

Convergencia por Colombia 2.0

Ideas desde la universidad para diálogos constructivos

MESA 11

Propuestas en
Ciencia, Tecnología e
Innovación

Ciencia, tecnología e innovación, elementos clave en el crecimiento económico y desarrollo sostenible de la nación

Introducción

En cumplimiento de uno de los fines de la **Universidad Nacional de Colombia** sobre prestar apoyo y asesoría al Estado en los órdenes científico y tecnológico, cultural y artístico, con autonomía académica e investigativa, a través de la Vicerrectoría de Investigación y su Dirección Nacional de Investigación y Laboratorios, se ha venido realizando una serie de encuentros con diferentes expertos nacionales e internacionales.

En coordinación con actores del Sistema Nacional de Ciencia Tecnología e Innovación – SNCTeI– en temáticas de interés del sector de Ciencia, Tecnología e Innovación –CTeI–, los encuentros se han realizado con el fin de ofrecer propuestas y recomendaciones al nuevo gobierno para la construcción del Plan Nacional de Desarrollo. Entre estas acciones se destacan: el encuentro “El futuro de la medición de la ciencia, la tecnología y la innovación: dilema entre lo individual y colectivo”, en coordinación con MinCiencias, realizado en las instalaciones de la Sede Manizales el pasado 25 de junio; el ciclo de conversatorios realizado de manera remota en la primera semana de agosto, el cual fue titulado “Construyamos propuestas en CTeI para el Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026”; los encuentros con Vicerrectores de Investigación de diez universidades públicas llevados a cabo el 15 de junio en la **Universidad Nacional de Colombia** en Bogotá, 1 y 2 de septiembre en la Universidad Industrial de Santander en Bucaramanga, y el 16 y 17 de noviembre en Medellín; y la mesa de diálogo convergente en CTeI realizada el pasado 10 de noviembre. Además, se incluyen las ideas dadas en 54 encuentros, en los que ha participado un total de 351 profesores investigadores de la **Universidad Nacional de Colombia**, quienes han esbozado los problemas a corto, mediano y largo plazo de orden nacional, regional y global que deben ser abordados.¹

En consecuencia, este documento presenta un contexto global y nacional del sector de CTeI y las propuestas consensuadas y caminos de acción en esta área derivadas de estas interacciones como insumos para el Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026.

Contexto y problemática

¹ Se aclara que las memorias de estos encuentros se encuentran en construcción y están agrupadas en 11 áreas estratégicas de gestión de conocimiento que se han definido para el trienio 2022-2024, a saber: Artes, Culturas y Patrimonio; Biotecnología, Ambiente, Ciencias Agrarias y Bioeconomía; Ciencias Básicas y del Espacio; Ciencias de la Vida y la Salud; Energía y Minería Sostenibles; Hábitat, Ciudad y Territorio; Humanidades, Ciencias Sociales y Desarrollo Humano con Equidad; Océanos y Recursos Hidrobiológicos; Tecnologías Convergentes (nano, info y cointecnología); Industrias 4.0, IA y Ciber, y Construcción de Paz, Estado y Democracia.

En medio de la pandemia, los gobiernos recurrieron a la Ciencia para que los acompañara en diferentes acciones, tales como la comprensión de la situación, la búsqueda de soluciones para superarla y el soporte de la toma de decisiones. El consejo de los científicos fue requerido tanto por los gobiernos como por la población en general. Este reto puso de manifiesto el lugar que la Ciencia debería tener: uno cercano a la sociedad. Nunca antes tantos investigadores de tantos países y entornos estuvieron juntos luchando por una misma causa. En ese sentido, el contexto nacional no fue la excepción. Sin embargo, en nuestro caso particular, la pandemia desnudó la falta de independencia y autonomía en términos de producción y desarrollo de vacunas en el país, de desarrollo tecnológico, de soberanía alimentaria, entre otros aspectos más. Salieron a flote los varios problemas del sector de Ciencia, Tecnología e Innovación que han sido diagnosticados de larga data y que aún persisten en estos tiempos de la recuperación de la “normalidad”.

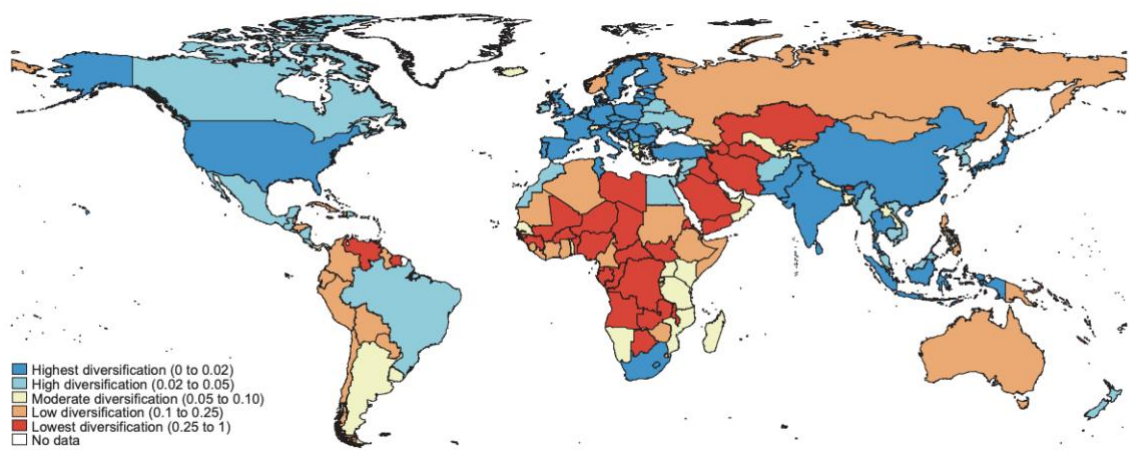
Para comprender esta problemática, se hace necesario identificar algunas de las razones por las que el país se encuentra en esa situación, con lo cual es importante profundizar en el contexto global y en el nacional.

Contexto global

Una de las formas de analizar el liderazgo científico tecnológico es a través de los cambios en la estructura del mercado. En los últimos cien años, la composición de la estructura del mercado mundial de exportaciones se ha ido transformando, toda vez que la proporción de los productos agrícolas y de los productos basados en recursos naturales ha ido disminuyendo, pasando de un 61% en 1900 a menos del 32% en el 2011 (OMC et al., 2013) y al 20% en 2020.

Por su parte, para el caso de la región latinoamericana, como lo indican López, López Enciso y Montes (2015), el 70% de la estructura de las exportaciones a principios de este siglo correspondía a los productos agrícolas y a productos basados en recursos naturales como los combustibles o las piedras preciosas. Los mismos autores enfatizan que en los países asiáticos estos productos correspondían al 15%, mientras que los productos manufacturados constituyen el 50% de la estructura de exportaciones en esa región. La situación es similar en el 2020: en los países asiáticos, los productos manufacturados constituyen el 70% de la estructura exportadora, mientras en América Latina el 50% de la estructura exportadora sigue correspondiendo a los productos agrícolas y a productos basados en recursos naturales. En otras palabras, la región latinoamericana ha perdido la capacidad de desarrollar bienes y servicios que requieren una mayor complejidad para su elaboración y en consecuencia el índice de diversificación de las exportaciones de 2020 es mayoritariamente bajo, como se observa en la figura siguiente (UNCTAD, 2021).

Figura 1. Índice de diversificación de las exportaciones 2019



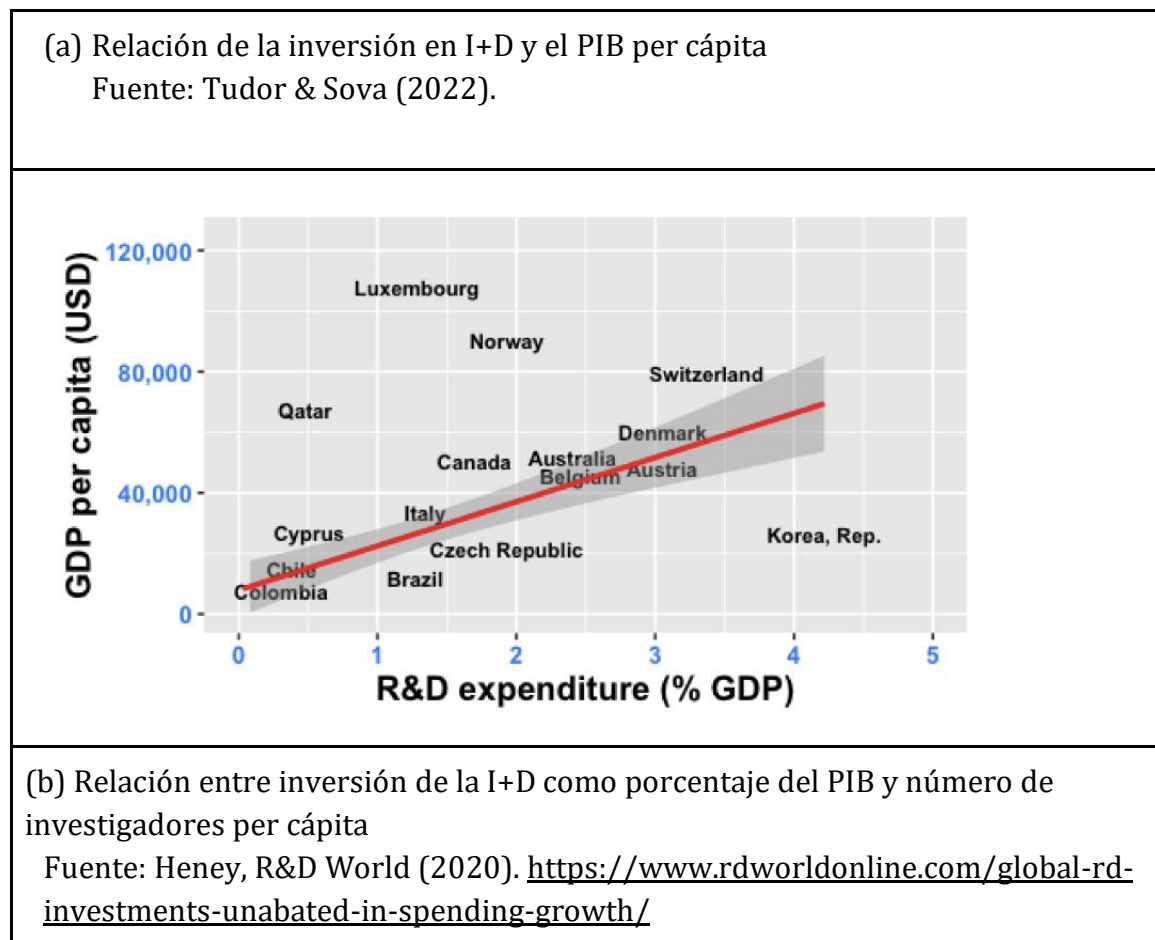
Fuente: UNCTAD, 2021.

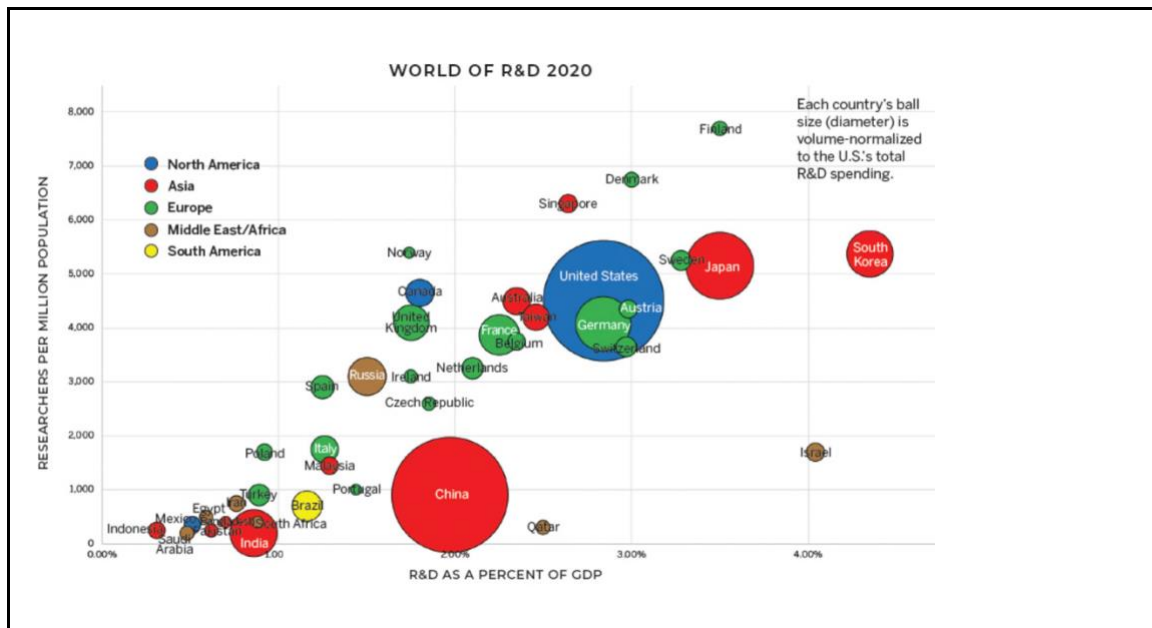
La evolución del promedio del Producto Interno Bruto –PIB– per cápita mundial, como es muy bien descrito por Maddison (2001), desde 1820 ha aumentado en unas diez veces, lo que, sin lugar a dudas, contribuyó al bienestar económico. Este crecimiento, en parte, es fruto del resultado de las revoluciones industriales. Sin embargo, Maddison (2001) con su conjunto de datos demuestra que el crecimiento del PIB se distribuyó de manera desigual en las diferentes regiones. Los países más ricos se hicieron más ricos, los países pobres empezaron a quedarse atrás. Regiones como la asiática a partir de los años 70 crecían más rápido que algunos países ricos, regiones como África y Latinoamérica tuvieron tasas de crecimiento con muy bajos desempeños y las tasas de crecimiento de los países ricos se ralentizaron.

Parte de la explicación para esa situación es que la velocidad del cambio tecnológico se ha concentrado en los países desarrollados y las grandes divisiones comenzaron en la primera revolución industrial. En ese momento, la mayoría de los países eran igualmente pobres, pero cada ola de cambio tecnológico ha acrecentado esas diferencias, máxime cuando la mayoría de los países han permanecido en la periferia frente al desarrollo tecnológico. Hoy nos encontramos en el fin de la tercera ola con la incorporación de las tecnologías de la información y comunicaciones que han transformado todos los ámbitos de la vida y de las organizaciones; estamos en la denominada cuarta revolución industrial construida sobre la globalización, la digitalización y la hiperconectividad (UNCTAD/TIR, 2021). Los países que han liderado estas transformaciones tecnológicas se caracterizan por contar con una alta inversión en investigación y desarrollo –I+D– como porcentaje del PIB, superior al 2%; cuentan con un talento humano altamente formado; y cuentan con políticas científicas que promocionan el trabajo en red e interdisciplinario con modelos colaborativos, eliminando la compartimentación de las disciplinas (Kamp, 2016). De hecho, son varios los estudios que demuestran que a mayor inversión en I+D como porcentaje del PIB, mayor PIB per cápita; uno de los estudios más recientes fue realizado por Tudor & Sova (2022), ver Figura 2(a).

La Figura 2(b) muestra la relación de la inversión en I+D como porcentaje del PIB, y el número de investigadores por millón de habitantes de las 40 principales economías del mundo para 2020. El tamaño del círculo de China es cercano al tamaño del círculo de EE. UU., pero este primero es más bajo en la escala vertical debido a su gran población general y, por lo tanto, a una menor proporción de investigadores por población. Si bien las organizaciones de EE. UU. continúan liderando la inversión global, como lo han hecho durante más de 50 años, China está cerca de convertirse en el principal inversor mundial en I+D, y se prevé que supere el gasto total de EE. UU. a más tardar en 2025, si se mantienen las tendencias actuales, en las que hay crecientes inversiones del gobierno, las industrias y las universidades de China. Los países de América del Sur y África muestran baja inversión en I+D y como consecuencia de ello su crecimiento económico es bajo; la suma en inversión del gasto de I+D global de estas dos zonas solo representa el 5%, mientras su población alcanza el 20% de la población mundial.

Figura 2. Inversión en I+D global



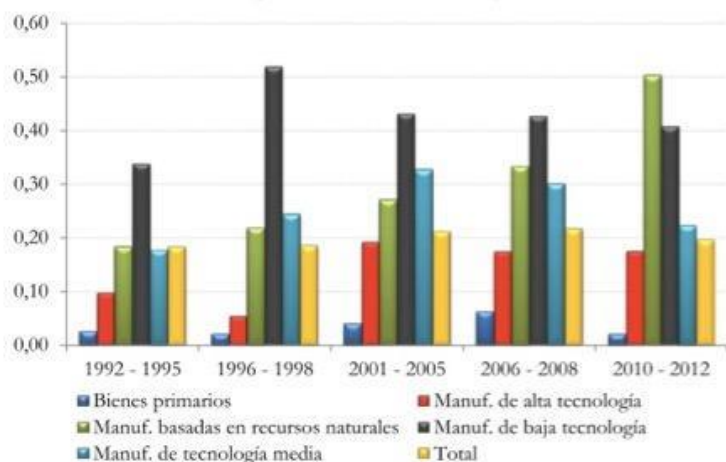


En la región latinoamericana, según datos de la Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología Interamericana e Iberoamericana, la inversión regional en I+D representa tan solo el 2,6% del total mundial. Además, en la década comprendida entre 2010 y 2019, el PIB regional creció más que la inversión en I+D. A su vez, la inversión está concentrada en Brasil, México y Argentina, los cuales representan el 82% de su inversión total. El promedio de la inversión en I+D para Latinoamérica alcanzó el 0,56% (Red Iberoamericana de Indicadores de Ciencia y Tecnología RICYT, 2021).

Contexto nacional

En el caso colombiano, el estudio más reciente sobre la estructura exportadora del país en los últimos 30 años, como se observa en la Figura 3, ratifica la poca diversificación y la alta dependencia frente a los productos basados en recursos naturales y de manufactura de baja tecnología (López et al., 2015).

Figura 3. Estructura de exportaciones de Colombia 1992 a 2012



Fuente: López et al., 2015.

De otro lado, si bien es cierto que el comportamiento del PIB en Colombia en el siglo XX hasta hoy es creciente –pueden identificarse dos periodos: un primero con un promedio de crecimiento del 5,04% entre 1905 y finales de la década de 1970 y un segundo periodo con un promedio de crecimiento de 3,56% (mucho menor) que va desde el inicio de los años 80 hasta entrado el siglo XXI (Sánchez Pérez, 2011)–, el país cuenta con condiciones sociales bastante desalentadoras, tales que cerca del 50% de la población se encuentra en la pobreza, el índice GINI suele ser el tercero más bajo en el planeta, las tasas de desempleo oscilan en el 10% y el 50% de los hogares viven en la informalidad (OECD, CAF, & European Commission., 2021). Se Evidencia que el crecimiento económico no significa necesariamente desarrollo social. Para completar la escena, el país tiene como fondo un conflicto armado con más de 60 años; como señala el informe de la Comisión para el esclarecimiento de la Verdad, *“si hiciéramos un minuto de silencio por las más de 9 millones de víctimas del conflicto armado tendríamos que permanecer 17 años callados”*.

Aunado a la poca diversidad de la estructura productiva, a los altos niveles de desigualdad y de pobreza y al conflicto armado, el sector de la CTel también cuenta con una serie de problemas que, pese a la promoción del Estado desde finales de la década de los setenta, aún persisten. Un panorama rápido de estos problemas se describe a continuación:

Como en la mayoría de los países, en Colombia el 95% del tejido empresarial está conformado por pequeñas y medianas empresas –Pymes–. Según la Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica (EDIT X) 2019-2020, el 70,9% de las empresas manufactureras no innova, el 25,8% desarrolla innovación en sentido amplio y tan solo el 0,2% de las empresas innova en sentido estricto. La misma encuesta señala que un 23,4% de las empresas innovadoras coopera con proveedores, un 17,1% con clientes, un 10,8% con consultores y 9,8% con universidades (DANE, 2021). Similar comportamiento en cuanto a innovación se da en las empresas del sector servicios, conforme a la Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica Sectores de Servicios y Comercio (EDITS) 2018-2019. En contraste, las Instituciones de Educación Superior –IES– son quienes generan el

conocimiento; un indicador de ello es que nueve de cada diez patentes nacionales son desarrolladas por ellas. Sin embargo, según el Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología (2021), son patentes no articuladas con los sectores competitivos. En cuanto a talento humano, según la OECD (2022), solo el 0,3% de los estudiantes de educación terciaria para 2021 realiza estudios de doctorado; por su parte, MinCiencias (2022) dio un reconocimiento a 21.094 currículos, distribuidos de la siguiente manera: Investigador Senior, 3.040; Investigador Asociado, 4.601; Investigador Junior, 13.370. Adicionalmente, se reconoce que el país cuenta con 83 Investigadores en la categoría Emérito.

Al sumar las categorías Senior y Asociado (7.641) en las que se asume que hay una carrera de investigador que se ha consolidado, se puede inferir que hay 146 investigadores por cada millón de habitantes, número muy bajo considerando que, en 2019, la media del número de investigadores en el mundo es de 1.080,8 por millón de habitantes. Sin embargo, según cifras de Fedesarrollo et al., (2022), la tasa de empleabilidad de los doctores es del 93%, de los cuales un 86,4% se encuentra vinculado en la academia, un 6,8% trabaja en el sector empresarial, y un 6,7 % en el sector público. Lo que contrasta frente a países como los de la Unión Europea, donde según Eurostat de 2020 el 55,4% está vinculado al sector empresarial, un 32,6% a la academia, y un 11,5% al sector público². Ahora bien, según la **Universidad Nacional de Colombia** (VRI, Younes y Trujillo, 2021) en Colombia el 79% del gasto en educación terciaria proviene de fondos públicos; modelo de financiación que puede ser mejorado si se complementa con las mejores prácticas de países como el Reino Unido, Suecia o Estados Unidos, donde hay una buena participación del sector privado en esta financiación.

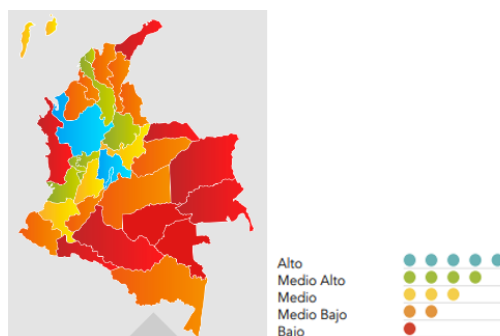
Es de destacar que la inversión en educación es en promedio del 4,3% del PIB, similar al promedio de los países de ingresos medios altos. Sin embargo, como lo señala Núñez Méndez (2022), el sistema educativo colombiano *“tiene falencias desde los primeros grados de formación académica de sus habitantes. Existe una desconexión total entre los niveles educativos generales y las condiciones de vida de las personas, donde se inician los primeros niveles de escolaridad con una baja cobertura y poca calidad, seguido de un nivel de secundaria con altos índices de deserción escolar, llegando a la educación media con poca pertinencia. Posteriormente, la educación técnica y tecnológica cuenta con pocos o nulos incentivos para sus estudiantes. En la educación profesional se identifican problemas financieros y de consecución de recursos y finalmente a nivel de maestrías y doctorados hay un problema estructural de productividad del país donde las empresas ya sea por sus bajos niveles de productividad o porque no requieren o no ven la necesidad de contratar profesionales con formación de alto nivel para solucionar las necesidades del sector productivo”*.

Según el Índice Departamental de Innovación para Colombia (IDIC) correspondiente al año 2021, la innovación se encuentra concentrada en tres de las 32 regiones:

² https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=R%26D_personnel&oldid=551400

Cundinamarca, Bogotá D.C y Antioquia, mientras que en el resto del país el índice es extremadamente bajo, como se observa en la figura 4. De hecho, coincide con las regiones más vulnerables del país, donde los índices de violencia son más altos.

Figura 4. Distribución del Índice de innovación por departamentos en 2021



Fuente: Observatorio Colombia de Ciencia y Tecnología - Departamento Nacional de Planeación, 2022

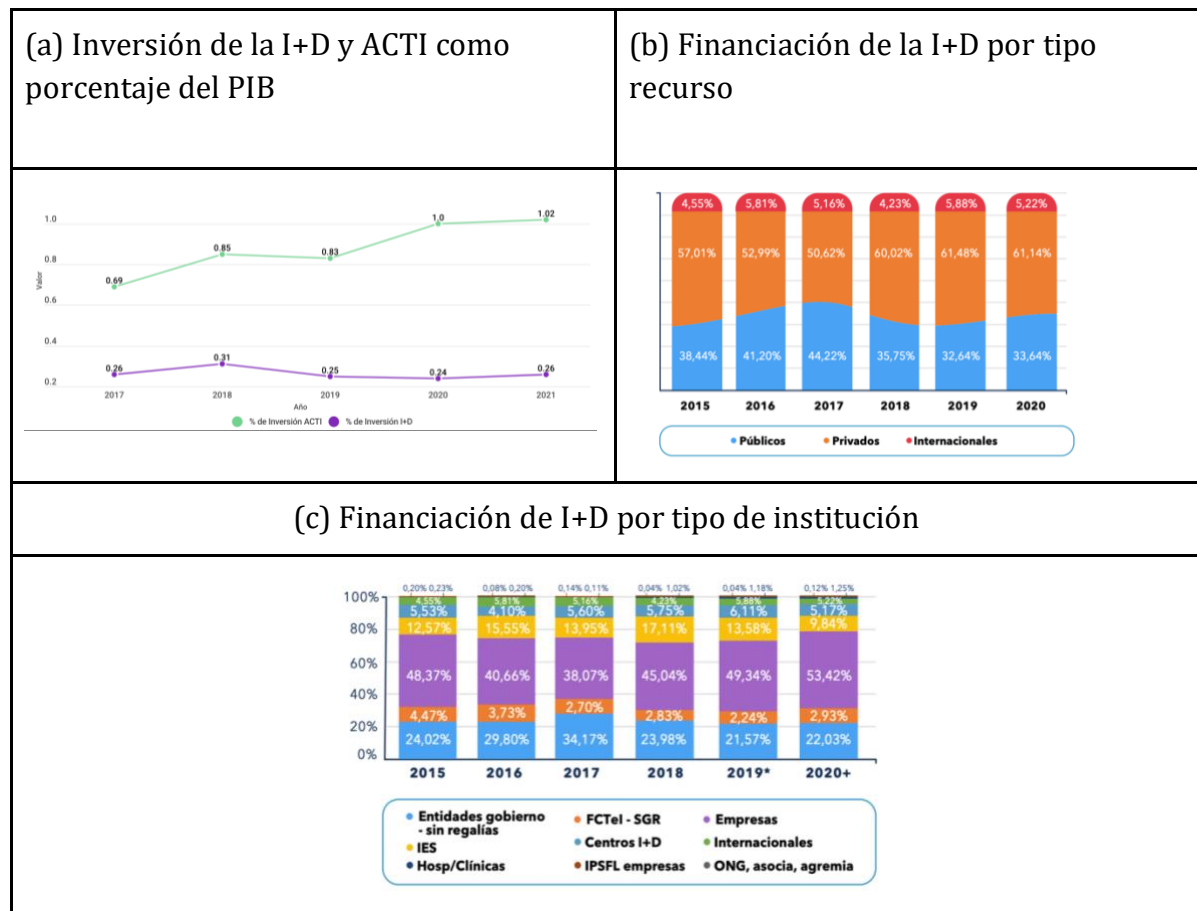
Según el Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología (2021), la inversión en I+D es el 0,2% del PIB, inversión que es extremadamente baja comparada con la inversión en otras economías, toda vez que el promedio de inversión en los países de la OCDE es del 2,6% del PIB³, y en la región está debajo de la de Brasil, 1,23%; Argentina, 0,47%; o México, 0,28%. Sin ir más lejos, según datos de la Red Iberoamericana de Indicadores de Ciencia y Tecnología –RICYT– (2021), la inversión en I+D en dólares para Colombia para el año 2019 es de \$669,16, muy por debajo de Brasil, que mantiene una inversión de \$22.684,57 para el mismo año, seguido por México de \$3.603,17 y Argentina de \$2.140,86. Por su parte, la inversión en I+D como porcentaje del PIB per cápita en dólares tampoco es alentadora para el país frente a países de Latinoamérica para el año 2019: Colombia tuvo una inversión de \$1.633,69; por el contrario, Brasil fue el país que más invirtió con \$39.250,47, seguido por México con \$7.407,70 y Argentina con \$4.976,25. Igualmente remarcar que, como se observa en el estudio de Tudor & Sova (2022), Colombia ejemplifica a los países con menor inversión en I+D y en consecuencia con un PIB per cápita menor.

Por ello alcanzar la tan anhelada meta de inversión del 1% del PIB descrita desde los seminarios de Fusagasugá y Paipa en la década de los setenta del siglo pasado es tan importante. Vale la pena señalar que se alcanza esta cifra al contar con las inversiones que se realizan en actividades conexas con la investigación. El OCyT (2021) también sustenta que en los últimos años la inversión en I+D ha sido mayoritariamente privada, como quiera que se encuentra entre el 50% y el 60%, mientras la inversión pública está entre el 32% y el 44% (ver Figura 5).

³ OECD (2022), Gross domestic spending on R&D (indicator). doi: 10.1787/d8b068b4-en (Accessed on 02 November 2022)

Ahora bien, los recursos provenientes del Sistema General de Regalías no han alcanzado los niveles esperados, pues solo constituyen en promedio el 3,14% de la inversión en I+D en el periodo entre 2015 a 2020. A su vez, si bien el espíritu de esta financiación es que se esté más cerca de los territorios, se ha constituido en un mecanismo de dispersión de los recursos, sin un claro norte; al igual que en el seguimiento y la ejecución de los mismos, se está olvidando la premisa de que los proyectos en I+D tienen alta incertidumbre, y hoy son medidos en los mismos términos de un proyecto de inversión.

Figura 5. Inversión en I+D en Colombia 2015 a 2020



Fuente: Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología, 2021

En suma, como ya se señaló, estos problemas han sido declarados y sintetizados en diversos documentos como los desarrollados por la Misión de Ciencia y Tecnología en 1988, la Misión de Ciencia, Educación y Desarrollo en 1993, y la más reciente Misión Internacional de Sabios realizada en 2019, o en documentos de política como los Conpes 3852 de 2009, Conpes de 3866 de 2016, Conpes 3856 de 2019 o Conpes 4069 de 2022, los cuales pueden resumirse así:

- i) Baja capacidad del país para identificar, producir, difundir, usar, adaptar, transferir e integrar el conocimiento.
- ii) Bajos niveles de innovación de las empresas tanto manufactureras como de servicios.

- iii) Débil institucionalidad en el Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación.
- iv) Bajos niveles de diversificación y sofisticación de los bienes y servicios.
- v) Insuficiente talento humano para la investigación y la innovación.
- vi) Ausencia de focalización en áreas estratégicas de largo plazo.
- vii) Debilidad de las capacidades técnicas de los laboratorios, especialmente en lo relacionado con la calidad de su capital humano, el estado de su infraestructura física y equipamientos.
- viii) Bajo nivel de desarrollo del mercado de servicios de laboratorio.
- ix) Problemas en el marco normativo e institucional aplicable a los laboratorios.
- x) Disparidades regionales en capacidades científicas y tecnológicas.
- xi) Baja apropiación social del conocimiento.
- xii) Bajos niveles de financiación de investigación y desarrollo.

Retos y propuestas

El gobierno del presidente Petro invita a construir una nueva sociedad basada en el conocimiento. Ello constituye una oportunidad para el país en general y para el sector de la CTel en particular. En ese sentido, desde la **Universidad Nacional de Colombia** entendemos que una sociedad basada en el conocimiento es aquella en la que se apropia el conocimiento para incidir en su realidad, y se constituye en el motor de desarrollo económico y social (Bianco, Lugones, Peirano, & Salazar, 2002; Hornidge, 2011; Mansell & Wehn, 1998; Meadows, Marshall, & Jain, 2001; UNESCO, 2016).

Asimismo, asumimos que la incidencia en la realidad tiene como premisa que el desarrollo sea sostenible, es decir que como sociedad seamos capaces de satisfacer nuestras necesidades sin agotar los recursos que tenemos hoy sin comprometerlos para las futuras generaciones. Igualmente, el presidente Petro convoca a ser líderes en la lucha contra el cambio climático, con énfasis en la transición energética. También convoca a elevar la competitividad del país a través de pactos de productividad en sectores como el agro, el turismo, la industria, la economía popular, aspectos todos en los que la Ciencia, la Tecnología y la Innovación tienen un rol fundamental.

Así las cosas, considerando las lecciones aprendidas tanto del entorno internacional como del contexto nacional, junto a las recomendaciones dadas por los diferentes expertos nacionales e internacionales en la serie de encuentros coordinados con actores del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación mencionados en la introducción de este documento, a continuación, se presentan las propuestas para que se haga realidad la construcción de una sociedad basada en el conocimiento:

- a) **Selección de áreas estratégicas.** El país hizo el esfuerzo en la Misión de Sabios de 2019 para establecer unos focos en los cuales se deben establecer políticas orientadas a misiones que buscan solucionar los problemas nacionales,

regionales, locales y que afectan a la sociedad en general. Tales áreas deben constituirse en *“espacios de trabajo interdisciplinarios⁴, dinámicos, en los que se desarrollan redes con una permanente construcción de sinergias a través de alianzas y cooperación académica, científica, comunitaria e institucional, para contribuir en la solución de problemas nacionales, regionales y locales estratégicos que son retos de la sociedad y del planeta que se tienen en la actualidad o se proyectan en el futuro”⁵*. Sin embargo, dentro de los retos que esta definición implica están, por un lado, el conciliar las prioridades locales con las nacionales y con los retos sociales y del planeta, y de otro, el reconocer las diferencias y la diversidad de las regiones, los sectores y las formas de creación y de comunicación. Se hace imperativo avanzar hacia una regionalización basada en el conocimiento y en el desarrollo productivo.

Ahora bien, la lista de problemas a abordar en las áreas estratégicas es bastante amplia. Sin embargo, dentro de las preocupaciones que más se destacan por los 351 profesores de la UNAL que están trabajando en esa identificación de problemas están aquellos asociados a garantizar la independencia y autonomía del país en diferentes ámbitos: es por ello que son recurrentes menciones a la seguridad alimentaria, la seguridad farmacéutica, la seguridad minero-energética, la soberanía tecnológica y de datos, el cambio climático, la construcción de paz y la garantía de los derechos humanos, entre otras, las cuales coinciden con las recomendaciones de Misión de Sabios de 2019. Tal priorización requiere una articulación entre áreas estratégicas, misiones emblemáticas y la inversión presupuestal.

- b) **Mantener o incrementar la inversión en educación.** La inversión actual del 4,3%, del PIB debe involucrar a los diferentes niveles de formación, incluyendo incentivar las vocaciones en áreas STEM y la iniciación temprana en procesos de investigación-creación artística. Ello requiere que el porcentaje de inversión en educación terciaria, que hoy es del 24% de la inversión, debería alcanzar al menos el 30% del total de la inversión, como se hace en países como México o España (en Chile el porcentaje alcanza el 40%). Se debe ampliar la base de los procesos de financiación a todos los niveles, desde la infancia hasta las maestrías y los doctorados, si se quiere romper con las problemáticas de poca cobertura, educación de mala calidad, baja productividad, entre otros.

Es necesario considerar y diseñar nuevos modelos de financiamiento como opciones de financiación de la educación terciaria entre empresas privadas y las

⁴ Se concibe la interdisciplinariedad como la integración de conceptos, metodologías y prácticas de las disciplinas participantes (Medicine, 2005).

⁵ Adaptado de documento de trabajo “Hacia la definición de áreas estratégicas de gestión de conocimiento” (Universidad Nacional de Colombia -VRI & Sánchez-Torres, 2022).

IES para incentivar la producción de conocimiento y la investigación implicando a otros actores.

Es pertinente revisar y evaluar la política para la vinculación de investigadores y doctores en empresas con el objetivo de mejorar la competitividad científica y la innovación en el país desde el sector privado.

Se hace imperativo rediseñar el sistema de prioridades en el otorgamiento de becas de educación terciaria, ajustando las proporciones de las becas para estudios de doctorado, especialmente en temas y áreas estratégicas. Igualmente, es importante considerar el rediseño de las políticas de becas de doctorado.

- c) **Aumentar la inversión en I+D.** La inversión actual del 0,2% del PIB debe aumentar al menos al 1,5% del PIB, lo que implica que, de un lado, la inversión pública, específicamente los recursos del SGR, se utilicen para financiar las misiones establecidas en las áreas estratégicas seleccionadas, y, de otro lado, que de los recursos del presupuesto general de la nación se nutra el Fondo de Ciencia y Tecnología, que garantice la financiación de la investigación fundamental y de aquellas áreas de las que no se ocupen los proyectos del SGR.

Es necesario reestructurar el manejo del Sistema General de Regalías (SGR), que contemple, en primer lugar, un aumento al componente de CTel, pero también cambios en la metodología de formulación de proyectos acorde con la naturaleza de los proyectos de investigación e innovación tecnológica, redistribución de los recursos para fortalecer las capacidades regionales, optimización de los recursos en la ejecución de los proyectos e interventoría a los proyectos en el sector privado y reorientación de las áreas estratégicas.

- d) **Diversificar y sofisticar la estructura económica apalancada en CTel.** La financiación en I+D, el talento humano, junto al equipamiento para la generación de bienes y servicios con valor agregado, no necesariamente son los mismos para todos los sectores, lo que da la posibilidad para desarrollar al menos tres escenarios, no necesariamente excluyentes entre sí:
- a. Un primer escenario, válido para ciertos sectores productivos, puede ser mantener el acervo científico y tecnológico, que al ser apalancado con inversión extranjera directa, puede generar el aprendizaje en aspectos técnicos derivado del contacto entre las empresas nacionales con las extranjeras, así como ser una fuente de empleo (Gheribi & Voytovych, 2018).
 - b. Otro escenario es generar bienes y servicios con alto valor agregado que implica el aumento de la financiación, el talento humano y el equipamiento para buscar soluciones a problemas como la seguridad alimentaria, la soberanía energética o la soberanía sanitaria, o sacar provecho de la

biodiversidad con la que cuenta el país. Un ejemplo cercano es el caso chileno y la producción de salmón a partir del uso intensivo de la biotecnología (Montero, Konde, & Farinelli, 2006; Zapata & Orellana, 2022).

- c. Otro escenario es pensar en el desarrollo de bienes y servicios asociados a nuevos sectores industriales asociados a las tecnologías emergentes de la industria 4.0, como la Inteligencia Artificial o la computación cuántica, entre otras, que implica la construcción de capacidades mediante el aumento de la financiación, la formación de talento humano en esos sectores y el equipamiento. De esta forma, podríamos atacar problemas como la soberanía tecnológica y de datos. El caso brasileño y su empresa aeronáutica Embraer es un buen ejemplo en la región de una apuesta a un nuevo sector construyendo todas las capacidades que se requieren (Ghemawat & Herrero, 2000; Veiga, 2019).

- e) **Apostar por la Ciencia participativa.** Implica el diseño e implementación de mecanismos de co-creación de soluciones a través de procesos de diálogos y negociación en los que se articula la transferencia de conocimiento entre las IES, las empresas y las comunidades. Pasa por fomentar la innovación abierta y la innovación transformativa para la generación y el mantenimiento de capacidades de innovación en las empresas; y a su vez, fortalecer los centros de investigación y los centros de desarrollo tecnológico, debido a que estos son los puentes en la necesaria y anhelada relación entre las IES, el sector empresarial y las comunidades. De este modo, será mejor aprovechada y apropiada la producción de conocimiento. También obliga a implementar la política de ciencia abierta, a la par con el fortalecimiento de las infraestructuras para el acceso abierto.

- f) **Fortalecer la gobernanza⁶ del SNCTeI.** Como lo señaló Salazar (2022), dicho fortalecimiento pasa por fomentar el diálogo, la participación, y la co-construcción entre y con los diferentes actores para la formulación, ejecución y evaluación de la política pública en materia de CTel, reconociendo la diversidad de sus perspectivas, intereses y niveles de poder. También implica, como lo señaló Hernández-Umaña (2022), de un lado, que los modelos de gobernanza sean multinivel –no solo sector público, no solo nivel central– con el propósito de facilitar el relacionamiento de las diferentes actores (gobierno, academia, sector productivo, sociedad civil) y, de otro lado, fortalecer las capacidades del Estado para convocar, liderar y alinear a los diferentes actores del SNCTeI para el logro

⁶ Se entiende la gobernanza lo expresado por Salazar y Hernández en Universidad Nacional de Colombia -VRI, (2022), como una nueva forma de gobernar en la cual los gobiernos interactúan con varios y diversos actores en el proceso de formulación de políticas públicas. Por su parte, los mecanismos de gobernanza son para orientar y tomar decisiones respecto de la política pública y el financiamiento, permitiendo que las tensiones entre actores diversos (que a su vez tienen diferentes niveles de recursos, diferentes intereses y diferentes niveles de poder) se pongan de acuerdo.

de la hoja de ruta que se ha establecido. En otras palabras, se requiere una coordinación interministerial, interinstitucional, regional y sectorial.

Se deben acordar agendas de política que alineen prioridades nacionales y regionales y poder atender las diferencias en los departamentos del país, de ahí también las posibilidades de hacer buen uso de los recursos de regalías. Lo anterior implica que el proceso de diseño, formulación e implementación de las políticas públicas debe ser participativo. Para ello se puede y se deben regionalizar las políticas de la Misión de Sabios de 2019, producto de la participación y coordinación de diversos actores, al igual que la réplica realizada en 2021 en el departamento de Caldas, para apropiar y regionalizar las cinco misiones emblemáticas y para construir lineamientos de política pública y propuestas de acción en el marco de los ODS. Las recomendaciones, así como el diseño y estructura de la Misión, deben ser replicadas e interiorizadas para fortalecer las capacidades regionales de CTel y las demandas territoriales. El propósito de esta articulación ha de ser cerrar las brechas regionales en materia de CTel.

Se hace necesario fortalecer el Consejo Científico Nacional con su articulación con los Comités interministeriales, sectoriales y regionales. En especial, se esperaría que los CODECTI deben orientar a las regiones sobre las responsabilidades, el alcance y los retos que van a tener las instancias que hoy no tienen un rol de decisión sobre los proyectos y la ejecución presupuestal. El reto de la institucionalidad es lograr la complementariedad entre sus entidades.

- g) **Fortalecer la integridad científica.** La comunidad científica no solo está llamada a contribuir en dar respuesta a las necesidades de las sociedades, sino también a propender por la equidad y la plena garantía de los derechos humanos. La comunidad científica no solo es responsable de la calidad, calidez y validez de la investigación, sino también del buen actuar, de la adopción de conductas responsables y de la continua difusión y divulgación del conocimiento a todos los actores involucrados en el proceso. Ello implica continuar con el proceso de deliberación colectiva y de manera co-creativa que se ha venido realizando, obteniendo resultados en los que se han propuesto documentos, lineamientos y acuerdos que han permitido la consolidación y el desarrollo de la “Política de ética de la investigación, bioética e integridad científica-EIBIC”, la creación de la Red nacional de comités de ética en investigación y bioética, y la compilación de lineamientos para la conformación y el funcionamiento de los Comités de ética de la investigación, entre otros resultados.
- h) **Fortalecer la infraestructura científica y tecnológica.** En cada área estratégica y las misiones que se definan, se deben seleccionar los institutos de investigación con capacidades instaladas y las IES, para que en conjunto con las empresas o las

comunidades establezcan los mecanismos de articulación y colaboración en respuesta a las problemáticas planteadas por área.

Parte de los recursos provenientes del SGR podrían utilizarse en un programa para el fortalecimiento de la infraestructura de laboratorios (adquisición, mantenimiento y repotenciación), para facilitar la importación de reactivos e insumos, el equipamiento en TIC (hardware y software), para el acceso a los recursos bibliográficos digitales, entre otros, así como continuar con la financiación de proyectos que permitan desarrollar la infraestructura y tener acceso libre y gratuito a los datos que se generan en las investigaciones. Establecer la política de infraestructura compartida. Diseñar e implementar procesos de capacitación del talento humano que opera esta infraestructura, garantizando que estas capacidades lleguen a las regiones.

- i) **Evaluación, seguimiento e impacto.** La medición del quehacer de los investigadores del país requiere una profunda reflexión hacia el uso de métricas que superen las métricas clásicas basadas en indicadores bibliométricos. Deben buscarse formas alternativas que tengan en cuenta los resultados e impactos sociales, económicos, legales y culturales que se dan conforme al contexto en donde se desarrollen los procesos de investigación y creación. Se debe fortalecer la cultura de medición de impacto, no solo de los procesos de investigación, sino de las políticas públicas en materia de CTel.

Mesa 11: Propuestas en Ciencia, Tecnología e Innovación

Coordinador de Mesa: Camilo Younes Velosa

Autora de documento base: Jenny Marcela Sánchez Torres

Comentaristas: Sonia Monroy Varela; Paula Toro; Miguel Trujillo Londoño; Mariana Trujillo Garcia; Gustavo Silva Carrero; Flavio Augusto Prieto Ortiz; Luz Fernanda Jiménez Segura; Jairo Núñez Méndez; Iván Darío Hernández Umaña; Mónica Salazar Acosta; Carmen Alicia Cardozo; Erika Chaves Carrero; Andrés Pavas Martínez; María Alejandra Tejada;

Alexis De Greiff; Jairo Alexis Rodríguez López

Relatora: Eliana Delgado González

Referencias Bibliográficas

- Bianco, C., Lugones, G., Peirano, F., & Salazar, M. (2002). *Los indicadores de la Sociedad del conocimiento y los indicadores de Innovación*. Buenos Aires, Argentina.
- DANE. (2021). Boletin_EDIT_manufacturera_2019_2020. In *Informe Técnico*. Bogotá.
- Departamento Nacional de Planeación. (2009). *Conpes 3582 - POLÍTICA NACIONAL DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN*. Bogotá.
- Departamento Nacional de Planeación. (2016). *CONPES 3866 - POLÍTICA NACIONAL DE DESARROLLO PRODUCTIVO*. Bogotá.
- Departamento Nacional de Planeación. (2019). *Documento CONPES. Política Nacional de Laboratorios: propiedades para mejorar el cumplimiento de estándares de calidad*. Bogotá.
- Departamento Nacional de Planeación. (2021). *CONPES 4069 Política Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2022 a 2031*. Bogotá.
- Fedesarrollo, Nuñez Mendez, J., Castañeda, C., Castillo, J. F. C., Forero, D., Martínez, N., & Tellez, O. P. (2022). *Evaluación de impacto de la política de formación de capital humano de alto nivel: programa de créditos condonables de doctorado 1992-2018*. Bogotá.
- Ghemawat, P., & Herrero, G. (2000). Embraer: the global leader in regional jets. *Embraer: The Global Leader in Regional Jets*, 2(4), 1–17. Retrieved from http://matdid1.fgvsp.br/POI/Luiz_Carlos_Moraes_Rego/Ceag_tips/tips_textos/Embraer.pdf
- Gheribi, E., & Voytovych, N. (2018). Prospects of foreign direct investments in technology transfer. *Economic and Environmental Studies*, 18(46), 551–576. <https://doi.org/10.25167/ees.2018.46.5>
- Hornidge, A. K. (2011). 'Knowledge society' as academic concept and stage of development: A conceptual and historical review. *Beyond the Knowledge Trap: Developing Asia's Knowledge-Based Economies*, 87–127. https://doi.org/10.1142/9789814343688_0004
- Kamp, A. (2016). *Engineering Education in the Rapidly Changing World. Rethinking the Vision for Higher Engineering Education*. Delft.

- López, D. C., López Enciso, E., & Montes, E. (2015). Colombia en el comercio mundial (1992-2012): desempeño de las exportaciones colombianas. *Borradores de Economía*, (885), 60.
- Maddison, A. (2001). The World Economy. A Millennial perspective. In *National Institute Economic Review*. <https://doi.org/10.1177/002795019314600103>
- Mansell, R., & Wehn, U. (1998). *Knowledge Societies: Information Technology for Sustainable Development*. United Nations Publications, Oxford University Press.
- Meadows, C. ., Marshall, C., & Jain, V. (2001). Building a Competitive Advantage in the Knowledge Economy. In Y. Malhotra (Ed.), *Knowledge Management and Business Model Innovation* (pp. 37–59). IGI Global.
- Medicine, I. of. (2005). Facilitating Interdisciplinary Research. In *Facilitating Interdisciplinary Research*. <https://doi.org/10.17226/11153>
- MinCiencias. (2022). *Informe de la publicación de los Resultados Finales de la Convocatoria Nacional para el Reconocimiento y Medición de Grupos de Investigación, Desarrollo Tecnológico o de Innovación y para el Reconocimiento de investigadores del Sistema Nacional de Ciencia*. Retrieved from http://www.colciencias.gov.co/sites/default/files/upload/documents/informe_y_analisis_de_la_convocatoria_693_de_2014_20_04_2015_2.pdf
- Montero, C., Konde, V., & Farinelli, F. (2006). A Case Study of the Salmon Industry in Chile. *United Nations Conference on Trade and Development*, 42.
- Observatorio Colombia de Ciencia y Tecnología - Departamento Nacional de Planeación. (2022). *Índice Departamental de Innovación para Colombia (IDIC) 2021*. Retrieved from <https://www.dnp.gov.co/programas/desarrollo-empresarial/Competitividad/Paginas/Indice-Departamental-de-Innovacion-para-Colombia.aspx>
- Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología. (2021). Indicadores de ciencia y tecnología Colombia 2020. In *OCyT*.
- OECD. (2022). *Education at a Glance 2022*. Retrieved from http://www.oecd-ilibrary.org/education/education-at-a-glance-2022_3197152b-en
- OECD, CAF, & European Commission. (2021). Latin American Economic Outlook 2021: Working Together for a Better Recover. In *Latin American Economic Outlook 2015*. Retrieved from <https://doi.org/10.1787/5fedabe5-en>
- OMC, Fontagné, L., Meliciani, V., Escaith, H., Magdeleine, J., Maurer, A., & Neufeld, N.

- (2013). *Tendencias del comercio internacional. Informe sobre el Comercio Mundial 2013. Factores que determinan el futuro del comercio*. Ginebra: Publicaciones de la OMC.
- Red Iberoamericana de Indicadores de Ciencia y Tecnología RICYT. (2021). El Estado de la Ciencia en Imágenes. In *El Estado de la Ciencia 2021*. Buenos Aires, Argentina.
- Sánchez Pérez, G. (2011). Conocimiento y crecimiento colombiano: una aproximación a través del progreso tecnológico y el cambio técnico. *Revista Facultad De Ciencias Económicas*, XIX(2), 105–122. <https://doi.org/https://doi.org/10.18359/rfce.2251>
- Tudor, C., & Sova, R. (2022). Driving Factors for R&D Intensity: Evidence from Global and Income-Level Panels. *Sustainability (Switzerland)*, 14(3), 1–16. <https://doi.org/10.3390/su14031854>
- UNCTAD/TIR. (2021). *Technology and Innovation Report 2021*. Retrieved from https://unctad.org/system/files/official-document/tir2020_en.pdf
- UNCTAD. (2021). Key Statistics and Trends in International Trade. Trade trends under The COVID-19 Pandemic in 2020. In *United Nations Conference on Trade and Development*. Retrieved from https://unctad.org/system/files/official-document/ditctab2020d4_en.pdf
- UNESCO. (2016). Knowledge societies policy handbook. In *Unesco* (Vol. 1).
- Universidad Nacional de Colombia -VRI. (2022). *Memorias Ciclo de Conversatorios. Construyamos propuestas en CTel para el Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026. Memorias de Conversatorios*. Bogotá.
- Universidad Nacional de Colombia -VRI, & Sánchez-Torres, J. M. (2022). *Hacia la definición de áreas estratégicas que guíen la investigación , la extensión y la innovación en la UNAL Análisis y propuesta*. Bogotá.
- Universidad Nacional de Colombia -VRI, Younes, C., & Trujillo, M. (2021). *Sistema de financiamiento de becas de Doctorado Análisis y propuesta*. Manizales.
- Veiga, M. (2019). *EMBRAER and the trajectory of Brazil ' s aeronautics industry ecosystem*. (November).
- Zapata, I. E. T., & Orellana, O. V. (2022). Chilean Public Policies and their Impact on Biotechnology Small and Medium Enterprises. *Journal of Evolutionary Studies in Business*, 7(1), 204–237. <https://doi.org/10.1344/jesb2022.1.j103>

