para la adopción de las nuevas tecnologías en la que Colombia pueda establecer un nicho estratégico y convertirse en un generador activo de conocimiento líder a nivel mundial. Como no estamos empezando de cero en temas de CTEI, es necesario hacer un esfuerzo importante para establecer un inventario disciplinado y consciente de nuestro punto de partida de la situación. Este análisis como línea base debe contener todos los elementos de nuestros actuales sistemas científicos, académicos y de innovación, comparados con todas las capas horizontales y pilares verticales propuestos aquí. Esto, para identificar los vacíos y oportunidades que podrían informar bien las inversiones potenciales de todos los sectores de la sociedad. De igual manera, es importante integrar a los miembros de la diáspora colombiana en el exterior con SNCTEI con las actividades de CTEI relacionadas con Colombia, ya que ellos pueden dar al Gobierno conceptos científicos sobre las temáticas CTEI, así como recomendaciones sobre financiación para ser tenidas en cuenta en las actividades, proyectos y programas de CTEI.

(7) Innovación en políticas públicas - Modernización y referenciación

Este pilar enmarca toda la visión propuesta en esta arquitectura, reconociendo el papel fundamental que desempeñará la innovación en las políticas públicas en CTEI. El corazón y el motor de la innovación es la fuerza de las ciencias básicas aplicadas que se integran en un marco traslacional para escalar tecnologías de alto impacto en la industria. La modernización de las políticas públicas permitirán crear las condiciones

adecuadas para incentivar a todos los sectores de la sociedad en la búsqueda de una visión común, que pueda ayudar a la nación a alcanzar el sueño de convertirse, sin lugar a duda, en la sociedad y la economía innovadoras y altamente inclusivas que todos aspiramos dejar a las generaciones futuras. Su estructura como política de estado —no solo gobierno— es esencial para una verdadera transformación y modernización sostenida de país.

En materia de políticas públicas de innovación se requieren instrumentos y plataformas únicas de información, su medición y comunicación para poder alinear los ministerios e instituciones relacionadas con la convergencia tecnológica y la nueva revolución industrial. Sería necesario unificar e instrumentar las políticas del nuevo Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, Ministerio de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, Innpulsa, SENA, PTP y otras instituciones. Se trata de lograr las innovaciones en el país en más corto tiempo, puesto que se contaría con una institucionalidad interconectada, eficaz y eficiente. Se requieren nuevos reglamentos técnicos y regulaciones para preservar el acceso ético y correcto a los recursos naturales y biodiversidad de Colombia. En materia de propiedad intelectual e industrial será importante la implementación de una vía rápida (*fast track*) para el registro y protección de las tecnologías que comprenden la convergencia tecnológica, ya que la evolución tecnológica en esta materia es muy rápida.

Debemos reclutar y desarrollar no solo grandes talentos en las ciencias y las humanidades para acelerar este viaje, sino —igualmente importante y fundamental—, asegurar las prácticas más innovadoras (*benchmarking* o referenciación internacional) y el talento en la formulación de políticas de estado modernas y la legislación que es obligatoria para ver al país emerger como una NUEVA COLOMBIA innovadora, inclusiva, ambientalmente sostenible y reconocida mundialmente como tal.

8.4 Línea base para la identificación de barreras y oportunidades que tiene Colombia en las áreas de las tecnologías convergentes como base para la cuarta revolución industrial

La forma como Colombia reciba el impacto de la cuarta revolución industrial, o incluso, participe de su desarrollo, depende de la interacción entre los elementos de la *Arquitectura crítica para la innovación y la oportunidad global* propuesta. La evaluación de nuestra preparación para maximizar los beneficios de la convergencia tecnológica y digitalización se sustenta en la identificación de la línea base de 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.

8.4.1 Educación básica

La preparación del capital humano para asimilar los nuevos retos impuestos por la nano y biotecnologías, 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 del 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 científico nacional.

Vale anotar que el reto de la preparación básica para integrar la automatización y la inteligencia artificial es global. Como ya se mencionó, es fundamental llegar a un pacto nacional que redefina el papel de la

docencia acorde con la necesidad de tomar ventaja de la convergencia tecnológica en escenarios como la inteligencia artificial (AI), a partir de contenidos incluyentes con capacidad de personalización para el estudiante en todas sus etapas, dentro y fuera del salón de clase.

8.4.2 Educación superior —participación de las ingenierías y las ciencias básicas—

En este caso, el diagnóstico no evalúa elementos de calidad de la educación; en su lugar, se atiende el número de estudiantes por área y por nivel educativo, en pro de la definición de la masa crítica requerida para esta 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 70 mil estudiantes, en los últimos tres años -con una mínima reducción para 2019 (SNIES, 2019).

En cuanto a la distribución de los estudiantes según el nivel de formación, los datos del segundo semestre de 2017 muestran una dominancia de la formación profesional, seguida por la técnica y tecnológica. Comparando esta tendencia la distribución de los graduados en Colombia entre los años 2001 y 2017, se hace visible una considerable reducción de la formación tecnológica y el aumento en la participación de los postgrados. Finalmente, se anota que, 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 relevancia a nivel global, es la necesidad de habilitar programas que faciliten la atracción de más mujeres en la formación en ciencias de la computación y matemáticas.



Esta es una oportunidad que deber 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 dos interrogantes, pues no se encuentra evidencia que indique que la oferta de programas y su contenido curricular cuente 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 estos, el SENA cuenta con formación operativa y técnica. Las tendencias globales apuntan a programas especializados y de calidad, con menor tiempo de 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, computación en la nube, *block chain*, entre otros).

8.4.3 Condiciones para retener y atraer del 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 Internacional de Sabios 2019*, 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 8.3 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 son la apuesta de formación, reclutamiento, desarrollo y retención –repatriación– de doctores, y a su vez, la punta de lanza en la atracción de talento internacional que ayude a avanzar en el proyecto de país.

8.4.4 Formación de los empleados en el sector productivo

Teniendo en cuenta la encuesta anual manufacturera del DANE –tamaño de la muestra: 819 421 empleados–, el 53 % de los empleados del sector manufactura en Colombia tienen formación académica básica secundaria y el 9,17 % básica primaria. Técnicos y tecnólogos representan juntos el 20,85 %, seguidos por nivel profesional con un 12 %. Queda así identificada la necesidad de análisis sobre el papel de la formación técnica y tecnológica en la apropiación de las nuevas tecnologías por parte del sector productivo. Es claro que un foco convergente de país en ciertas áreas, apuntando a la creación de servicios y productos competitivos local y globalmente, sería una plataforma de escala que permita la generación de valor agregado para conseguir un ecosistema maduro con la articulación del SNCTEi, para dar el salto de innovación aplicada en Colombia.

8.4.5 Grupos de investigación, infraestructura y producción científica

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

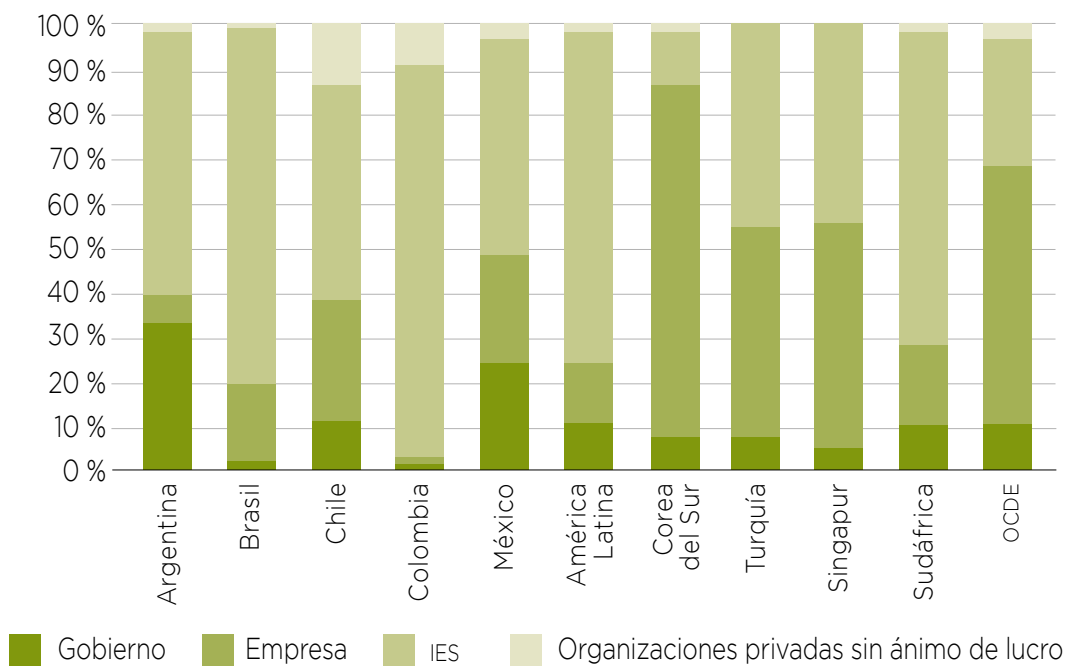


Figura 8.3. Participación de los doctores en diferentes estamentos.

Fuente: Consejo privado de competitividad (2019).

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 de este cuerpo de investigadores 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.

También es mínimo el impacto de nuestro sistema científico medido a través de patentes y citaciones en patentes. Colombia es visible en el conjunto de publicaciones académicas, pero, según datos publicados por Lens.org, del total de las patentes mundiales en áreas asociadas a las NBIC e industrias 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.

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

Las encuestas manufacturera y de servicios del DANE son la base para estimar la intensidad de conocimiento en la economía del país. El ejercicio se plantea a partir de 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. (no clasificado previamente), 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 8.1 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.

SECTOR	INGRESOS (%)	EMPLEOS (%)	VALOR AGREGADO TOTAL (%)
Servicios	9	3	13
Manufactura	6	8	5

Tabla 8.1. Participación porcentual de los subsectores con mayor intensidad de conocimiento, sobre las ingresos, empleos y valor agregado de los grandes sectores manufactura/servicios

8.4.7 Ecosistema de innovación (Estado, academia, industria y sociedad)

La idea tradicional de financiación de la investigación y la innovación ha migrado hacia el concepto de ecosistema de innovación, entendido como el entorno que facilita el tránsito desde la generación de conocimiento hasta la comercialización o uso de elementos derivados de su aplicación. Tomando como pilar central el conocimiento generado en las universidades y la necesidad de su articulación con la industria, se hace necesario articular los centros o Institutos de investigación, de desarrollo tecnológico y de Innovación y Productividad, así como las unidades I+D+i de empresa, oficinas de Transferencia de Resultados de Investigación y las Incubadoras de empresas de base tecnológica para transformar este conocimiento en desarrollo de nuevos productos. La descripción de la falta de efectividad del sistema surge de los diagnósticos adelantados en los foros regionales, más allá de las debilidades de financiación que siempre se mencionan, se destacan dos grandes barreras relacionadas con la alta complejidad del sistema de innovación y la centralización en la información, de esta forma, no es posible la correcta articulación entre los elementos propios del sistema.

En términos globales, los indicadores de inversión publicados por el Observatorio Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación, basados en la Encuesta de Innovación del DANE (2017), muestran a la industria como un importante agente de financiación del SNCTEI. Ésta reporta inversiones en actividades de CTEI de más de 1,13 billones de pesos anuales, que equivalen al 55 % de la inversión total nacional. En contraste con esta cifra, Colciencias indica que de 1478 empresas colombianas catalogadas como “empresas innovadoras”, solo 30 se consideran altamente innovadoras (Colciencias, 2019). De forma paralela, datos de la encuesta bianual de los sectores manufacturero y servicios (2016-2017) muestran que para un total de 16 598 empresas encuestadas, solo 31 son innovadoras en “sentido estricto” (innovación en el mercado internacional) y 3345, innovadoras en “sentido amplio” (innovación en el mercado nacional o para la empresa).

Otro elemento fundamental en el análisis es la disparidad en los niveles de apropiación tecnológica entre las grandes empresas y aquellas clasificadas como pequeñas y medianas, en áreas como ciberseguridad, computación en la nube, internet de las cosas, etc., con diferencias en sus niveles de apropiación entre 10 y 40 puntos porcentuales. Los resultados son particularmente importantes si se tiene en cuenta que según cifras del Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, las micro, pequeñas y medianas empresas –mipymes–, representan el 99,9 % de los establecimientos productivos, contribuyen con el 80 % del empleo en el país y aportan el 40 % del PIB nacional. En niveles de apropiación de la internet, las redes sociales o las plataformas de pago electrónico también son mínimos –menores al 5 % en la mayoría de los ítems– para el caso de las pymes. Datos de la encuesta Mintic 2018 muestran que los niveles de uso de internet para gestiones como compras, ventas o pagos están entre el 30 y el 35 %. El nivel de interacción con entidades gubernamentales es más alto a través de estos medios, y oscila entre el 40 y el 45 %. Todos estos datos permiten poner las pymes en el foco de atención y a su vez grandes oportunidades de mejoramiento sobre ellas, con un impacto indiscutible sobre la productividad global del país.



El tema de las pymes es crítico, no solo por sus bajos niveles de apropiación sino por sus resultados. Uno de los retos más grandes de estas empresas es cerrar las brechas en comparación con las grandes compañías. Según MinComercio (2019), una pyme colombiana necesita dos empleados para producir el mismo valor agregado que un solo trabajador de una empresa grande. Esta información introduce una reflexión importante sobre la necesidad de modernizar los mecanismos que permitan financiar las actividades de ACTI e I+D+I en Colombia, para cerrar brechas regionales, brechas entre las grandes empresas y las pymes, y potenciar el valor de la relación entre el sector productivo y el sector académico.

8.4.8 Oportunidades

Colombia cuenta con un sistema CTEI que sin ser el más fuerte de Latinoamérica, ha crecido de forma acelerada en los últimos 20 años: sus universidades han sido un soporte robusto a este sistema, y se han multiplicado el número de estudiantes —aunque no en ciencia y tecnología— mucho más allá que el crecimiento demográfico. Cuenta con grandes empresas a las que puede seducir hasta convertirlas en el nuevo socio del sistema CTEI y más allá de eso, cuenta con recursos biológicos privilegiados, un potencial agrícola soportado en importantes recursos hídricos. Así como lo expresa la *Arquitectura crítica para la innovación y la oportunidad global* propuesta en este documento, la capa beneficiaria es Colombia en su conjunto; la equidad social y regional, la rentabilidad empresarial, la eficiencia de todos los estamentos del estado, se sirven de las oportunidades que la convergencia tecnológica y la cuarta revolución industrial proveen. Otras oportunidades identificadas por los comisionados de este foco radican en tres grandes desarrollos para Colombia:

(1) *Nanomateriales verdes inteligentes*

Es una plataforma que busca aprovechar los avances de las NBIC para potenciar las Industrias 4.0 y el avance del diseño centrado en el

usuario con un valor agregado para innovar los materiales inteligentes del mañana. La próxima generación de materiales avanzados será verde: ellos podrán detectar, adaptarse y ser fabricados a escala. Colombia tiene una enorme oportunidad en la industria manufacturera de alto valor, aprovechando su biodiversidad y transformando materiales naturales que puedan impactar una amplia gama de sectores industriales, desde el energético hasta el sector salud. Los nanomateriales verdes inteligentes (NVI) tienen la característica única de convertir las tecnologías convergentes NBIC en tecnologías transformadoras que cambiarán la forma en que pensamos sobre el diseño de materiales. Por ejemplo, el integrar una membrana flexible biorreabsorbible que ayuda a reconstruir las arterias cardiacas defectuosas y a la vez que se sanen, se mide su curación con el tiempo —eventualmente reabsorbida por el cuerpo—. Otro ejemplo incluye el diseñar membranas que puedan responder al contenido específico de impurezas metálicas del agua contaminada para purificarla; o un material flexible que se integre con el cerebro y sea capaz de orquestar la detección de trastornos neurológicos desde un dispositivo de base orgánica, corrigiéndolos en tiempo real; o nanopartículas radio-terapéuticas verdes personalizadas a la fisiología del paciente, que permitan detectar las células cancerosas en etapa temprana y combinadas con anticuerpos que influyen el sistema inmunológico del cuerpo. Los NVI también pueden abrir el camino para los materiales cuánticos que son amigables y flexibles con el medio ambiente; por ejemplo, la combinación de diodos emisores de luz de punto cuántico (QD) con grafeno. Todos estos son escenarios de demanda global en los que Colombia podría hacer apuestas como jugador internacional, si se crean las condiciones descritas en las propuestas contenidas en este documento.

(2) *Química verde*

La química verde es uno de los sectores promisorios para la nueva revolución industrial en el contexto de la producción integrada, ya sea a la medida, personalizada o a escala, haciendo uso de la convergencia de



tecnologías y disciplinas como, por ejemplo, las ingenierías, la química, la biología y/o las tecnologías de la información y comunicación. Este sector 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 o empresas *start-up* o *spin-off*, pero también de grandes compañías, dependiendo de los mercados y consumidores. Se fortalecerían también los clústeres y desarrollos regionales teniendo en cuenta sus recursos y economía.

Colombia es uno de los grandes productores de bioetanol a partir de caña de azúcar, y de biodiésel a partir de palma de aceite en América. Este campo involucra hoy en día aproximadamente 845 000 hectáreas sembradas entre caña de azúcar y palma de aceite, 160 municipios y 21 departamentos del país, y más de 130 alianzas productivas estratégicas (fuente: Fedepalma, Cenipalma, Asocaña). Estas plantas de producción de biocombustibles tienen subproductos con alto potencial de creación de valor agregado en el futuro, tales como la biomasa sólida y líquida, glicerina, posibles biobasados, así como otros productos derivados, los cuales pueden ser desarrollados por biorrefinerías y que tienen un alto potencial de uso en diversos sectores tales como el de alimentos, cosméticos, farmacéuticos, productos de aseo y cuidado personal, polímeros, plastificantes, pinturas, lubricantes, entre otros. El foco de Colombia en estas áreas no solo transformaría la economía del país en la producción de bienes y servicios de valor agregado de necesidad local, sino que podría contribuir a dar respuestas a apremiantes desafíos globales tales como seguridad alimentaria y nutricional, la seguridad farmacéutica, la agricultura inteligente, el cambio climático, las transiciones energéticas y fabricación de productos más sostenibles: reciclables, compostables, biodegradables. Así, la química verde y las biorrefinerías llevarían a Colombia hacia un futuro sostenible.

(3) *Manufactura avanzada*

La manufactura avanzada es el uso de tecnología innovadora de sensores, materiales, inteligencia artificial, producción digital, etc., para

mejorar procesos y productos. La adopción de estas nuevas tecnologías y herramientas, así como la capacidad de usarlas, son necesarias para seguir siendo competitivos y agregar valor a productos en el sector. La manufactura avanzada incluye un amplio rango de áreas de aplicación como (1) manufactura aditiva, (2) inteligencia artificial, (3) materiales de alto rendimiento, y (4) fabricación inteligente y digital, entre otras. Por ejemplo, la manufactura aditiva es uno de los principales aceleradores de la nueva revolución industrial en el contexto de la producción digital: el uso de sistemas de mesa de impresión 3D en el hogar llevó a nuevas ideas e innovaciones, creando nuevas empresas y grandes inversiones de compañías globales en diversas áreas, desde *software*, máquinas y materiales hasta nuevas aplicaciones e implementación en la industria. Hoy en día en Colombia ya hay empresas que producen equipos de manufactura aditiva de última generación, con sensores que producen *data-sets* que por medio de aprendizaje de máquina generan sombras digitales del proceso. Esta forma de análisis de *Big-data* trata con conjuntos de datos —demasiado grandes y complejos para ser procesados con programas tradicionales—, que se pueden analizar y procesar con *software* de inteligencia artificial y aprendizaje de máquina. Esto facilitará nuevas formas de analizar procesos de manufactura, extrayendo información de manera sistemática y detectando variaciones en el material y el proceso que permitan autocorregir las falencias y producir bienes de alta calidad. Es en estas áreas donde la *Arquitectura crítica para la innovación y la oportunidad global* propuesta por el foco se hace indispensable. Esta forma de fabricación —con su capacidad de funcionar sobre el escritorio y con la posibilidad de compartir data e información en todo el país—, se presta para incorporarse a la modernización del sistema educativo y ayudar impulsar las áreas de STEM-A. Otras áreas que impulsarán la próxima generación de manufactura avanzada con nuevos equipos y aplicaciones, incluyen: (1) avances en el control y supervisión de procesos para asegurar que las tecnologías de manufactura avanzada sean alternativas viables de producción; (2) desarrollo de nuevos sensores inteligentes y métodos



para medir y modelar procesos —sombras digitales— para cuantificar las interacciones entre los materiales y las tecnologías de procesamiento, con el fin de comprender mejor la relación entre el material, el proceso y la estructura; (3) establecimiento de nuevas normas para apoyar la representación, presentación y evaluación de los datos de fabricación, con el fin de garantizar la calidad y reproducibilidad de los componentes; (4) ampliación de los esfuerzos de investigación para establecer las mejores prácticas de aplicación de las tecnologías de cómputo en manufactura, incluyendo la simulación y el aprendizaje de máquina o automático.

8.5 Objetivo del foco

Tomar acciones decididas para asegurarle —nacional e internacionalmente— un rol a Colombia en esta nueva revolución industrial, teniendo en cuenta a los colombianos de hoy y a las generaciones futuras, y generar propuestas para la construcción e implementación de una política pública sólida en Educación y CTEI.

8.5.1 Propuestas

Las propuestas del foco surgen de la descripción de *Arquitectura crítica para la innovación y la oportunidad global* que incluye cinco capas horizontales y siete pilares que atraviesan verticalmente cada una de las capas (véase Figura 8.2), así como la articulación del foco con los tres retos propuestos por la Misión Internacional de Sabios y la misión emblemática “Colombia hacia un nuevo modelo productivo, sostenible y competitivo”. El crecimiento de la industria va de la mano con el crecimiento de los servicios en una economía moderna, especialmente, cuando hay transformación tecnológica. La intención de estos pilares es resaltar las dependencias críticas que definen

hacia dónde debemos dirigir nuestros esfuerzos y recursos para traducirlas en acciones sostenidas de carácter transformador.

(1) *Transformación del sistema educativo*

- 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 STEM-A. En particular, con foco en escenarios de analítica de datos, robótica, e inteligencia artificial y sus respectivos algoritmos, áreas, sin duda, 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 imperiosa necesidad educativa de proveer agresivamente el contexto en valores éticos, que ante todo incluyan transparencia e inclusión en el desarrollo y uso de las nuevas tecnologías. 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.
- 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.
- 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.

(2) *Transformación digital del estado, identidad digital e infraestructura nacional para la conectividad digital*

- El Estado es, por definición, la plataforma básica de gestión nacional, y 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 Plan Nacional de Desarrollo (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.
- 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.

- 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 e inclusión educativa sino de control y desarrollo local. La conectividad en las regiones hoy aisladas debe ser prioridad nacional, de nuevo, más allá de las metas del PND.
- 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

(3) *Ecosistema de innovación*

- 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—
- Redefinir el rol de los técnicos, tecnólogos, profesionales, académicos e investigadores, apalancado las interacciones entre todos los estamentos a través de institutos que articulen investigación científica, sector productivo y sector público —centros, institutos y laboratorios nacionales—.
- 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. Oportunidad de alianzas público-privadas con compañías que hoy tienen foco en este sector, y su productividad habilitada por herramientas tecnológicas de punta.

30. Datos basados en fuentes primarias y secundarias, Fedesarrollo y Comisionados

8.6 Meta de la misión emblemática: Colombia hacia un nuevo modelo productivo, sostenible y competitivo³⁰

Este foco presenta como gran meta el aprovechamiento de las tecnologías convergentes e industria 4.0, para que hacia el horizonte 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 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, emprendimientos y diversificación de la economía.

8.6.1 Retos de país apoyados en las temáticas del foco

Este foco apoya los tres grandes retos propuestos para desarrollar las misiones emblemáticas: (1) Colombia Biodiversa; (2) Colombia equitativa, y (3) Colombia productiva y sostenible

8.6.2 Otras metas de la misión con 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 la 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 y proyección exportadora en instrumentación, control y equipos para la transición energética.
- b) Crear cinco empresas de biorrefinerías con productos de proyección exportadora.
- c) Apoyar la transferencia y adopción de tecnologías para cinco ciudades inteligentes y sostenibles en Colombia.

Referencias

- Bainbridge, W. S. (Ed.). (2013). *Converging technologies for improving human performance: Nanotechnology, biotechnology, information technology and cognitive science*. Springer Science & Business Media.
- Bainbridge, W. S. (2016). *Virtual sociocultural convergence*. Springer International Publishing.
- Colciencias (2019). Empresas altamente innovadoras. <https://www.colciencias.gov.co/sites/default/files/upload/noticias/listado-eai-empresas.pdf>
- Consejo privado de competitividad (2019). *Informe Nacional de competitividad 2018-2019*. Disponible en: <https://compite.com.co/informe/informe-nacional-de-competitividad-2018-2019/>
- DANE (2018). Encuesta anual manufacturera 2016-2017, Colombia.
- DANE (2018). Encuesta anual de servicios 2016-2017, Colombia.
- ICFES (2019). Resultados pruebas Saber 2018-2
- Klaus-Dieter Thoben, Stefan Wiesner, and Thorsten Wuest. "Industrie 4.0" and Smart Manufacturing- A review of Research Issues and Application Examples. *International Journal of Automation Technology*, 11(1):4-16, 2017.
- MinTIC (2018). Primera Gran Encuesta TIC 2017. Disponible en: https://colombiatic.mintic.gov.co/679/articles-74002_Presentacion.pdf
- Ministerio de Educación Nacional (2019). Sistema Nacional de Información sobre la Educación Superior en Colombia (SNIES). <https://www.mineduacion.gov.co/sistemasinfo/snies/>
- Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología (2019). *Informe anual de indicadores de ciencia y tecnología 2017*. Colombia.
- Performance Nanotechnology, Biotechnology, Information Technology And Cognitive Science." (2002).
- Roco, Mihail C. (2016). Science, Technology and innovation in a convergence spiral
- Roco, C., and William Sims Bainbridge. "Converging Technologies for Improving Human
- Bainbridge, W. S. y Roco, M. C. (Eds.). (2016). *Handbook of science and technology convergence*. Switzerland: Springer International Publishing.
- Bainbridge, W. S. y Roco, M. C. (2006). *Managing nano-bio-info-cogno innovations*. Dordrech (etc.): Springer.



World Economic Forum. (2016, January). The future of jobs: Employment, skills and workforce strategy for the fourth industrial revolution. En *Global Challenge Insight Report*. Disponible en http://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs.pdf
Zion Market Research, 2019. Industry 4.0 Market: Technology Analysis. Disponible en <https://www.zionmarketresearch.com/sample/industry-4-0-market>



Três

Epílogo



Presentación: la pandemia, la reactivación y el viraje propuesto por la Misión de Sabios

Clemente Forero Pineda

*Coordinador de coordinadores, Misión Internacional de Sabios 2019.
Profesor titular, Facultad de Administración Universidad de los Andes.*

El crecimiento de la economía, la distribución del ingreso y la riqueza, y especialmente el empleo, se han visto gravemente afectados durante la crisis de salud, económica y social que Colombia ha vivido en los últimos meses. Así, resulta pertinente preguntarnos si queremos restaurar el proceso de desarrollo que venía teniendo el país antes de la pandemia. ¿Cómo ha sido ese desarrollo?

Aunque se ha logrado mantener una cierta estabilidad macroeconómica, la producción ha crecido a una tasa promedio de 3,2 % en las últimas tres décadas (1990-2019), muy por debajo del 5,2 % que creció entre 1950 y 1980. Si bien el desempleo de mayo de 2020 (ascendió a 21,4 % como efecto de la pandemia) ha sido el más alto que se haya medido en Colombia, este indicador se ha mantenido en niveles muy altos a lo largo de dos décadas, con picos que superaron 15% en el período 2001-2004, y 13 % en 2009-2011. La informalidad, asociada con precariedad del empleo,



ha sido superior o cercana al 50 % del empleo en todo este tiempo, y explica en buena parte que el desempleo se haya desbordado en esta crisis. La dependencia de las exportaciones de recursos agotables —petróleo y carbón— se ha afianzado en estos 30 años y en 2019 estos renglones fueron 55% del total de las exportaciones colombianas.

De acuerdo con las cifras de productividad total de los factores, la contribución de una mejor educación, de la ciencia, la tecnología y la innovación y de los bienes públicos en general al crecimiento económico ha sido prácticamente nula en los últimos 60 años; en realidad, como lo señalan cálculos del DNP (2017), esta contribución ha sido negativa la mayor parte del tiempo desde 1960 hasta 2016. El número de empresas innovadoras en sentido estricto de la industria se ha reducido de 353 a 14 entre 2007 y 2016, de acuerdo con las encuestas DANE-EDIT. Y las empresas innovadoras en sentido amplio se han reducido en ese período de 35 % a 22 %.

En el plano social, la distribución del ingreso en Colombia ha sido una de las más desiguales del mundo durante décadas. Aunque las cifras de pobreza y de pobreza extrema venían mejorando lentamente en las últimas décadas y hasta antes de la pandemia, de acuerdo con el Banco Mundial Colombia ocupaba en 2019 el puesto 16 entre 156 países en el índice de Gini, que mide la concentración del ingreso. Mientras los países de OECD tenían un Gini promedio de 35 % y América Latina uno de 46 %, el de Colombia estuvo en 50,4 % en 2019. La inequidad de género se superpone a la económica. Aunque la brecha educativa se ha reducido considerablemente, la desigualdad de condiciones del empleo persiste. El embarazo adolescente —19,5 % de las mujeres de las mujeres entre 15 y 19 años— y la violencia doméstica se mantienen.

En educación, la cobertura de primaria ha sido relativamente alta, aunque sus niveles de calidad (evaluados en pruebas) no son satisfactorios. La cobertura de la secundaria ha progresado de manera significativa, pero hay una caída abrupta de cobertura en el paso de la secundaria a la media. En primera infancia, además de cobertura, el problema es la idoneidad del 68 % de las personas que tienen a cargo a nuestra infancia.

En lo ambiental, 390 de los 1200 municipios del país se ven afectados por desabastecimiento de agua potable en épocas de sequía, de acuerdo con el viceministro

del ramo (Enero 2020). De 1990 a 2015, Colombia perdió 5 915 300 hectáreas de bosques. Y hacia el futuro, los riesgos por cambio climático afectan al 100 % de los municipios del país, lo que llama a estar preparados.

Estos indicadores nos invitan a preguntarnos si en el proceso de reactivación que seguirá a la pandemia se quiere restaurar el modelo de desarrollo que traía el país, y si este debe ser conducido con las políticas económicas y sociales del pasado.

La *Misión Internacional de Sabios 2019* le plantea una alternativa a la sociedad colombiana, que se puede resumir en pocas palabras: la propuesta consiste en transformar la economía y la sociedad, de tal manera que desarrollo humano, equidad, bioeconomía y sostenibilidad se muevan armónicamente y en la misma dirección. Colombia puede ser más equitativa, proteger el medio ambiente, y tener a la vez un desarrollo humano sostenible. Estos no son fines necesariamente contradictorios, pero hacerlos compatibles implica importantes transformaciones.

Para que equidad, sostenibilidad y desarrollo humano sean compatibles, es indispensable la transformación de una economía que estimula las actividades generadoras de rentas, como la explotación de recursos agotables con muy escaso valor agregado y las prácticas monopolistas, a una economía en donde el capital humano, el conocimiento y las actividades sustentables apalanquen la dinámica de la economía y se le apunte a un desarrollo sostenible ambiental y socialmente.

En esta transformación, Colombia debe girar hacia aquellas actividades económicas, sociales y culturales que puedan ser sostenibles ambiental y socialmente, y que conduzcan al desarrollo humano. Actividades que no tienen la capacidad de alinear los objetivos de desarrollo humano, equidad y sostenibilidad no deberían ser estimuladas.

La transformación solo puede lograrse a largo plazo; pero la forma de hacer políticas públicas tiene que cambiar de inmediato para que esto sea posible. Nuestro sistema económico-social es un sistema complejo en el que las intervenciones homogéneas y desde el centro hacia la periferia poco pueden hacer para cambiar la vida de las comunidades de manera sostenible. Las políticas nacionales deben estar allí para acompañar y darle viabilidad a acciones puntuales e iniciativas de muchos actores individuales y colectivos, que apuntan al desarrollo humano de las personas y las comunidades. La crisis de múltiples dimensiones que actualmente viven el país y el mundo ofrecen un escenario propicio para ese cambio de orientación.

Para salir de la crisis, la ortodoxia del manejo macroeconómico debe ser revaluada, como lo ha sido en la mayoría de los países de todos los continentes.

La misión propone a la sociedad colombiana enfrentar tres retos y adelantar cinco misiones específicas, que comprometen las voluntades del Estado, la sociedad civil y el empresariado, en el camino hacia una sociedad del conocimiento. Los tres retos son: Colombia equitativa, Colombia biodiversa y Colombia productiva y sostenible. El reto de la equidad se desdobra en dos misiones: (1) educar con calidad para el desarrollo, la equidad y la sostenibilidad, y (2) conocimiento e innovación para la equidad. El reto de Colombia biodiversa, se desdobra en dos misiones: (3) Agua y cambio climático y (4) Colombia diversa, bioeconomía y economía creativa. Y el último reto se desarrolla en una única misión: (5) Colombia hacia un nuevo modelo productivo, sostenible y competitivo.

Explicar la proyección de estas cinco misiones en la actual pandemia y en la reactivación de la pospandemia es el propósito de los cortos ensayos que comprenden este epílogo. Consistente con lo que consideramos que deben ser las intervenciones tendientes a la transformación planteada, se propone iniciar estas misiones con un conjunto de proyectos piloto, entre los que se destacan: (1) cinco *clusters* regionales de educación que articulen la universalización de la educación de 0 a 5 años y la media en uno o dos municipios, y se inicie una formación de alta calidad y basada en la investigación de “maestros de maestros”; (2) tres proyectos de bioeconomía apoyados en economía circular y reconstrucción de tejidos sociales rurales en el Amazonas, la zona cafetera y el Valle del Cauca; (3) pilotos del programa Océanos en Casa en el Archipiélago, La Guajira, Bahía Málaga y Tumaco; (4) inicio de programas nacionales de investigación en gestión integral del agua, cambio climático y bioprospección; (5) un piloto virtual de viveros creativos, como respuesta a la crisis de las industrias creativas y culturales que están entre las más afectadas por la pandemia; (6) cuatro proyectos industriales o agrícolas de química verde y biorrefinería; (7) escalamiento de producción de equipos médicos; (8) cobertura universal en conectividad y aplicación de tecnologías convergentes al agro en tres zonas, y (9) proyecto de desarrollo de celdas solares orgánicas de alta eficiencia.

Además de reconocer el valor insustituible de la ciencia, un consenso central de la Misión es que la educación es el principal instrumento para la transformación de la economía y la sociedad que se propone.

Moisés Wasserman muestra la manera como la pandemia hizo evidente la carencia de soberanía tecnológica y de capacidad para responder con autosuficiencia a un reto de salud pública como éste, y como los países que más han desarrollado sus ciencias básicas y han preservado su industria a lo largo del proceso de globalización son los que mejor han podido enfrentar el temporal. Quizá su principal conclusión es que “Nadie podía haber predicho de antemano qué se iba a necesitar, pero la ciencia básica es precisamente la que otorga a las sociedades ese potencial para responder a los retos imprevisibles”.

Sara Victoria Alvarado señala la pérdida de libertades causada por la pandemia y la desigualdad radical que se ha hecho más evidente con este fenómeno. Los procesos educativos se han visto truncados para unos y afectados para muchos. Explica de qué manera la educación, especialmente en la primera infancia, es instrumento esencial para corregir a mediano plazo esas fallas de la sociedad que la hacen vulnerable. Y concluye con una propuesta de transformación de la educación, para que los educandos afirmen su identidad y su capacidad de agencia, desarrollen su capacidad de enfrentar la incertidumbre y la complejidad, fortalezcan su potencial comunicativo, orienten su vida con principios éticos, y superen los dogmatismos y la violencia.

Edgar Puentes insiste en la viabilidad de restablecer un equilibrio biológico, social y cultural del planeta. Explica el papel que en ello puede jugar la educación, cuando se la articula con los procesos biológicos y culturales de las regiones. Y concluye mostrando que el objetivo de convertir a Colombia en una sociedad del conocimiento pasa por que se reconozca su diversidad biológica y cultural.

Ludger Wessjohann argumenta la necesidad de una reflexión de largo plazo, precisamente en el momento en que estamos enfrentando una catástrofe global en lo inmediato. Explica el importante rol que juegan la ciencia y la comunidad científica por su capacidad de avizorar y de prepararse para lo desconocido. Y retoma el dilema de preservar o desarrollar, y las consecuencias que las decisiones políticas de hoy pueden tener para el futuro.

Elizabeth Hodson, Guy Henry y Silvia Restrepo exponen la relación entre territorio y bioeconomía. La producción y el comercio sostenibles exigen una visión y una estrategia de desarrollo desde lo territorial. Las cadenas de valor se integran en los espacios para asegurar la sostenibilidad, lo que le da viabilidad a

especializaciones inteligentes de los territorios. Y señalan una ruta en este sentido para la transformación que debe caracterizar la reactivación de la economía. El cambio climático, asociado con deforestación, fragmentación del hábitat, reducción de la diversidad genética y reducción del espacio de los animales salvajes es factor crítico en el aumento del riesgo de zoonosis. Finalmente, proponen los sistemas circulares de cadenas y redes territoriales como el camino para asegurar equilibrio ambiental, reconstrucción del tejido social e inclusividad. Un programa integral de gestión del agua se destaca entre sus propuesta de acción inmediata.

Juan Benavides comienza explicando la vulnerabilidad de la economía colombiana y su dificultad para enfrentar episodios extremos como el resultado de fenómenos estructurales de larga data. Resiliencia y antifragilidad deben enmarcar las decisiones que se toman para corregir esas deficiencias. Enfatiza en el potencial que tendría la crisis para reorientar las actividades económicas, por los recursos humanos que quedan liberados y mejor dispuestos a una reconversión, que no podría darse obviamente si no se hacen las inversiones necesarias que preparen para el cambio. Ni el retorno automático al pasado ni la trampa de limitarse a buscar una supervivencia precaria deben ser vistas como opciones. La recuperación verde, la bioeconomía y la revolución industrial en curso son parte de las estrategias propuestas por la Misión que pueden ayudar a encaminar a la sociedad por esa nueva ruta.

María del Pilar Noriega E., Tim Andreas Osswald, Jean Paul Allain y Orlando Ayala se concentran en la transición que debe seguir a la crisis. Señalan el camino que el país está recorriendo para asegurar la conectividad de todo el territorio nacional y universalizar el acceso a banda ancha que se requiere para soportar los procesos de creación de valor, desatar la innovación y asegurar beneficios a toda la sociedad. Destacan las innovaciones y desarrollos de la digitalización y de la industria que han sido impulsados por la pandemia, y explican la importancia de persistir en los procesos de avance tecnológico propuesto por la Misión en 2019.

Germán Poveda explica la relación entre la invasión por humanos de las áreas de alta biodiversidad, el riesgo de zoonosis y el cambio climático. La relación entre la salud ecológica del planeta, la salud humana y el funcionamiento de la economía se ha puesto en evidencia con la pandemia. Enfatiza el rol que puede jugar la bioeconomía enfocada territorialmente en la transformación hacia un país sostenible.

Hace un recuento de las transformaciones más importantes que ha generado la COVID-19, y del retroceso que se observa en la reducción de la contaminación global. Advierte sobre los inmensos riesgos que este efecto y una reactivación intensiva en la emisión de gases de invernadero puede traerle al planeta. El retorno a la normalidad no es solución. Las inversiones que se requieren para paliar los efectos de la crisis y atender los efectos que ha tenido sobre la población y sobre el ambiente son cuantiosas y Colombia se encuentra entre los países que en el mundo menos recursos está dedicando a estos propósitos.

Clemente Forero vuelve sobre la necesidad de no descuidar los propósitos de largo plazo de la transformación que propone la misión para entregarle a la próxima generación un país más equitativo, sostenible ambientalmente y cuyo desarrollo humano se apalanque en el conocimiento. En la pandemia, el objetivo prioritario de la sociedad colombiana debe ser la equidad. Para el logro de los objetivos de largo plazo, el instrumento principal es la educación de calidad. Finalmente, concluye presentando unas primeras lecciones de la experiencia de la pandemia. Entre ellas se destacan el reconocimiento del valor de la ciencia y de los esfuerzos continuados en los sistemas de investigación; el necesario viraje de las políticas de desarrollo hacia el enfoque de misiones, y la importancia de redefinir los procesos educativos.

Los consensos generales que se revelaron en las discusiones de la Misión de Sabios acerca del valor insustituible de la ciencia; de la importancia de la educación para la transformación de la economía y de la sociedad colombiana; del sinsentido de volver a la misma senda de desarrollo que traía Colombia, y del necesario viraje hacia un desarrollo humano, equitativo y sostenible se reflejan claramente en las contribuciones que los autores de estos ensayos proponen para interpretar la pandemia y orientar la reactivación.

Con la visión del sentido que deben tener las distintas transformaciones propuestas por la Misión —de la periferia hacia el centro, del proyecto piloto hacia la universalización, de la comunidad hacia la nación—, y la necesidad de que las políticas nacionales acompañen estos procesos, la pandemia puede ser vista como una oportunidad para transformar el desarrollo colombiano y reconfigurar sus objetivos de largo plazo.



1. Ciencias básicas y soberanía tecnológica en tiempos de COVID-19

Moisés Wasserman

*Coordinador del foco de Ciencias Básicas y del Espacio.
Profesor titular de la Universidad Nacional de Colombia.*

Ojalá que la COVID-19 nos dejara lecciones. La globalización, con todo su enorme potencial para mejorar el desarrollo de los pueblos y generar equidad, hizo evidentes en esta crisis, algunas de sus imperfecciones y problemas. El primero es que las epidemias que en el pasado se difundieron muy lentamente, algunas fueron transportadas en caravanas, durante años por la ruta de la seda de China a Europa, hoy vuelan en jet y se difunden con una velocidad que hace que el control sea muy difícil. La reacción fue el cierre de fronteras y la suspensión de intercomunicación entre los países. Aunque el aislamiento se matizó y se hizo más soportable gracias a las tecnologías de comunicación y el Internet, ha habido un retroceso ético en el tratamiento, casi generalizado, a inmigrantes y extranjeros, que han sido vistos y tratados como una amenaza.

Otro efecto negativo fue que la gran demanda de insumos médicos relacionados con la pandemia generó una alta competencia entre los países para adquirirlos. Las pruebas diagnósticas RT-PCR, los respiradores mecánicos para cuidados intensivos y hasta los tapabocas de alta especificación técnica



se volvieron bienes escasos. Muchos países del “primer mundo” que los producen, incluso algunos que se han distinguido en años recientes por su colaboración con países en desarrollo, embargaron y prohibieron sus ventas al exterior para asegurar, ante todo, el suministro a sus propios servicios de salud. La pandemia produjo una reacción generalizada de “sálvese quien pueda”.

En esa estrategia nos va especialmente mal a los países en desarrollo. Se hace muy evidente nuestra carencia de soberanía tecnológica, de la capacidad para responder con autosuficiencia a un reto de salud pública como éste. No es casualidad, que los países que más capacidad tienen para responder a esos retos son también los que más han desarrollado sus ciencias básicas y que tienen una industria que se alimenta de ellas. Nadie podía haber predicho de antemano qué se iba a necesitar, pero la ciencia básica es precisamente la que otorga a las sociedades ese potencial para responder a los retos imprevisibles.

La primera mala noticia fue la escasez de pruebas diagnósticas moleculares (las pruebas RT-PCR). Esa no es una prueba especialmente compleja ni se necesitan desarrollos con patente o secreto industrial. Es una amplificación exponencial del ARN del virus (de secuencia conocida y de dominio público), usando primero una enzima capaz de sintetizar una cadena de ADN a partir del ARN y luego otra que con ciclos a temperaturas diferentes (en un aparato termociclador) y unos “cebadores” (pequeñas moléculas con secuencia complementaria al ADN) producen el ADN en una cantidad que es más fácilmente detectable. Cualquier laboratorio de biología molecular con cierta sofisticación podría producir todos los componentes y armar la prueba. Pero nuestros laboratorios centrales de diagnóstico dependían de un kit comercial, aún peor, de un kit de diseño cerrado, es decir uno que solo puede ser utilizado con un aparato, producido por la misma compañía que vende los kits. Y resultó que esa compañía estaba en uno de los países que embargaron sus exportaciones. La falta de soberanía tecnológica se hizo evidente. Quedamos dependiendo de algo que, en el fondo, ni siquiera puede estar protegido por patentes.

Con gran esfuerzo se consiguieron *kits* y entonces sucedió otro impase. El paso previo a la amplificación es la extracción del ARN y eso depende de otro *kit* que para mayor rapidez se usa en un aparato robotizado. El aparato se dañó y tuvimos, por unos días, una lentificación grave del diagnóstico mientras que los representantes de la firma lograron arreglar el robot. No hay ninguna razón para que un buen



equipo humano de físicos e ingenieros con conocimientos de robótica no pueda producir a futuro, localmente, un equipo de esas características.

La necesidad de ampliar el número de muestras que podían analizarse diariamente en el Instituto Nacional de Salud llevó a activar una red. Algunos laboratorios departamentales, generalmente con profesional menos especializado fueron entrenados para ejecutar las pruebas (usando el *kit*), pero más allá de eso, muchos laboratorios de grupos de investigación universitarios se unieron al esfuerzo, algunos con reactivos propios sin depender de los kits comerciales. Otros con proyectos diferentes para un diagnóstico más de tipo epidemiológico que clínico. Eso muestra que el potencial existía de antemano, infortunadamente no hemos podido generar las empresas que usen ese potencial para darnos la autonomía necesaria.

Un segundo problema fue la escasez de respiradores mecánicos para las Unidades de Cuidados intensivos (UCI). El país (gobierno nacional y algunos departamentales y locales) salieron a conseguirlos y no fue fácil. Las medidas de confinamiento y cuarentena tenían como objetivo principal ganar tiempo mientras se ampliaba la capacidad hospitalaria para los cuidados intensivos. El colapso de ese sistema hubiera podido multiplicar las víctimas. Pero también los respiradores estaban embargados en el mundo. Los planes iniciales pretendían multiplicar por diez o más el número de camas UCI, pero apenas se logró conseguir unos 2000, y para entregas parciales a lo largo de más de tres meses. No hay razón para que nuestros científicos e ingenieros no pudieran diseñar y producir respiradores funcionales.

Efectivamente surgieron 21 proyectos distintos. Algunos se aliaron con industriales y con hospitales. La producción se ha retrasado porque no han conseguido licencia de la autoridad sanitaria nacional. Si bien es cierto que es necesario llenar requisitos muy estrictos para un aparato que, como éste, podía poner vidas en peligro si fallara, también es cierto que tenemos procedimientos lentos y engorrosos, que se derivan, no en poca medida de la desconfianza que tenemos a nuestra propia capacidad científica. La innovación en la mayoría de los casos es un proceso gradual sobre algo ya existente. Aquí había el potencial científico básico para generar diseños y construir prototipos, pero nos quedó faltando la confianza social necesaria para convertirlos prontamente en una realidad industrial.

En el futuro cercano podemos vernos abocados a otros momentos críticos en la pandemia, que lo serían menos si tuviéramos la capacidad de unir en forma

productiva a la ciencia básica con la industria farmacéutica. Saldrá seguramente una vacuna, pero muy probablemente no seremos los primeros en recibirla porque habrá que distribuirla a miles de millones de personas en el mundo. Aunque la vacuna no sea patentada y se constituya en bien público (no es imposible, ya sucedió con otras como la de influenza) nosotros no podremos producirla y tendremos que esperar hasta que nos llegue y depender de las buenas relaciones de nuestros gobernantes con los de otras naciones.

Lo más doloroso es que aún si recibiéramos licencia de producción de la futura vacuna no podríamos usarla porque no tenemos las instalaciones adecuadas para producirla. Hay que recordar un par de hechos. La viruela fue erradicada de Colombia con una vacuna fabricada en Colombia. Existió desde principios y hasta mediados del siglo xx el Parque Nacional de Vacunación que la producía y administraba, y que posteriormente se unió al Instituto Nacional de Salud (INS). Los brotes de la terrorífica fiebre amarilla en el siglo xx fueron controlados con vacuna fabricada en el Instituto Finlay en Bogotá y luego en el INS. No solo controlamos nuestros brotes, sino que la exportamos a Ecuador y a Perú.

El año 1997 el INS en su rendición de cuentas reportaba la entrega, al Plan Ampliado de Inmunización de 6 500 000 dosis de vacuna BCG (contra la tuberculosis) 5 797 500 dosis de vacuna DPT (contra difteria, tosferina y tétano), 10 993 000 dosis de vacuna contra el tétano y 2 465 320 dosis de vacuna contra fiebre amarilla todas hechas en casa.

¿Era posible en 1997 y es imposible hoy? ¿Qué pasó? Hay muchas razones para justificar o explicar por qué algo no se hace o se dejó de hacer. Pero una razón importante ha sido la falta de confianza en nuestras propias capacidades científicas. En ese momento se debió haber dado un paso adelante, arriesgado y haciendo una inversión considerable; no se hizo a pesar de que nos hubiera dado un gran grado de autonomía sanitaria. Se prefirió acabar la producción, reestructurar las instalaciones para otros usos, y confiar en que siempre podríamos comprar nuestras vacunas en el exterior. Este momento debía al menos quitarnos algo de esa confianza.

La soberanía tecnológica para la fabricación de fármacos también será necesaria y por la misma razón. Países como la India lo han logrado convirtiéndose en grandes productores que cambiaron, por ejemplo, la epidemiología del VIH en África con



su producción genérica más barata. Nosotros debemos tener las capacidades para producir fármacos novedosos usando todo el potencial de la biodiversidad, apoyado por una química sofisticada y de frontera.

Todas las epidemias en la historia generaron grandes hambrunas. Esperamos que esta vez no suceda, aunque si se prolonga mucho podemos tener el peligro de que parte de la población no tenga acceso a productos básicos de la canasta. Una producción de alimentos eficiente, sin uso excesivo de agua, de fertilizantes sintéticos y de plaguicidas, depende hoy, y dependerá cada día más, de una agricultura biotecnológica basada en conocimiento básico. La limitación de la expansión de la frontera agrícola para defender habitas naturales también dependerá a la larga de desarrollos biotecnológicos, que son sin duda unos de los más dependientes de los conocimientos básicos.

Acá apenas se hace referencia a hechos muy ligados a los problemas de salud y alimentación que la pandemia nos descubre. Pero en la época de pospandemia hay otros campos en los cuáles tenemos que buscar cómo aumentar nuestro nivel de autonomía. Todos dependerán en gran medida de nuestra capacidad para generar y captar conocimientos básicos. Viviremos una transición energética hacia el uso, cada vez mayor, de energías renovables y más limpias. Esto es impensable sin el aporte de físicos de estado sólido y físicos nucleares, geólogos, meteorólogos, químicos, biólogos, biotecnólogos y agrónomos; el manejo de nuestros territorios y las comunicaciones requerirá de los científicos del espacio; el manejo y aprovechamiento de los mares será imposible sin oceanógrafos, geólogos y biólogos marinos; la protección del medio ambiente, cada vez es más claro, no puede hacerse sino con intervenciones efectivas y con alto contenido científico.

Esto no es un discurso propagandístico sino un recuento muy breve de hechos reales, algunos pocos ejemplos, entre muchos posibles, que la pandemia nos recuerda. La ciencia básica, aprovechada con empresas de muy alto nivel tecnológico nos podrá dar la soberanía nacional que en estos momentos se hace tan evidentemente necesaria, y cuya ausencia nos parece tan lamentable. Esta sería la mejor lección que pudiéramos aprenderle a la pandemia.

2. Desarrollo humano y educación en tiempos de pandemia

Sara Victoria Alvarado Salgado

Psicóloga de la Universidad Javeriana. Magíster en Ciencias del Comportamiento y doctora en Educación de Nova University (CINDE). Directora del Centro de Estudios Avanzados en Niñez y Juventud del CINDE y la Universidad de Manizales y de su doctorado en Ciencias Sociales, Niñez y Juventud. Miembro Comisión de Sabios del Bicentenario 2019.

La pandemia nos ha desestabilizado como sociedad; nos ha puesto de frente a la incertidumbre que produce no tener claro un horizonte, en el que los valores son insuficientes para explicar el mundo; nos ha puesto en una condición de pérdida de la libertad, a través del control del cuerpo, los espacios, las expresiones, el afecto entre las personas, las miradas, los abrazos; ha elevado obstáculos y barreras para acceder a las oportunidades y a los servicios, y barreras infranqueables para acceder al conocimiento por una de las vías que regularmente tiene un carácter protagónico: la educación.

Al perder las posibilidades de expandir nuestras libertades, que son la expresión y el fin central del desarrollo humano (Sen, 2000), la desigualdad radical de la sociedad colombiana señalada por la misión se ha agudizado; todos estamos atravesando la misma tormenta, pero en barcos muy distintos. Una cosa es la manera como estamos viviendo la pandemia quienes nos hemos podido confinar en contextos o entornos seguros, donde tenemos la posibilidad de prácticas de autosubsistencia que nos permiten,



aunque en ciertos niveles de soledad, vivir la vida de una manera digna; otra cosa es la realidad de la gran mayoría de personas de nuestro país que no está pudiendo vivir la vida de esa manera. La pandemia ha exacerbado las brechas sociales, económicas y culturales que se anclan en las desigualdades y las inequidades que caracterizan nuestra sociedad.

La Misión había puesto de manifiesto problemas importantes en la educación de nuestro país. Estos coincidían con lo identificado en el Plan Decenal de Educación y con lo planteado por quienes participaron en los diálogos de educación entre gobierno y sociedad civil: (a) baja cobertura en las posibilidades de acceso al conocimiento por parte de grandes sectores de nuestra población, especialmente en aquellos niveles, primera infancia y educación media, cuyo déficit representa una de las raíces más fuertes de la inequidad; (b) deficiencias en la formación de los maestros y maestras de los distintos niveles, tanto en lo relativo a la formación disciplinar, en unos casos, como pedagógica, en otros; en la formación en investigación tanto en cuanto posibilidad de actualización permanente de los saberes, como en cuanto condición necesaria para lograr innovaciones y respuestas pertinentes a las necesidades de los niños niñas y jóvenes, de acuerdo con sus condiciones de diversidad, y a las demandas de sus contextos; (c) dificultades en la incorporación de las TIC no solo como herramientas de comunicación y procesamiento de textos, sino como posibilidades de enriquecimiento del proceso pedagógico; (d) comprensión poco profunda de las neurociencias y sus impactos en el desarrollo humano integral de los y las estudiantes, que permitirían enriquecer los procesos pedagógicos en el aula y los aprendizajes alcanzados por los niños, niñas y jóvenes; (e) déficit en las dinámicas de innovación pedagógica orientadas a una formación que vaya más allá de la enseñanza de contenidos disciplinares y que se oriente al desarrollo del pensamiento crítico y de la sensibilidad estética con la incorporación del ecosistema ciencia-arte en la escuela; (f) deficiencias en los procesos de formación socioemocional, de formación ciudadana, de fortalecimiento de la memoria y de la historia como condiciones de autorreconocimiento y potenciación del agenciamiento, de educación para la paz.

La pandemia ha puesto de relieve estas problemáticas de la educación, agudizando de manera dramática algunas de ellas. Según el Informe de la Cepal del

primer período del 2020, como efectos proyectados de esta pandemia tendremos 11 millones más de desempleados y 28 millones más de pobres en América Latina y habrá mayor desigualdad. Esto marca un retroceso importante en los esfuerzos por reducir la pobreza de la última década. Esto afectará especialmente a los estratos socioeconómicos más bajos, a las mujeres, a las minorías étnicas, a las personas migrantes, a quienes viven en los sectores rurales y, dentro de estos grupos, aún más a los niños y niñas, por las afectaciones directas que ha sufrido el sistema educativo, principal instrumento generador de oportunidades para estos grupos poblacionales.

La pandemia ha exacerbado las condiciones de precariedad en las que tienen que vivir muchos niños y niñas en Colombia, obligando a un confinamiento que ellos y ellas viven como un encierro, con todo lo que esto implica en la privación de las oportunidades que representa la escuela: la posibilidad de estar en entornos seguros y de protección; de tener una alimentación que les garantice su nutrición; de tener acceso al conocimiento desde muy diversas prácticas; de jugar, reír gritar y abrazar a sus compañeros, y de generar esas prácticas de complicidad que se tejen en la amistad y que perduran en muchos casos para siempre.

Junto a esta precariedad, se han evidenciado las profundas brechas digitales y se han incrementado las desigualdades en el acceso a procesos de formación de calidad, a la cultura, a las oportunidades humanas y sociales que brinda la educación. Esto se da de la mano de procesos muy extendidos de analfabetismo digital presente en muchos padres y cuidadores. Ante la necesidad de tomar un rol más activo en la educación de sus hijos, son presa de una inseguridad que se expresa en estrés, inestabilidad emocional y, en muchos casos, prácticas de maltrato a los niños. Se han transformado las relaciones familiares, sus dinámicas de supervivencia y el uso de los tiempos, lo que genera situaciones que ponen en desventaja a las mujeres, sobre quienes ha recaído en mayor porcentaje el cuidado y la educación de sus hijos.

De la misma manera en la que las familias no estaban preparadas para el confinamiento y la transformación de su rol frente a la educación de los hijos, los maestros, los rectores, tampoco lo estaban; de hecho, tampoco estaba preparado el sistema educativo de nuestro país para enfrentar algo tan imprevisible como ha sido esta pandemia. A los maestros y maestras esta situación los puso en una condición difícil. Los vacíos en la formación digital se hicieron evidentes en las dificultades



para responder de manera rápida adaptando sus saberes y sus modelos pedagógicos a la virtualidad, a la distancia, a su traducción en un programa de televisión o de radio, o simplemente a permitir que sus discursos científicos y pedagógicos pudiesen expresarse en una llamada telefónica, o en un audio de whatsapp. Sin duda frente a este desafío han aparecido experiencias de una riqueza inimaginable de las que como sociedad y como sistema educativo tendremos que aprender, pero también se hicieron evidentes vacíos en la formación que ya se habían identificado en la Misión.

Ante esta situación, la respuesta no será aprender de lo vivido para salir de la pandemia, porque podrán venir otras. Se trata de aprender no solo nuevas técnicas para la enseñanza, o sistemas rigurosos y protocolos de seguridad. Se trata de aprender de lo vivido para saber qué es lo que como sociedad no queremos repetir. En el confinamiento hemos descubierto el valor de la austeridad, de ir más despacio, de compartir en familia, de la solidaridad y el cuidado de sí y de los demás. Hemos aprendido que el dinero no lo compra todo y que la economía de mercado no puede convertirnos en una sociedad de mercado. Hemos comprendido también que la educación no puede restringirse solo a la enseñanza de saberes, sino que tiene que permitir el despliegue de todo el potencial humano de los niños, las niñas y los jóvenes; la educación tendrá que preocuparse cuando regresemos a los colegios, no solo del rezago en el aprendizaje, sino fundamentalmente de la formación de pensamiento crítico y cooperado, del trabajo en equipo, del enfrentamiento de la incertidumbre, del desarrollo de múltiples perspectivas que les enseñen a innovar y a encontrar otras maneras diversas de construir el aprendizaje; la escuela tendrá que abrir sus aulas y hacer de los contextos, las ciudades, los pueblos, las veredas, escenarios de aprendizaje y desarrollo humano; la escuela tendrá que migrar hacia una educación con una perspectiva más interdisciplinar que ayude a comprender la complejidad de los fenómenos que como sociedad tenemos que enfrentar; tendrá que priorizar una relación diferente con la ciencia, con la construcción de los saberes desde procesos de investigación e innovación anclados en el fomento al espíritu científico de niños, niñas y jóvenes y de sus maestros; tendrá que aprender a dialogar y reconocer los diversos saberes que están presentes en las tradiciones y en las culturas. La escuela no podrá ser la misma que antes, porque la pandemia y el confinamiento nos cambiaron.



Frente a estos grandes desafíos la Misión está proponiendo un camino posible para reducir las brechas que se han ampliado, para atacar de frente algunas de las raíces más hondas de la inequidad, para instalar procesos nuevos de educación de niños niñas y jóvenes y procesos de formación de maestros centrados en el fortalecimiento del desarrollo humano con equidad, como condición primera de calidad de los procesos educativos. Como no es posible desarrollar todas las propuestas de la misión en educación de manera homogénea e inmediata en el país, la Misión propone el desarrollo de cinco proyectos piloto que permitan experimentar, evaluar y aprender, para luego escalar progresivamente su aplicación hasta cubrir todo el país. Estos pilotos se pondrán en marcha en distintos municipios o zonas delimitadas dentro de ciudades. Allí se implementarán: (a) la estrategia de universalización de la educación de calidad con atención integral a la primera infancia, potenciando el desarrollo y puesta en marcha de la política de estado *De Cero a Siempre* (Ley 1804 de 2016), con estrategias centradas en familia y comunidad, articuladas con maestros, normales, universidades y grupos de investigación, a través de los Centros de investigación y educación, familiares y comunitarios como instancias de articulación intersectorial; (b) la estrategia de 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 y cultura locales y de sus comunidades, desde la investigación y la innovación; (c) La creación de Centros de Investigación e Innovación educativa locales que articulando la experiencia de las facultades de educación, las normales y los grupos de investigación de la región, puedan recoger las experiencias exitosas de formación, incentivar las redes de maestros, y desarrollar procesos de formación de educadores con fortaleza en la investigación y garantizando los más altos niveles de calidad; (d) la puesta en práctica de tres componentes esenciales de una educación que se encamine a cerrar brechas, y a construir una nación altamente productiva, sostenible y diversa biológica y culturalmente: el desarrollo del ecosistema arte-ciencia en todos los niveles de la educación; el proceso de desarrollo socioemocional, ciudadanía y construcción de paz en todas las instituciones involucradas; y el desarrollo de prácticas que permitan el crecimiento simultáneo en digitalización y en humanización en los procesos de formación de maestros, y en las experiencias educativas en los colegios.

Con estos pilotos se mostrará la viabilidad de avanzar en el desarrollo humano con equidad de los niños, niñas y jóvenes de nuestro país.

La educación debe orientarse al desarrollo humano integral desde la primera infancia, para que los seres humanos podamos ser capaces de enfrentar la vida y capaces de enfrentar el mundo. De acuerdo con lo construido en la Misión, Alvarado (2020), tenemos que integrar en los procesos educativos:

- (a) El fortalecimiento de la capacidad de los niños, niñas, jóvenes y maestros, de tener un autoconcepto sano y realista, de aceptarse y querer a otros en su diferencia, en sus maneras de ser, en sus sueños, desarrollando posiciones plurales, equitativas, que aceptan y valoran la diversidad.
- (b) El fortalecimiento de su capacidad para aprender a identificar, con pensamiento abierto y flexible, problemas complejos y poderlos enfrentar crítica y creativamente, en relación con otros, desde el lenguaje y la razón, desplegando posiciones éticas y estéticas, desde el juego y el arte.
- (c) El fortalecimiento de su potencial comunicativo para aprender a compartir sentidos propios, opiniones, pensamientos, deseos; para aprender a comprender los puntos de vista de los demás, para la cooperación y el trabajo en equipo, para la creación colectiva, en diálogos interculturales que fortalecen su anclaje en un contexto simbólico altamente significativo para ellos y ellas.
- (d) El fortalecimiento de su potencial ético-moral para orientar su vida desde marcos axiológicos basados en el respeto, como reconocimiento y no como miedo y obediencia; la responsabilidad, fundamentada en la solidaridad y no en el deber; la justicia, como equidad e igualdad, no ligada a la norma y la sanción. Desde estos marcos, ellos y ellas pueden ampliar su círculo ético de manera que en su corazón y en sus marcos de importancia quepan los cercanos y los lejanos, los que piensan igual y los que piensan distinto, los iguales y los diversos.
- (e) El fortalecimiento de su capacidad para agenciar la vida que quieren y deciden vivir, y para ello es necesario desarrollar pensamiento propio, capacidad de dudar de sí para no desarrollar posiciones dogmáticas

frente a la vida, capacidad de desarrollar la memoria como una forma vital de estar parado en el mundo siempre mirando sus raíces y siempre mirando el futuro que quiere construir, de la mano de muchos, en prácticas de acción colectiva para el bien común, para soñar el mundo que quieren vivir y ayudarlo a construir, juntos de la mano, también con las generaciones adultas, pero no desde las generaciones adultas, el mundo no va hacia atrás, el mundo va hacia delante y nosotros somos apenas acompañantes en ese mundo que se abre para las infancias y las juventudes. Solo en este marco del desarrollo humano cobra todo su valor la ciencia, el conocimiento y la educación.

Referencias

- Alvarado, S. V. (2020). *El derecho a empezar al derecho: El Desafío de las Ciencias Sociales en la construcción de Desarrollo Humano con Equidad desde la Primera Infancia*. Misión Internacional de Sabios 2019. Nodo Ciencias Sociales y Desarrollo Humano con Equidad [En prensa].
- CEPAL (2020). *El desafío social en tiempos de la covid-19*. Informe Especial covid-19 N 3. Disponible en <https://cutt.ly/4hbv0Mg>
- Sen, A. K. (2000). *Desarrollo y libertad*. Barcelona: Planeta.



*No existe un sistema educativo
que sea mejor que sus maestros*

Sir Ken Robinson

3. El papel de la educación en la transformación y evolución a una nueva sociedad

Edgar Puentes

*Coordinador del foco de Industrias Creativas y Culturales.
Directivo de la Orquesta Filarmónica de Bogotá.*

La crisis que vivimos en la actualidad en el mundo ha puesto de manifiesto, en muchos sentidos, la gran importancia que tiene la educación para la transformación; es vital comprender que la generación de una nueva sociedad depende en gran medida del esfuerzo que allí coloquemos y el énfasis que en ello hagamos, mucho más al pensar en el futuro como especie y en nuestro papel esencial en la protección de la diversidad biológica y cultural de nuestro planeta. La nueva escuela que hoy empecemos a construir para nuestros niños y jóvenes permitirá, seguramente, profundizar en las líneas de conocimiento necesarias que requiere el desarrollo responsable y equilibrado de la sociedad humana, y en el que pueda puntualizarse y permitirse el restablecimiento del equilibrio biológico, social y cultural de nuestro planeta.

En este sentido, al analizar de manera general la educación, se hace primordial hacer algunas consideraciones; es fundamental eliminar la estratificación en las áreas de conocimiento y la manera en que a partir de esta se enfocan las prioridades en la educación en general en el mundo



y de manera particular en nuestro país. Los modelos significativos y en los que se evidencian mínimos de deserción escolar y un desarrollo funcional de las áreas de conocimiento, es decir, cuando la educación genera aprendizaje y procesos verificables en la formación, son aquellos en los que las áreas de enseñanza —en las etapas preescolar, básica y secundaria— son impartidas de manera igualitaria, y en la que la diversidad de los lenguajes tiene posibilidades de diálogo e interconexión.

Se hace entonces necesario establecer un diálogo de saberes en el que áreas no afines del conocimiento puedan tener puntos de encuentro, interrelación y construcción; se requiere transformar la educación de las áreas de enseñanza donde el énfasis se hace en el campo teórico, por el de una práctica en el aprendizaje donde el conocimiento sea evidente y contextual, dándole un sentido práctico y aplicable en los aspectos más comunes y sofisticados de la cotidianidad.

De otro lado —y no menos importante—, se hace vital profundizar en conceptos y desarrollos como la hiperhumanización o el humanismo avanzado. Además, debe insistirse en que la formación y práctica de un pensamiento sensible y estético, y la formación artística en todas sus manifestaciones, ocupen un lugar fundamental en todos los niveles del sistema educativo a través del cual se fortalezca el desarrollo de la personalidad, consolidando así en el individuo tanto su capacidad expresiva, como un espíritu consciente y crítico, todo esto, como respuesta a un desarrollo tecnológico y virtual cada vez más presente, y a la pérdida generalizada del respeto y aprecio por la naturaleza, los ecosistemas y la vida.

De la misma manera, es fundamental una revolución en la educación de nuestros maestros. Se requiere de manera importante y vital un proceso de formación a formadores, en el que se enfatizan conceptos fundamentales de la educación, como escenario creativo y en transformación. Recuperar su confianza, dignificar su trabajo, potenciar en términos de estatus su posición ante la sociedad, recobrar el espíritu de aprendizaje en su propio proceso, enfatizar la exploración, el descubrimiento y fortalecimiento emocional, desarrollar modelos de aprendizaje y encuentro interior basados en las reflexiones de la búsqueda del significado y el sentido de ser en lo personal y lo profesional son ejercicios de gran importancia, si se quiere una verdadera transformación de la escuela como un espacio de desarrollo del conocimiento y el pensamiento. Gran parte de este esfuerzo, debe concentrarse en términos de inversión de capital humano en los maestros y en menor grado en el sistema, dado



que el verdadero impacto y las grandes transformaciones se dan por parte de ellos, como protagonistas del mismo; fortalecer su papel como “artistas creadores” en el proceso de la enseñanza se hace fundamental, recuperando y reforzando su papel como guías, incitadores, provocadores, facilitadores, donde de manera permanente se resalte que los primeros que deben percibirse sorprendidos sean ellos mismos.

Igualmente, los modelos educativos deben articularse a la diversidad de procesos en los diferentes territorios del país; es esencial comprender las bases raizales en su espacio cultural, generar procesos de conexión e interacción con otros escenarios y modelos culturales —mientras más diversos mejor—, su interrelación con el mundo en general y la apropiación de herramientas y formas de conocimiento que enriquezcan su discurso, lo diversifiquen y les permitan ver posibilidades de inserción en una comunidad global; en este mismo contexto, debe retornarse a un tipo formación donde la práctica y vivencia del arte y la ciencia, se den de manera conjunta, en un gran ecosistema del conocimiento, en el que no existan diferencias y en el que sus potencialidades se fortalezcan y permitan un crecimiento conjunto.

Finalmente, se requiere una revisión y una transformación esencial del sistema curricular. Muchas de las asignaturas que hoy se imparten y la estratificación y el énfasis en ciertas áreas del conocimiento, responden a un modelo de sociedad de más de dos siglos de antigüedad; parte de sus metodologías y elementos sobre los que profundiza plantean un alejamiento de un ecosistema natural de educación, transformando el modelo en un sistema mecanicista, anclado en la evaluación como un fin y no en el proceso de aprendizaje y descubrimiento; es vital retornar a la curiosidad y la creación, como dinamizadores del aprendizaje y como motores de una verdadera revolución educativa.

En el momento en que Colombia transforme su modelo de educación en uno que privilegie la diversidad en todas sus manifestaciones y categorías como un potencial y valor agregado —con la participación activa de la sociedad, la academia, el estado y la empresa—, y en la que se potencie su importancia y protagonismo en la vida cotidiana, en la que se valide el conocimiento y su contexto, en la que se resalte su valor en la construcción de las complejas dinámicas sociales e individuales y en la que entendamos que como seres vivos somos uno y que todos estamos conectados, estaremos dando los primeros pasos hacia la construcción de una verdadera, responsable, sensible y consciente sociedad del conocimiento.

4. La ciencia, el largo plazo y las crisis

Ludger Wessjohann*

Director del Departamento de Química Bioorgánica del Leibniz Institute of Plant Biochemistry.

Vivimos en tiempos de cambio rápido, y uno puede preguntarse, ¿por qué los científicos escriben recomendaciones para las próximas dos décadas para —con suerte— apoyar e influir positivamente en las decisiones políticas? El tiempo de vida de las noticias o de Twitter es de un día o dos. Las aplicaciones y los teléfonos inteligentes duran unos pocos años, el horizonte de algunas decisiones políticas es solo hasta las próximas elecciones, y el de muchos empresarios hasta el próximo informe anual.

Pero puedo controvertir eso: ¿Por qué construyes una casa o compras un apartamento?, ¿por qué los agricultores plantan árboles que dan frutos solo después de varios años?, ¿por qué las universidades y la industria farmacéutica invierten en la investigación de medicamentos (compuestos bioactivos) que tardarán 20 años en comercializarse, pero

* Estoy agradecido con los colegas y con el personal de apoyo de Halle y de Colombia que me permitieron participar en esta extraordinaria tarea, especialmente a Silvia, Martín, Lucía y Ricardo, y a los muchos colombianos que me aceptaron tan bien y me aportaron con su contribución. También reconozco el apoyo financiero del Instituto Leibniz de Bioquímica Vegetal (IPB) y UniAndes/Colciencias.



que probablemente fracasarán en el camino?, y ¿por qué se casan, o envían a sus hijos a la escuela por más de cinco años?

La actual crisis del coronavirus es un ejemplo perfecto de lo importante que es el trabajo y el asesoramiento científico constante, pero también de las limitaciones del asesoramiento científico y su transformación dentro

Los científicos no sabíamos mucho sobre el virus del SARS-COV2 cuando apareció, pero que algo así aparecería fue claro para la ciencia después del SARS y el MERS, ya que fueron estudiados hace muchos años. Se dieron advertencias a la política, especialmente en China, que incluso culminaron en simulacros de entrenamientos de respuesta a pandemias —por ejemplo, en Alemania—, que sin embargo ayudaron poco. Así pues, el Coronavirus no es un cisne negro, sino uno gris —las catástrofes repentinas que afectan negativamente a los mercados de manera impredecible se denominan incidencias del “cisne negro”—.

En los últimos meses, la ciencia proporcionó rápidamente cada vez más información y más segura en el caso de Corona2/Covid, en momentos en que todavía no había ninguna financiación especial que estuviera en vigor. ¿Por qué fue eso posible?, ¿por qué sabíamos cómo se propagan las infecciones, cómo intubar a la gente, por qué estaba disponible el Remdesivir? No por una reacción al Coronavirus, sino por una constante inversión en ciencia básica (gobierno) y aplicada (empresas) y desarrollo antes de que surgiera esta crisis. Las pruebas de PCR para medir la carga viral se desarrollaron antes del Coronavirus, porque alguien financió esto hace años. En el momento del descubrimiento de la PCR, seguramente era una ciencia básica exótica sobre la replicación del ADN. Pero también fue porque alguien más desarrolló la síntesis química de ADN, que luego se requirió para los primeros de la PCR, porque los ingenieros de una compañía construyeron la síntesis de ADN y las máquinas de PCR hace años, y porque los laboratorios de diagnóstico invirtieron en el equipo antes de que apareciera el coronavirus.

En el camino hacia un mayor conocimiento del coronavirus se produjeron errores debido a la falta de datos. Pero sin la ciencia y la tecnología, la situación sería mucho peor —no hay comprensión de la infección, no hay pruebas disponibles, no hay opciones de tratamiento, etc.—, y con decisiones políticas que ignoran el —por imperfecto que sea— asesoramiento científico, las cosas empeoran mucho más, poniendo en peligro la vida y la riqueza de las sociedades modernas. Basta

con mirar a los países que escuchan frente a los que no lo hacen. Estos últimos aprendieron o todavía aprenden de la manera difícil - la ignorancia hacia la ciencia no funciona, ¡el virus ama la ignorancia!

Actualmente, el reflejo de la política es destinar todo el dinero disponible a la investigación del virus y a los planes de acción para la pandemia. Parte de ello tiene sentido, pero no en la medida en que esto pone en peligro el futuro de la ciencia y el apoyo al desarrollo en el aspecto más general durante muchos años venideros, en el sentido de que obtiene fondos de los otros objetivos importantes y más a largo plazo. Es probable que el próximo “cisne negro” en Colombia no sea un virus, puede ser un terremoto, inundaciones, sequías severas en los llanos que aumentan durante décadas debido a la pérdida de bosques, o una cepa de Malaria resistente a las drogas y al frío que se está propagando. ¿Quién lo sabe? Nadie.

Por lo tanto, es importante tener una agenda, un plan a largo plazo. Un plan que mejore la capacidad general y la resistencia del sistema científico colombiano a lo largo de los años y que, por consiguiente, dependa de los resultados científicos, sociales y económicos. Esto debe hacerse de manera independiente de la incidencia impredecible del cisne negro. Solo se puede tener una mayoría de cisnes blancos —avances positivos— si se invierte constantemente en ellos. O para seguir con la analogía: si construyes tu casa, no invertirás todo el dinero en una sola pared, solo porque parte de ella se haya derrumbado. Puedes reforzar el punto débil, pero continuarás con su construcción planeada, cuidando que especialmente los cimientos sean mejorados y ahorrando, para que los futuros impactos sean mínimos y no afecten a todo el edificio ¡El plan dado por la misión es un plano de los cimientos!

Los problemas que se arrastran, aquellos que no son inmediatamente visibles, durarán mucho más allá de cualquier período de gobierno, pero son mucho más peligrosos para el bienestar de Colombia que incidentes aislados como la crisis de la coronavirus (o del zika hace unos años - vea lo que pasó con ella). Los problemas que se arrastran no aparecen en los titulares o rara vez llegan a los medios de comunicación, como la falta de educación o el fracaso del desarrollo regional. La pérdida de biodiversidad se nota pero se convierte en la nueva normalidad. Incluso el cambio climático en su mayor parte solo aparece en los titulares si ocasionalmente aparecen efectos meteorológicos severos, pero es al menos más visible porque tiene el potencial de destrucción del planeta. A largo plazo, las consecuencias de estos



y otros problemas de lento crecimiento serán más severas que las múltiples crisis de coronavirus golpeando juntas.

Como científicos estudiamos nuestro medio ambiente, la naturaleza, la gente, todo. A largo plazo. Estudié ciencias naturales, y finalmente me especialicé en química, porque estaba y sigo estando fascinado por las maravillas de la naturaleza. Y Colombia está llena de tales maravillas; este país es realmente abrumador en este sentido. Por ello temo las amenazas que se ciernen sobre esas maravillas, que para mí son más aterradoras que el coronavirus. Así, como miembro de la misión, contribuir al uso sostenible de la riqueza natural de Colombia se convirtió en mi preocupación personal, y como químico también tengo una vena por donde corre mi interés en el desarrollo industrial y la economía. Ciertamente es y no será posible tener un desarrollo regional y económico positivo sin impactos en la naturaleza. También las áreas designadas como parques nacionales, aunque estén bien protegidas, no pueden sustituir a un sistema general de uso sostenible. Por otra parte, no todas las necesidades de la humanidad pueden satisfacerse con procesos 100 % sostenibles, y no todo lo que es sostenible coincide con la preservación de la biodiversidad. Así que hay conflictos que no pueden ser resueltos, y en el área temática en la que estuve involucrado (Biotecnología, Bioeconomía y Medio Ambiente), fue motivo de discusión la convergencia entre esos dos propósitos - desarrollo y preservación de la biodiversidad - para evitar desarrollos negativos para Colombia, como los que se ven en partes del Sudeste de Asia o África. La ciencia y unas decisiones políticas sabias en lo económico pueden ayudar a minimizar estos conflictos y a curar los inevitables que se presentarán en el futuro, cuando sepamos más.



5. Bioeconomía en la post-pandemia

Elizabeth Hodson de Jaramillo

Profesora emérita Pontificia Universidad Javeriana.

Miembro Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales

Guy Henry

Economista agrícola, y delegado regional para América Latina, CIRAD, France

Silvia Restrepo

Vicerrectora de Investigación y Creación, Universidad de los Andes

De acuerdo con los análisis globales iniciales del post-COVID-19, parece haber consenso en que una de las lecciones más evidentes es la importancia fundamental de la producción y comercio sostenibles —cadenas agroalimentarias con sostenibilidad— a nivel local y regional, lo cual destaca la relevancia de la bioeconomía que se propone con un modelo de desarrollo territorial. Es un hecho que la agricultura y el sistema alimentario van a ser consideradas como actividades estratégicas de interés público nacional y que probablemente van a contar con más apoyo no solo de todos los órganos del Estado y sus políticas, sino también de toda la sociedad en general. Se plantea el fortalecimiento y la integración a nivel local de los diversos sistemas productivos y la adición de valor a los recursos en un contexto de sostenibilidad social, ambiental y económica. Se trata de interconectar diversas actividades productivas y económicas y así establecer verdaderas redes de valor de los productos para su valorización “in situ” con los consiguientes beneficios para las comunidades y empresas así como para el bienestar de la población. El marco



de la bioeconomía también implica la integración de las actividades requeridas para apoyar las soluciones de objetivos sociales, económicos, medio ambientales y de salud.

Se parte de la premisa de que el marco conceptual y político para el desarrollo sostenible del país es la bioeconomía con enfoque territorial en el marco de los ODS, con el uso del conocimiento y las biotecnologías para comprender, conservar y dar valor agregado a los productos de la biodiversidad, incluyendo la biomasa cultivada y residual de la agricultura. Con este enfoque es posible promover una especialización inteligente de los territorios, para la innovación y el cambio estructural con enfoque de sostenibilidad, así como para potenciar políticas de desarrollo agrícola y rural. El alto costo de transporte de la biomasa cultivada o residual motiva el procesamiento o transformación directamente en el lugar donde se produce y representa un gran potencial para promover procesos inclusivos de desarrollo territorial y la creación de empleos de calidad. Se trata de adicionar conocimiento y establecer nuevas cadenas y redes de valor a partir del uso de biomasa tanto agrícola, marina y forestal así como residual, en busca de nuevos bioproductos y servicios, generando pymes basadas en el conocimiento que permitan desarrollo empresarial y paralelamente que reduzcan la contaminación ambiental producida por los desechos. La valorización de los recursos naturales en el territorio, en el tiempo, va a reforzar sus economías, generando más empleo mientras cuida el entorno natural.

Los confinamientos y efectos disruptivos ocasionados por la COVID-19 han demostrado la enorme fragilidad de las personas, las empresas y de la sociedad para el acceso a bienes y servicios esenciales. Se han hecho evidentes inequidades, desigualdades y debilidades críticas en los sistemas de salud y en los sistemas alimentarios. Queda clara y evidente la relación entre la diversidad biológica, la seguridad alimentaria y nutricional (SAN) y la salud planetaria. Dependemos totalmente de las plantas, los microorganismos y los sistemas de soporte a la vida (agua y suelo) que interactúan y mantienen balances sorprendentes. Por esta razón, para la reactivación que se requiere en el corto plazo para iniciar la recuperación de las graves y profundas consecuencias de la COVID-19 es imprescindible la conservación y uso sostenible de los recursos naturales. Parte del desarrollo sostenible territorial que se plantea implica recuperar y estimular el uso de la variada agrobiodiversidad regional y la promoción del uso de especies locales adaptadas a factores bióticos



y abióticos y de uso tradicional para darles valor agregado *in situ* y promover la resiliencia. En forma paralela es necesario trabajar de la mano de economistas y administradores con el fin de hacer más eficientes las redes de valor circulares, y agilizar así la logística de distribución de todos los productos y subproductos de los sistemas agroalimentarios.

La crisis climática es una de las mayores amenazas que enfrenta la humanidad actualmente y se están evidenciando sus consecuencias. El cambio climático, la destrucción y la degradación de los ecosistemas son la razón principal de la pérdida de la biodiversidad, y es claro que constituyen una amenaza para el desarrollo y la calidad de vida, facilitando la presencia y proliferación de zoonosis que afectan a la población. La incidencia de contagios de una zoonosis ocurre como resultado de complejas y delicadas interacciones entre ecosistemas naturales y humanos, en condiciones socioeconómicas y estructurales que determinan si la zoonosis se convierte en un brote, en una epidemia o en una pandemia. La deforestación, la fragmentación del hábitat, la reducción en diversidad genética y el espacio reducido para animales salvajes son factores relacionados con esto. Hay algunos trabajos que demuestran esta correlación y sería muy oportuno y estratégico iniciar un proyecto piloto en Colombia con el fin de monitorear los cambios en la biodiversidad —animal y vegetal, dada su complementariedad—, así como la integridad de los ecosistemas que podrían dar noción de lo que está ocurriendo y encontrar los puntos críticos. Se requiere el estudio de aquellas poblaciones que debido a las actividades humanas se ven altamente favorecidas en detrimento de otras, y facilitan el acercamiento a las poblaciones humanas y se convierten en focos de transmisión de zoonosis.

Para impulsar este nuevo enfoque que requiere el país, la biotecnología es la herramienta fundamental para conservar y adicionar valor a los recursos biológicos a través de su transformación y ha permitido avances innovadores en la producción y sostenibilidad agrícola. Es una convergencia tecnológica en la que la biotecnología es un elemento dinamizador que facilitará nuevas oportunidades de emprendimientos a nivel regional.

El trabajo en el territorio comienza con la organización de una plataforma de diálogo con los actores para, con ellos avanzar en la reflexión y los análisis necesarios para la formulación de una estrategia de bioeconomía. La mejor alternativa para la definición de estrategias y soluciones en este tipo de desarrollo y afianzar



sus posibilidades de éxito es la acción participativa y proactiva de todos los actores involucrados a partir de la base, es decir la denominada *bottom up* porque es la comunidad misma la que conoce sus características, sus recursos, sus capacidades, sus productos estratégicos que le pueden dar competitividad y, también conocen cuáles son las actividades que pueden facilitar emprendimientos exitosos que generen empresas estables, sostenibles que proporcionen prosperidad, salud, y empleo para quienes han visto reducidas sus fuentes de ingresos. Complemento indispensable para que se adopte este enfoque de innovación para la recuperación a nivel territorial, es la elaboración e implementación de una estrategia de formación enfocando a los diversos públicos para que cada uno de los miembros de la sociedad conozca y se comprometa realmente en la implementación de los planes formulados de común acuerdo ajustados a las condiciones, capacidades e intereses regionales. Se incluyen seminarios y talleres para grupos interesados y/o grupos de actores cuyo objetivo es de instaurar una bioeconomía territorial. Finalmente, para cerrar el ciclo, no se pueden escatimar esfuerzos para promover el incremento en el apoyo financiero a la investigación en forma sostenida en el tiempo de manera tal que se puedan crear o fortalecer las infraestructuras y capacidades humanas suficientes que se requieren para soportar esta transición al modelo de bioeconomía.

El foco de BBMA propone algunas líneas estratégicas de actividades en el escenario de pospandemia, las cuales plantean la generación de empleo, la seguridad alimentaria y nutricional en todo momento incluyendo periodos de crisis como los actuales, y generación de bienestar. El punto de partida dentro de un enfoque de ciudad-región, es la presunción de que el espacio rural era, es, y aún más será, un lugar más salubre y seguro que las ciudades y que el fortalecimiento de la producción agrícola en sistemas circulares es el motor de la reactivación productiva en el país.

Objetivos generales

1. Mejorar la productividad del agro siguiendo los preceptos de la agricultura sostenible, regenerativa (agroecológica), eficiente y



climáticamente inteligente. La agricultura no debe ser vista per se sino como un sistema agroalimentario sostenible integral en cadenas o redes holísticas circulares, participativas e inclusivas.

2. El reposicionamiento de la actividad agropecuaria como sector determinante para la recuperación de la economía mundial es fundamental para preservar la seguridad alimentaria y nutricional (SAN) y el desarrollo social, sin embargo con un enfoque integrado de “sistema alimentario”.
3. Reconstrucción del tejido social en el espacio rural. Si respetamos la economía circular, reconstruiremos el tejido social, promoveremos el bienestar regional y se puede reducir la tasa de migración a las ciudades. Para ello también es indispensable fortalecer el acceso de toda la comunidad a las redes y a los avances en telecomunicaciones e informática (conectividad).

Las propuestas pospandemia, derivadas de los retos y misiones que se sugieren como prioritarias son:

- Convocatorias de Colombia-Bio con énfasis en bioprospección para el desarrollo de bienes y servicios con valor agregado, como fundamento para las de bioeconomía.
- Tres proyectos modelo piloto de bioeconomía regional enmarcados en los ODS, con enfoque de desarrollo territorial en un concepto integral de cadenas y redes de valor, en donde la adición de valor se realice a nivel local y regional. Esto incluye la posibilidad de cerrar ciclos productivos, mediante la utilización eficiente de la biomasa de desecho (residual) derivada de la producción y consumo. Los modelos piloto se ajustan a las condiciones y capacidades regionales en tres regiones: Amazonas, zona cafetera y Valle del Cauca.
- Programa (más que un proyecto) de investigación sobre la Gestión Integral del Agua en Colombia en un contexto de cambio

climático. Adicional a las amenazas de zoonosis es indispensable responder a la amenaza de cambio climático que, de hecho, puede aumentar el riesgo de zoonosis y afectar profundamente la producción agropecuaria.

Conclusión

A nivel global hay coincidencia en que “volver a lo normal” no es una opción y que se debe promover un cambio radical que permita contar con sistemas productivos suficientes, estables y amigables con la sociedad, su salud y con el ambiente. La pandemia del COVID-19 nos da la oportunidad de revisar y ajustar los sistemas de vida, producción, demanda, acopio, transformación y procesamiento, consumo nutricional, y especialmente de disposición de desechos hacia sistemas circulares. Esta oportunidad también favorece el enfoque de bioeconomía para el desarrollo territorial con sistemas circulares, con mayor resiliencia para beneficio de la sociedad y del planeta.

6. La ciencia, la tecnología y la innovación como constructoras de un futuro diferente

Juan Benavides

Coordinador del foco de Energía Sostenible

La economía global se encuentra en su peor crisis desde la segunda guerra mundial. Las políticas públicas tomadas desde marzo de 2020 para atender la amenaza de la pandemia del coronavirus han combinado, con variantes por país, restricciones a la circulación de bienes e individuos, y estímulos monetarios y fiscales. Colombia es una economía vulnerable porque es poco diversificada, sus productos tienen escaso contenido tecnológico, por el peso de las exportaciones de materias primas en su generación de ingresos, y por la gran informalidad de sus establecimientos productivos. Por ello, el choque económico tendría histéresis muy costosas en nuestro país: de manera irreversible, se cerraría una fracción de empresas y empleos.

No se conocen los eventos futuros de evolución de la economía (que tienen distribuciones con colas largas) ni sus probabilidades de ocurrencia. Esta es la condición que Kay y King (2020) denominan *incertidumbre radical*. Cuando este es el caso, se deben tomar decisiones robustas (que no dependan de predicciones) para aumentar la resiliencia y la antifragilidad.



La resiliencia es la capacidad de sobrevivir perturbaciones grandes e inesperadas. La antifragilidad es prospectiva: captura nuevas oportunidades. Un sistema es anti frágil cuando se beneficia de perturbaciones grandes e inesperadas. La crisis ha hecho visible y urgente la necesidad de adoptar tecnologías de propósito general y de generar capacidades flexibles y adaptables para que la economía y la sociedad, que son los sustratos en los que se inserta la crei, puedan navegar futuros inciertos y complejos.

La crisis tiene otro lado de la moneda: (1) los desempleados y los empresarios quebrados pueden cambiar a ocupaciones con mayor futuro y/o competir con mejores productos; (2) la digitalización forzosa de algunas funciones empresariales ha abierto una rendija a la búsqueda de nuevos mercados y productos para suplir la destrucción de la base de clientes y de la demanda previa; por ejemplo, Nadella (CEO de Microsoft) opina que en dos meses de pandemia se avanzó el equivalente a dos años en digitalización, y Gifford —tercer mayor accionista de Tesla y activo inversionista en firmas de tecnología— afirma que en los dos o tres próximos años, las firmas que lideren la adopción digital podrán avanzar lo que ordinariamente les hubiera tomado diez años; 1 de cada cuatro empresas de Estados Unidos tendrían todos sus sistemas digitales en la nube en 2021; (3) Colombia tiene más capital humano y universidades sólidas, y mayor base manufacturera y de servicios que muchos países vecinos, y una localización que no ha servido hasta la fecha para apalancar la creación de ventajas competitivas; los países de América Central tienen un déficit severo de talento que se puede servir con empresas colombianas de tercerización de procesos de conocimiento (Knowledge Process Outsourcing, KPO) colombianas en procesamiento de datos, ingeniería y salud, por lo menos, aprovechando el exceso de talento a precios competitivos con respecto a las oportunidades productivas locales; además, en el contexto del comercio internacional, Colombia se puede beneficiar de la tendencia de largo plazo salir de las cadenas de valor localizadas en China. Muchas compañías de Estados Unidos están buscando producción *near-shoring*.

En el corto plazo, la política pública general debe enfocarse en ‘cortar las colas’ de las distribuciones de impacto. Las vulnerabilidades que el Mincrei puede ayudar a reducir en este plazo, en alianza con otros actores públicos, son: la funcionalidad de los sistemas de salud y educación pública con restricciones de circulación, la

fractura operativa y logística de las pymes, la dislocación de los ecosistemas de emprendimiento, la ausencia de usos productivos de la digitalización y la banda ancha, y el déficit de talento y formación en nuevas tecnologías. Hay una estrecha ventana de tiempo para no caer en la trampa de la economía de subsistencia o del retorno automático al pasado.

Algunos analistas opinan que, en la crisis, lo urgente ha barrido lo estructural. En ciencia, tecnología e innovación —por lo menos— esta percepción es profundamente errada. Todo lo contrario. La implementación de las medidas de corto plazo es complementaria y potencia el desarrollo concurrente de las iniciativas de largo plazo propuestas por la *Misión Internacional de Sabios 2019*. Por ejemplo, la recuperación verde y la bioeconomía configuran un continuo de oportunidades en el tiempo. El desarrollo de la biomedicina se apoyará en la plataforma crítica para la cuarta revolución industrial que se empezaría a construir con un plan de choque de conectividad inteligente de la economía. La gran velocidad de los cambios ocurridos nos puede acercar a la frontera tecnológica, si se toman las medidas correctas. El futuro y la tecnología llegaron aceleradamente, por fuerza.



7. La transición hacia la nueva Colombia después de la crisis COVID-19

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

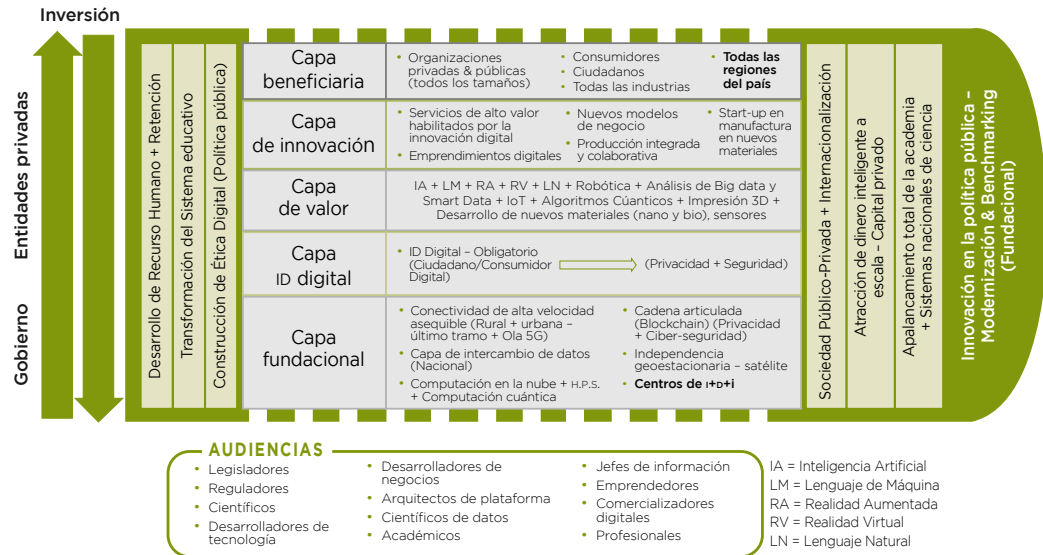
Gran parte de la infraestructura que hace parte de la *arquitectura crítica* propuesta por los miembros del foco temático de Tecnologías Convergentes (Nano, Bio, Info y Cogno) e Industrias 4.0 de la *Misión Internacional de Sabios 2019* está en construcción (véase Figura 1). La *capa fundacional* que requiere conectividad para todo el país, está en curso. La cobertura de Internet a 2019 fue de aproximadamente 60 % (30,9 millones) según cifras del DANE, considerando el internet móvil. Es importante aclarar que las cifras de cobertura en las regiones apartadas y territorios rurales son inferiores en número y en calidad. Por lo tanto, es necesario convocar y hacer una invitación amplia para crear un esfuerzo nacional público-privado, con los incentivos adecuados y atraer inversión nacional e internacional, así como conocimiento del sector privado (i.e. operadores y empresas de tecnología) para crear las mejores condiciones con la meta de universalidad de banda ancha de calidad para el año 2030. La cobertura de internet en el ámbito global al mes de abril de 2020 fue de 59 %, 4540 millones de personas (Statista, 4 de junio de 2020).



Figura 1. Arquitectura crítica para la oportunidad global de Colombia.

Se proyecta una expansión de cobertura en internet en Colombia hasta lograr que el 90 % de la población tenga una buena conectividad. Si bien esto es una visión a largo plazo, horizonte 2030, para una Colombia equitativa, la cobertura deberá ser del 100 % con velocidades 4G o mayores. Con lo anterior, todos los colombianos (*capa beneficiaria*) tendrán acceso y podrán contribuir o participar de los beneficios de la teleeducación, telemedicina, teletrabajo, inclusión financiera, acceso a energía y electricidad de bajo costo, datos e información inteligente (*Smart data*), agricultura inteligente (*AgriTech*), nuevos negocios y servicios de alto valor agregado, emprendimientos digitales, entre otros.

Además, cumpliendo con la propuesta de una *capa de identificación digital*, con la debida protección en términos de privacidad y seguridad, Colombia está en proceso de asignar una identificación o cédula digital a cada ciudadano. La cédula incluirá la historia clínica y datos biográficos de la persona. Actualmente se asignan identificaciones digitales a los que llegan a la edad requerida y por reemplazo de la cédula o duplicado. Incentivos deben darse de tal manera que los colombianos deseen formar parte de este nuevo método, y así, el 100 % de la población tendrá una



identificación o cédula digital. El éxito práctico de esta plataforma de identificación digital dependerá de que los sistemas digitales de gobierno se hagan accesibles y estén conectados a través de una capa de interconexión de datos que permita el ofrecimiento de servicios ciudadanos con gran agilidad y transparencia.

Con la cobertura adecuada y moderna de internet y la identificación o cédula digital, Colombia acelerará la democratización de datos e información inteligente. En esta democratización, el campo de la educación será el más beneficiado. Por ejemplo, el problema del bilingüismo al inglés en Colombia puede resolverse. Esta es una fruta baja que puede implementarse a nivel nacional; las mismas lecciones de inglés y las unidades de inmersión bilingües pueden hacerse accesibles a todos en el país.

En cuanto a la retención y atracción del talento humano, podemos crear una red donde los colombianos de la diáspora puedan conectarse y contribuir desde el extranjero, acercando al país a las redes globales de conocimiento, y los colombianos que se encuentran en instituciones educativas y de investigación colombianas podrán difundir su información al resto del mundo. *La Misión Internacional de Sabios 2019* fue un excelente ejemplo de trabajo conjunto entre los miembros residentes en Colombia y los residentes en el exterior.

Dicho esto, una actitud científica abierta tendrá un precio. La democratización de la información abre puertas a información no valiosa, a veces falsa, de bajo valor. El desafío es crear un sistema de investigación que no cruce las líneas de censura. Se pueden usar modelos existentes, como los que usan las revistas de acceso abierto (i.e. ciencia abierta u *open science*), que son revisadas por pares y donde el costo de la infraestructura está cubierto por las tarifas de publicación. Sin embargo, tales tarifas deben prorratearse para garantizar que el derecho de publicación también se democratice.

La *capa de innovación* se aceleró con la crisis COVID-19 y ejemplo de esto fueron los nuevos productos y servicios en el mercado nacional con proyecciones de exportación. Algunos de ellos son:

1. Educación *online* en colegios y universidades a través de plataformas “Aprender Digital” y otras, programación en canales locales y en radios y emisoras comunitarias. Aunque también evidenció significativos

desafíos de inclusión, para la niñez que no tiene acceso a conectividad y dispositivos para ese propósito. Esta es una de las lecciones aprendidas que nos debe enfocar en la meta de conectividad y educación universal como derecho básico para una Colombia equitativa.

2. Teletrabajo o *Home Office* ampliamente implementado en el sector privado y público a través de plataformas como Google Meet, Microsoft Teams, Zoom, Skype, Webex, Hangouts, entre otras, las cuales han aumentado la productividad, con efectos positivos en la reducción del impacto ambiental por la menor cantidad de desplazamientos en las ciudades.
3. Nuevas Plataformas de domicilios para generar ingresos, tales como, iFood, Domicilios.com, Uber Eats, Merqueo, Brochero, tiendacercanapostobon.com y otras. La primera plataforma de amplia penetración en Colombia fue Rappi.
4. Aplicativos o herramientas para detectar y monitorear casos de COVID-19 para mitigar el impacto de la pandemia.
5. Fabricación de desinfectantes, alcohol etílico e isopropílico (IPA) y alcohol glicerinado, por parte de las licoreras e ingenios, por ejemplo, Fábrica de Licores de Antioquia (FLA) en Medellín e ingenios azucareros en el Valle del Cauca.
6. Fabricación de respiradores artificiales por la alianza Haceb —electrodomésticos—, EIA (Escuela de Ingeniería de Antioquia), Industrias Médicas Sampedro con apoyo de Ruta N, Postobón, BID y Bancolombia, entre otros.
7. Fabricación de tapabocas reutilizables por las empresas textiles y de confección, por ejemplo, Familia, Grupo Crystal: GEF, Punto Blanco, Bay Fresh, Galax y otras.
8. Fabricación de trajes de bioseguridad por las empresas textiles Fabricato, Coltejer, Grupo Crystal, entre muchas.

Finalmente, es necesario enfocar una política pública inteligente para habilitar las recomendaciones entregadas por la Misión de Sabios en diciembre 5 de 2019, así como otras recomendaciones mencionadas en este epílogo.



8. La pandemia y el cambio climático: amenazas existenciales globales con causas y efectos comunes y sobre el retorno a la “normalidad”

Germán Poveda

*Profesor Titular, Departamento de Geociencias y Medio Ambiente
Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín.*

Al escribir estas palabras, más de 10 millones de personas han sido contagiadas y más de medio millón han muerto en el mundo por la COVID-19, una pandemia de origen zoonótico causada por el coronavirus SARS-COV-2, que fue transmitido a los humanos por murciélagos y pangolines. El riesgo de transmisión de zoonosis es mayor a partir de animales silvestres amenazados y en peligro de extinción, cuyas poblaciones han sido diezmadas por la deforestación que destruye sus hábitats, así como por la caza excesiva y el tráfico de animales. La invasión humana en áreas de alta biodiversidad está causando la sexta extinción masiva de seres vivos. Estudios recientes estiman que 2030 es el año límite para el colapso de la mayoría de los ecosistemas terrestres y marinos del planeta. Además, el cambio climático antropogénico causado por la emisión de gases de efecto invernadero



debido a la quema de combustibles fósiles y a la deforestación, está afectando la biodiversidad global y favoreciendo la expansión de virus y bacterias.

Así las cosas, la deforestación está en la raíz de las dos amenazas existenciales más urgentes para la humanidad y para la vida en el planeta: (1) aumentando el riesgo de transmisión de enfermedades infecciosas y las pandemias (actual y futuras), al aumentar los contactos entre los humanos y los animales silvestres, y (2) agudizando los impactos del cambio climático debido a la emisión de CO₂ a la atmósfera y a la pérdida de enfriamiento evaporativo. La actual pandemia ha puesto en evidencia que la salud humana y la salud económica dependen directamente de la salud ecológica del planeta. Estas razones deberían bastar para prohibir y penalizar la deforestación a escala global. En un trabajo incluido en el Volumen No. 3 de las recomendaciones de la Misión, demuestro los efectos hidrológicos, climáticos y biogeoquímicos de la deforestación en Colombia y en la cuenca amazónica (Poveda, 2020). Pero los impactos de la deforestación van mucho más allá, dado el papel fundamental de los bosques y de todos los biomas en la evolución de la vida, en la salud de los ecosistemas, en la conservación de la biodiversidad, y en su relación de doble vía con el clima y el ambiente, a través de los intercambios de agua, energía y carbono, a escalas local, regional, continental y planetaria.

Una de las propuestas del foco de Bioeconomía, Biotecnología y Medio Ambiente de la Misión (Volumen No. 1) fue la de cambiar el actual modelo de desarrollo del país, basado en la explotación de recursos naturales no renovables, incluyendo los combustibles fósiles, y productos agrícolas primarios, para dar un salto hacia la Bioeconomía, aprovechando la extraordinaria biodiversidad de Colombia, y que mediante la utilización de las biotecnologías, permita garantizar la seguridad alimentaria, así como descubrir, inventar, construir y diseñar materiales, productos, procesos y servicios de muy alto valor agregado (Misión Internacional de Sabios, 2020, 216). Además, 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 (Misión Internacional de Sabios, 2020, 216). Lamentablemente las actuales tasas de deforestación y de degradación de los ecosistemas colombianos (Poveda, 2020) van en contravía de dichas recomendaciones de la Misión.

Por otro lado, la pandemia de la COVID-19, este “Primer Miedo Mundial” (Lévy, 2020) obligó a los gobiernos del mundo a cambiar el contrato social por un contrato vital, sacrificando libertades individuales por un bien superior (la salud colectiva), y produciendo una realidad más inverosímil que la ficción. El estricto confinamiento impuesto por la mayoría de los gobiernos sensatos del mundo para limitar la propagación de la COVID-19 cambió drásticamente el consumo de energía global en todos los sectores y redujo las emisiones antropogénicas de CO₂ (véase Tabla 1). Se estima que a finales del 2020 las emisiones globales de CO₂ podrían caer entre 4 % y 7 %, la mayor disminución anual desde la Segunda Guerra Mundial.

SECTOR	CAMBIO		Cambio relativo del sector en relación con 2019	Contribución a la disminución global de CO ₂
	Actividades (%)	MtCO ₂ por día	Porcentaje	Porcentaje
Total	-17 [11-25), dependiendo de distintas suposiciones	-17 [-11 a -25)	-17% (-11% a -25%)	
Aviación	-60% (-44% a -76%)	-1,7 (-1,3 a -2,2)	-60% (-44% a -76%)	9,7%
Transporte Terrestre y Marítimo	-36% (-28% a -46%)	-7,5 (-5,9 a -9,6)	-36% (-28% a -46%)	43%
Industria	-19% (-10% a -29%)	4,3 (-2,3 a -6,5)	-19% (-10,1% a -29%)	25%
Sector Público	-21% (-8,1% a -33%)	-0,9 (-0,3 a -1,4)	-21% (-8,1% a -33%)	5,1%
Generación de electricidad	-7,4% (-2,2% a -14%)	-3,3 (-1,0 a -6,0)	-7,4% (-2,2% a -14%)	19%
Sector Residencial	+2,8 (-1,0 a +6,7)	+0,2 (-0,1 a +0,4)	2,8% (-1,0% a +6,7%)	-0,9%

Tabla.1. Cambios sectoriales en el nivel de actividades y en las emisiones diarias de CO₂ hasta el 7 de abril de 2020 en comparación con el mismo periodo de 2019. La última columna muestra la contribución de cada sector en el cambio total absoluto en las emisiones de CO₂.

Fuente: Le Quéré et al. (2020).

El confinamiento humano, el cierre de fábricas, las restricciones de viaje, y el cierre de ciudades, con la consecuente descontaminación de aires y aguas han dado lugar a una benéfica recuperación de la vida silvestre y a una mejora en la calidad del aire, aunque en los países pobres ha dado lugar a una sobre-caza ilegal de grandes mamíferos. No es posible hacerse ilusiones con estos alivios ecológicos temporales, ya que no responden a cambios estructurales sino a cambios obligados de comportamiento. Además, otro daño colateral de la COVID-19 es otra pandemia de contaminación por plástico, debido a la fabricación, uso y disposición de material y equipo de protección personal —guantes, máscaras, cubiertas para la cara, visores, gafas, ropa, batas, delantales, cubiertas para la cabeza y para los zapatos, etc.—. Otros problemas ambientales de la pandemia se refieren al crecimiento del 65 % en el comercio electrónico con respecto al año anterior, así como por el aumento en los servicios a domicilio de alimentos y bebidas, todo lo cual viene empacado en plástico. Otro efecto de la pandemia es la caída del precio del petróleo, lo que ha reducido los costos de producción de artículos de plástico y menos atractivo el uso de materiales y productos reciclables. Ese plástico terminará en rellenos sanitarios o incinerado. Los lixiviados de los rellenos sanitarios terminan en los acuíferos, en los ríos, en las islas de plástico de los océanos y en sistema digestivo y respiratorio de las especies marinas. Además, la incineración del plástico causa contaminación atmosférica y cáncer.

Tampoco es posible ilusionarse por el momentáneo mejoramiento de la calidad del aire por la disminución en las emisiones de CO₂ a la atmósfera. Es muy probable que en la post-pandemia las emisiones de gases de efecto invernadero retomen las tendencias crecientes de los últimos años o sean aún mayores, lo cual nos conducirá a un calentamiento de la Tierra por encima de 2 °C —fácilmente 4 °C— con respecto a promedios preindustriales. Nueve de los quince principales elementos que mantienen estables el sistema climático del planeta ya han sido alterados sin retorno (Lenton *et al.*, 2019), lo que nos pone frente a un efecto dominó en cascada de consecuencias desastrosas, y que pone en riesgo a la civilización humana y a muchas especies vivas. Es hora de actuar ya para detener esta crónica de desastres anunciado, no solo por lo tozuda realidad de los efectos nefastos del cambio climático, porque sus duras consecuencias están afectando la vida y causando sufrimiento a millones de seres humanos en la actualidad, sino porque además está de por medio la vida



de nuestros descendientes: un asunto fundamental de elemental ética y justicia intergeneracional. La inacción y la retórica sobre el cambio climático nos acercan cada vez más al umbral cognitivo que causó el colapso de los imperios Maya, Romano, y de muchas otras grandes civilizaciones en el pasado (Costa, 2010; Diamond, 2011). Es urgente declarar un estado de alerta roja de emergencia planetaria. No es catastrofismo ambientalista, incluso lo dicen documentos publicados por el Fondo Monetario Internacional (Krogstrup y Oman, 2019).

Otro factor común entre la COVID-19 y el cambio climático es que ambos están afectando y cada vez afectarán de manera más intensa a los seres humanos más pobres y vulnerables del mundo. La solución final a la COVID-19 es una vacuna que pronto estará disponible, pero vendrán otras pandemias, y para el cambio climático no hay vacuna. Toma tiempo sustituir los combustibles fósiles por energías limpias, cambiar patrones de consumo, e implementar cambios éticos en nuestra relación con la naturaleza, entre otros. La COVID-19 es un “peligro claro e inminente”, una cobra que mata de un mordisco, el cambio climático es un “peligro difuso y futuro”, una pitón que mata por estrangulación (Hamwey y Sullivan, 2020). Ambas amenazas han demostrado la rotunda equivocación del modelo económico neoliberal de reducir el papel del Estado como rector de los destinos de la sociedad, y la urgente necesidad su reemplazo por otro modelo que sí valore adecuadamente y promueva el bienestar ecológico, la conservación de los ecosistemas, la calidad de vida (incluyendo la humana), el acceso a la educación, la salud y la seguridad social de la misma calidad para todos los ciudadanos, entre otros. Los referentes deben ser los países Escandinavos, los de mayores índices de calidad de vida en el mundo.

Una pregunta frecuente es qué va a suceder cuando las sociedades “retornen a la normalidad”. Una respuesta apareció escrita en las paredes de Hong-Kong: el problema es la “normalidad” (*business as usual*): índices de Gini infames, profundas inequidades en el acceso a educación, salud y seguridad social, insolidaridad, hiperconsumismo, contaminación de aguas, aires, suelos y océanos cambio climático, deforestación, extinción masiva de seres vivos, entre otros. Todos ellos son propiciados e incentivados por la ciencia económica y por el modelo de desarrollo económico imperantes. El experimento (des)controlado del día sin IVA el 19 de junio de 2020 en Colombia en plena pandemia, que puso en riesgo la salud de miles de personas, y las largas filas a la entrada de almacenes en Francia al terminar el confinamiento

obligado por la pandemia permiten vislumbrar el futuro; manifestaciones del síndrome de abstinencia de una sociedad global adicta a un hiperconsumismo que ha sido mercadeado falsamente como paradigma de calidad de vida y bienestar, y que para ser satisfecho demanda hoy un consumo de recursos como si hubiera cuatro planetas Tierras, lo cual es insostenible por razones obvias.

¿A qué “normalidad” vamos a retornar? Si las recientes movilizaciones sociales en Colombia demandaban, entre otras cosas, mejoras a la educación pública en todos los niveles, ¿cómo atenderemos hoy la educación virtual que exige a los niños y jóvenes tener computador, conexión a internet, redes de wifi, y padres dispuestos a acompañar los procesos pedagógicos, mucho más en sectores urbanos y rurales de alta pobreza, falta de recursos y violencia? Lo mismo ocurre desde la perspectiva de maestros y docentes, para tocar solo un tópico del tema educativo. ¿Cómo vamos a paliar los impactos económicos del desempleo masivo y de la parálisis de casi todos los sectores por causa de la pandemia? ¿Cómo vamos a enfrentar los impactos psicológicos, psiquiátricos y neurológicos del confinamiento y aislamiento obligados por la pandemia? Es obvio que para enfrentar tales retos se requieren grandes recursos económicos. La situación actual puede darnos pistas de cómo va a ser el futuro cercano.

Para el efecto, examinemos el desempeño de diversos países del mundo, y en particular de América Latina, en relación con los recursos económicos invertidos para paliar los impactos socio-económicos derivados de las medidas de salud pública contra la pandemia, así como para sostener el bienestar público. Los paquetes económicos incluyen medidas fiscales, monetarias y financieras (Gourinchas, 2020). El trabajo de Elgin *et al.* (2020) ha propuesto y estimado el Índice de Estímulo Económico COVID-19 (CESI, por su acrónimo en inglés), el cual permite comparar de manera estandarizada las medidas económicas tomadas por 166 gobiernos del mundo para paliar los impactos socio-económicos de la pandemia. En la Tabla 2 se presentan algunos de los resultados de dicho trabajo, incluyendo los primeros 20 países en cuanto al valor del CESI, así como algunos países de América Latina y algunos del Caribe. Como vemos, Colombia ocupa el lugar 135 entre 166 países en cuanto al valor del índice CESI, y penúltimo en América Latina y el Caribe, superando únicamente a Surinam. Este desempeño de Colombia amerita una profunda reflexión.



Ni el cambio climático ni la COVID-19 ni la posibilidad de desarrollar la bioeconomía en Colombia admiten más “normalidad”. No podemos volver al mismo estado de cosas, ni por el mismo camino. Ante ambas crisis es urgente: (1) devolverle al Estado su papel central para regir los destinos de la sociedad, comenzando por temas fundamentales como la salud, la educación y la seguridad social de calidad para todos los ciudadanos; (2) prohibir y penalizar la deforestación; (3) reemplazar los combustibles fósiles por energías limpias y renovables, invertir en infraestructuras verdes y medios de transporte limpios; (4) atender el llamado del Laudato Si del papa Francisco y los pronunciamientos de todas las grandes religiones del mundo sobre el cambio climático y la devastación ambiental; (5) adoptar la Biotecnología como motor de desarrollo socio-económico y ambiental de Colombia; (6) implementar una economía honesta con el medio ambiente que incorpore, entre otros, el Producto Ecosistémico Bruto en las cuentas nacionales y penalice el agotamiento y la contaminación de los recursos y los sistemas de soporte a la vida; (7) avanzar en la implementación de la jurisprudencia ambiental; (8) exigir a los gobernantes un compromiso serio para resolver las actuales crisis ambiental y climática; (9) tener presente que están en juego temas de equidad intergeneracional; y (10) involucrar el conocimiento ancestral en la discusión y la pedagogía ambiental.

POSICIÓN	PAÍS	FISCALES (% PIB)	RECORTE DE TASAS DE INTERÉS (%)	MACRO-FINANCIERAS (% PIB)	ÍNDICE DE ESTÍMULO (CESI)
1	Bahrain	5,3	52,27	26	4,85
2	Oman	-2,5	60	25,09	3,61
3	Sweden	9,2	73,33	9,45	3,58
4	Austria	17,8	0	7,31	3,34
5	Malta	12,3	0	13,31	3,28
6	Luxemburg	15,6	0	7,31	2,99
7	United States	10,5	100	0	2,97
8	France	15,3	0	7,31	2,94

Tabla 2. Paquetes de políticas económicas de varios países del mundo destinados a paliar los impactos socio-económicos de la pandemia y valor del Índice de Estímulo Económico COVID-19 (CESI)

Editada a partir de Elgin et al. (2020).



POSICIÓN	PAÍS	FISCALES (% PIB)	RECORTE DE TASAS DE INTERÉS (%)	MACRO- FINANCIERAS (% PIB)	ÍNDICE DE ESTÍMULO (CESI)
9	New Zealand	5,4	75	8,86	2,91
10	UK	2,5	86,67	9,09	2,69
11	Qatar	13	43,73	1,43	2,55
12	Belgium	12,3	0	7,31	2,46
13	Malaysia	16,22	9,09	0,2	2,27
14	Germany	4,8	0	12,49	1,96
15	Canada	6	57,14	2,6	1,82
16	UAE	1,8	62,5	6,7	1,81
17	Australia	9,7	0,67	4,71	1,69
18	Estonia	7	0	7,71	1,66
19	Iceland	7,8	43,18	1	1,55
20	Slovenia	6,6	0	7,31	1,54
34	Chile	4,7	42,86	1,36	0,78
42	Honduras	2,2	14,29	2,8	0,46
48	Panama	3,25	0	2	0,26
56	Peru	0,78	44,44	0	0,14
59	Brazil	3,5	28,46	3,17	0,09
60	Guatemala	1,57	18,18	0	0,05
68	Costa Rica	0	44,44	0	-0,14
74	Paraguay	6,5	18,75	0	-0,23
82	Bolivia	0,46	0	1,18	-0,3
86	El Salvador	1,34	0	0	-0,32
90	Argentina	1	5	0	-0,35
91	Belize	1	0	0	-0,37

POSICIÓN	PAÍS	FISCALES (% PIB)	RECORTE DE TASAS DE INTERÉS (%)	MACRO-FINANCIERAS (% PIB)	ÍNDICE DE ESTÍMULO (CESI)
92	Ecuador	1	0	0	-0,37
96	Nicaragua	0	7,5	0	-0,4
118	Guyana	0	0	0	-0,53
119	Haiti	0	0	0	-0,53
129	Mexico	0,7	7,14	0,6	-0,62
134	Uruguay	0	0	1	-0,8
135	Colombia	0,4	0	1,17	-0,84
155	Suriname	0,01	0	0	-1,62
166	Algeria	-7,2	13,57	0	-4,25

Tabla 2. Paquetes de políticas económicas de varios países del mundo destinados a paliar los impactos socio-económicos de la pandemia y valor del Índice de Estímulo Económico COVID-19 (CESI)*. Editada a partir de Elgin et al. (2020).

* Sobre fondo gris se resaltan algunos países de América Latina y el Caribe. La primera columna denota la posición en el *ranking* de 166 países analizados. Los paquetes de diversas políticas económicas se indican así: medidas fiscales como porcentaje del PIB (columna 4), medidas de política monetaria que incluyen dos variables como recortes en tasas de interés por las autoridades de política monetaria, como porcentaje de las tasas vigentes en febrero 1 de 2020 (columna 5), y el tamaño del paquete macrofinanciero como porcentaje del PIB (columna 6). El índice CESI se muestra en la última columna.

Agradecimientos

Agradezco a la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, y en especial a la Facultad de Minas y al Departamento de Geociencias y Medio Ambiente, por apoyar mis investigaciones y mi participación en la *Misión Internacional de Sabios 2019*.

Referencias

- Costa, R. (2010). *The Watchman's Rattle: Thinking Our Way Out of Extinction*. Vanguard Press. 370 pp.
- Diamond, J. (2011). *Collapse: How Societies Choose to Fail or Succeed: Revised Edition*. Penguin Books.
- Elgin, C., Basbug, G., y Yalaman, A. (2020). Economic policy responses to a pandemic: Developing the COVID-19 economic stimulus index. En: *Covid Economics, Vetted and Real-Time Papers*, No. 3, Centre for Economic Policy Research (CEPR), 1-13.
- Gourinchas, P-O. (2020). *Flattening the Pandemic and Recession Curves. Mitigating the COVID Economic Crisis: Act Fast and Do Whatever*. 31. CEPR Press, London, UK.
- Hamwey, R., y Sullivan, T. (2020). No habrá vacuna para protegernos del cambio climático. Noticias ONU. Disponible en <https://news.un.org/es/story/2020/06/1475762>.
- Krogstrup, S., y Oman, W. (2019). *Macroeconomic and financial policies for climate change mitigation: A review of the literature*. IMF Working Paper No. 19/185.
- Le Quéré, C., et ál. (2020). Temporary reduction in daily global CO2 emissions during the COVID-19 forced confinement. *Nature Climate Change*; <https://doi.org/10.1038/s41558-020-0797-x>.
- Lenton, T., et ál. (2019). Climate tipping points - too risky to bet against. *Nature*, 575, 592-595.
- Lévy, H.-B. (2020). *Ce Virus Qui Rend Fou*. Grasset, Paris.
- Poveda, G. (2020). Garantizar la integridad de los ecosistemas de Colombia: Condición básica para preservar la biodiversidad y desarrollar la bioeconomía. En: *Colombia hacia una Sociedad del Conocimiento. Volumen 3*. Misión Internacional de Sabios 2019, Bogotá [En prensa]



9. La *Misión de Sabios* y las lecciones de la pandemia

Clemente Forero Pineda

*Coordinador de coordinadores de la Misión Internacional de Sabios 2019.
Profesor titular, Facultad de Administración, Universidad de los Andes;*

Las reflexiones de la misión se centraron en el largo plazo y, aunque una situación como estas no era previsible, la pandemia no ha hecho sino reforzar la importancia de las principales propuestas de la misión. Como país, no podemos perder de vista esa perspectiva de largo plazo, ni abandonar los sueños que las niñas y niños de este país comparten con los hombres y las mujeres de ciencia.

Si queremos entregarles un nuevo país a la próxima y a las siguientes generaciones, un país más equitativo y cuyo desarrollo humano se apalanque en el conocimiento y en el talento de sus gentes más que en la explotación de recursos no renovables, tendremos que redoblar esfuerzos. Hoy todo el país reconoce que esta, como ninguna otra crisis, pone en evidencia la necesidad de ciencia, de educación y de equidad, a la vez que abre una ventana de oportunidad para grandes cambios.

Le hemos propuesto al país tres grandes retos, que hoy tienen mayor vigencia que nunca: Colombia productiva y sostenible; Colombia diversa bio y culturalmente, y Colombia equitativa. Estos tres retos y la crisis de salud, empleo, alimentación y producción que vivimos convergen y apuntan



a que el país debe enfocarse desde ya en desarrollar la ciencia y la educación, para hacer sostenible cualquier estrategia de desarrollo. Debemos reconstruir nuestra economía, fracturada por la coincidencia entre la pandemia y la debilidad de unas cadenas de valor ligadas a los sectores industrial y agrario, afectadas durante dos décadas por políticas económicas que han favorecido la captura de rentas y no han logrado erradicar la informalidad, y una escasa valoración del conocimiento y de las posibilidades de la ciencia y la tecnología para dinamizarlas (la productividad total de los factores tuvo crecimiento cero en los últimos 20 años).

La prioridad en este momento debe estar en el reto de la equidad. La abismal agudización de la desigualdad económica, digital y social es el primer problema que hay que enfrentar, y debemos hacerlo, en el corto plazo, con la audacia que han tenido otros países latinoamericanos y de otros continentes, redistribuyendo el ingreso para evitar el hambre y para cambiar la estructura de la demanda. La falta de ingresos de los más pobres ha hecho que el hambre se dé mientras algunos sectores campesinos no encuentren quién demande sus productos. Si no se da esa reestructuración del ingreso y de la demanda, la economía corre el riesgo de quedarse con una herencia de altas tasas de desempleo y a la vez de inflación.

A mediano y largo plazo, nuestra capacidad de enfrentar los retos de equidad, productividad y diversidad bio y cultural dependen de que aseguremos el acceso universal a una educación de calidad, porque si no es de calidad no contribuye a cerrar brechas, como se ha mostrado en las investigaciones de Stanislas Dehaene, miembro de la Misión; y de que tengamos un sistema de ciencia robusto y articulado con los sectores productivos.

Sin una educación para todas y todos, especialmente en los niveles de 0 a 5 años y en la media, no son sostenibles el alto crecimiento de la productividad ni el aprovechamiento industrial de nuestra biodiversidad. Como lo muestra la experiencia de los países que han vivido períodos largos de altas tasas de crecimiento y avances importantes en su desarrollo humano, la formación profesional y técnica debe reposar sobre la base de una educación básica y media de sólida fundamentación científica.

La pandemia ha comenzado a darnos lecciones que coinciden y se entrelazan con las propuestas de la misión:

1. Nos ha mostrado el valor de la ciencia; la necesidad de que todos los países, incluidos los más pobres y los recién llegados a la OECD como el nuestro, participen de la cooperación científica internacional, pero a la vez desarrollen una autonomía científica y tecnológica, que los proteja del peligroso sálvese quien pueda en que ha caído la comunidad internacional.
2. Es imposible montar en seis meses o en un año un sistema de investigación que se ha descuidado por años. La ciencia es una empresa universal y de largo aliento, y exigirle a la ciencia resultados inmediatos cuando vienen las crisis no funciona ni en un país altamente industrializado ni en un país emergente.
3. La ciencia básica que se ha desarrollado en medio de dificultades en nuestro país está más cerca de sus aplicaciones prácticas de lo que a veces se piensa, como lo muestra la rapidez de la respuesta de la comunidad científica a las necesidades de conocimiento que se hicieron evidentes al estallar la pandemia.
4. Las políticas públicas deben trabajar por misiones que comprometan simultáneamente a distintos sectores de la sociedad.
5. Las soluciones de muchos problemas no están en leyes o decretos sino en empoderar a las comunidades y apoyarlas para que innoven, resuelvan sus problemas y se adueñen de su futuro.
6. Si un país, una región o una organización no tienen capacidad de absorber conocimiento, la compra de tecnología es una empresa fallida. Una industria y una agricultura sólidas y apalancadas por el conocimiento disminuyen la vulnerabilidad de los países ante eventos catastróficos.
7. Las sociedades que integraron capacidades científicas de base con su entendimiento de los procesos sociales a partir de anteriores pandemias han enfrentado con mayor éxito la crisis de la COVID-19.
8. Es necesaria una articulación formal de los grandes institutos y centros de investigación que tenemos en el país, apoyar a los que existen y crear otros más.



9. La cultura es un patrimonio de inmenso valor para enfrentar cualquier amenaza que se cierna sobre nuestra sociedad.
10. Nuestro sector energético tiene que transformarse y solo sobrevivirá a partir de grandes inversiones en investigación de base y aplicada, y no abandonándola. Y nuestro sector agrícola debe ir hacia la fórmula de química verde más biorrefinerías, para asegurar un sistema agroindustrial alimentario sostenible.
11. A pesar de la múltiple crisis que en dos meses ha borrado avances de nuestra sociedad logrados en décadas, es posible ofrecerle un país renovado a la generación de colombianas y colombianos que cumplirán 18 años en el 2042, como es la meta que la Misión le ha propuesto a Colombia. Para dar el primer paso, la Misión ha propuesto un conjunto de proyectos piloto experimentales, que les estamos proponiendo liderar al gobierno, al sector privado, a las organizaciones sociales y muy especialmente a las regiones, para experimentar en unos cuantos pequeños municipios o en sectores de algunas ciudades, porque solo un pacto de esta naturaleza podrá superar la crisis en tiempo razonable y hará posible ese país que queremos para nuestras niñas y niños.

Los objetivos de largo plazo que se ha propuesto la Misión plantean desafíos en la formación de niñas y niños, de adolescentes y de los 200 000 maestros adicionales que requerimos para universalizar con calidad la educación media y la de 0 a 5 años, así como en la recalificación de los maestros actualmente en ejercicio. Nuestro sistema educativo debe articularse, flexibilizarse, romper las fronteras disciplinarias, abrirle la puerta a la educación artística y a la hiper-humanización en un mundo digital y virtual. De esa manera podremos formar seres situados, capaces de pensar con criterio propio, de cooperar, de pensar en las consecuencias de sus acciones, de construir conocimiento nuevo, de crear estéticamente y de investigar. Debemos acompañar a nuestros educandos en la construcción de su capacidad de agencia, abrir espacios para su desarrollo socioemocional y deslegitimar la violencia, para que puedan actuar frente a la incertidumbre y redefinir la forma en que vivimos. Y nosotros, sus maestros, debemos transformarnos como personas y como maestros.



cuatro

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, vicepresidente 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)

Biología 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); Iván 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 de 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 de Ciencias Sociales y Desarrollo Humano con Equidad (CSDHE)

Universidad del Rosario y Escuela de Ciencias Humanas (Universidad del Rosario); Universidad de los Andes; José Alejandro Cheyne, Stéphanie Lavaux, Carlos Patarroyo (Universidad del Rosario); 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; Enrique Forero; Luis Carlos Arboleda; Patricia Lara; Marcela Eslava; Germán Puerta; Andrés Casas; Salomón Kalmanovitz; Marcela Eslava; Enrique Chaux; Gabriel Jaime Vélez; Enrique Forero; Juliana Valdés Pereira; Manuela León; Víctor Restrepo; Siembra Colombia; Alberto Echeverry; Natalia Duque; Ricardo Palacio Toro; Catalina Martínez; Juliana Ordoñez; Diego Montoya; Luisa Fernanda Urrea; María Camila Díaz Granados; María Villaveces; Beethoven Herrera; Rubén Darío Utria; Fanor Mondragón; Imelda Restrepo y su equipo asesor (ANDI); Vicky Colbert (Fundación Escuela Nueva); 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 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); 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 Piñeres (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.



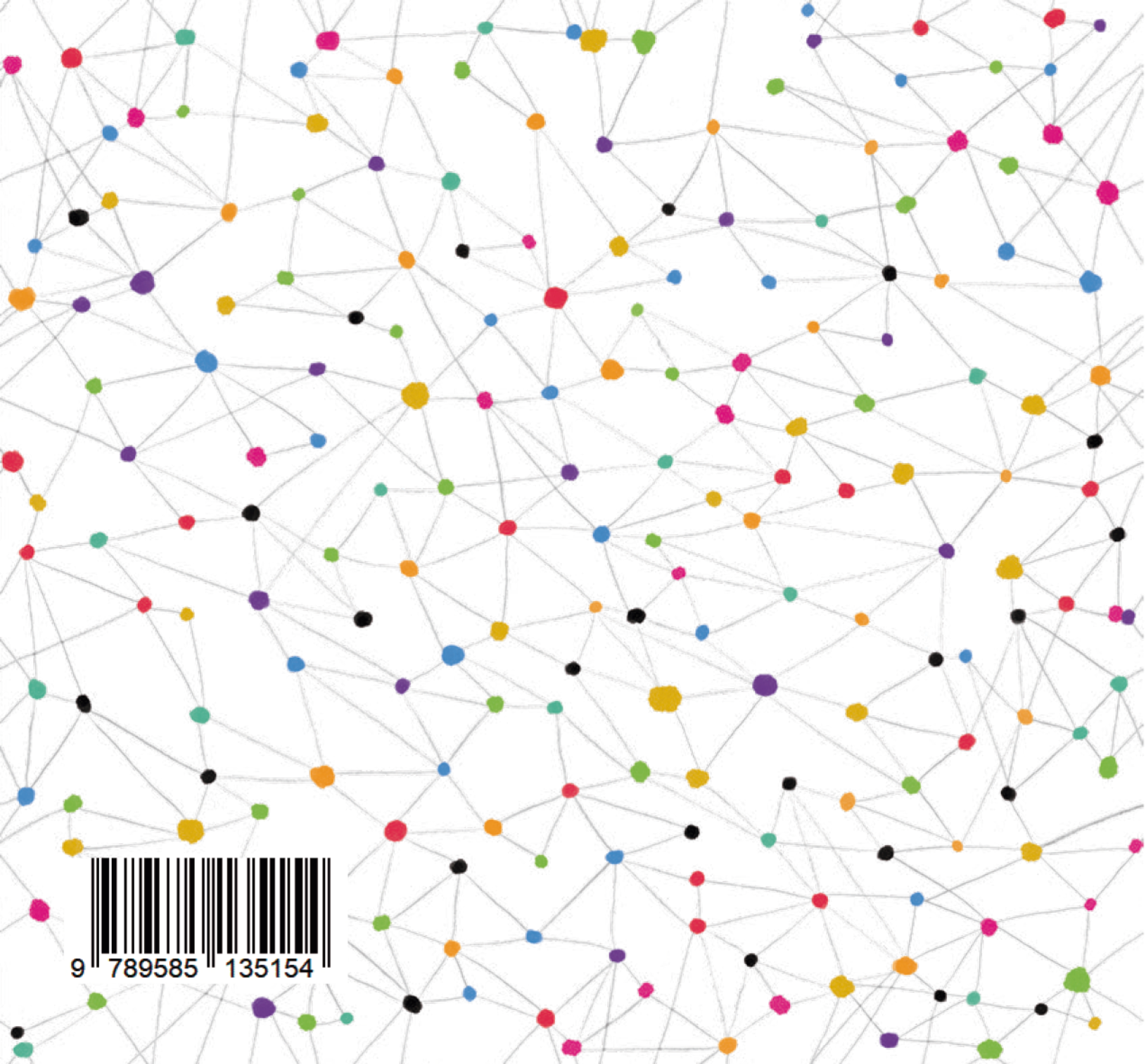
Agradecimientos del foco de Océanos y recursos hidrobiológicos (ORH)

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, Néstor Campos, Sven Zea, Arturo Acero, Ernesto Mancera, Claudia Vaca, Luisa F. Dueñas, 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, Edwin Agudelo.

Agradecimientos del foco Tecnologías Convergentes e Industrias 4.0 (TceI 4.0)

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).





9 789585 135154