



El futuro
es de todos

Gobierno
de Colombia



MISIÓN DE **SABIOS**

COLOMBIA - 2019



Presidencia de la República

Iván Duque Márquez

Vicepresidencia de la República

Marta Lucia Ramírez de Rincón

Ministerio de Educación Nacional

Maria Victoria Angulo González

Colciencias

Diego Fernando Hernández Losada

Director General

Sonia Esperanza Monroy Varela

Subdirectora General

Misión internacional de sabios para el avance de la
Ciencia, la Tecnología y la Innovación.

Pacto por la Ciencia, la Tecnología y la Innovación:
Un sistema para construir el conocimiento del futuro

Misión de Sabios Colombia - 2019

Contenido

	Pág
1 Introducción	7
2 Misión Internacional de Sabios 2019	10
3 Focos Temáticos	12
Tecnologías convergentes - nano info y cogno - e	
Industrias 4.0	13
Industrias creativas y culturales	16
Energía sostenible	26
Biotecnología, bioeconomía y medio ambiente	32
Océanos y recursos hidrobiológicos	43
Ciencias sociales y desarrollo humano con equidad	48
Ciencias de la vida y de la salud	51
Ciencias básicas y del espacio	54
4 Referencias bibliográficas	59

1. INTRODUCCIÓN

Misión internacional de sabios para el avance de la ciencia la tecnología y la innovación

“Con una inversión, visión y estrategia a largo plazo en ciencia, educación y desarrollo, y con una amplia y acelerada implementación de un nuevo proyecto civilizador, Colombia tendrá la participación que amerita en el futuro de la humanidad”.

Rodolfo R. Llinás

El Gobierno nacional en el año 1993, conformó una Misión de Sabios denominada **Misión de Ciencia, Educación y Desarrollo** compuesta por 10 personas, todas reconocidos por su experiencia en diferentes áreas del conocimiento, como fueron: Eduardo Aldana Valdés, Luis Fernando Chaparro Osorio, Gabriel García Márquez, Rodrigo Gutiérrez Duque, Rodolfo Llinás, Marco Palacios Roza, Manuel Elkin Patarroyo, Eduardo Posada Flórez, Ángela Restrepo Moreno y Carlos Eduardo Vasco.





Para 1994 le entregaron al entonces presidente de la República un informe denominado Colombia al filo de la oportunidad con recomendaciones, proyectadas a 20 años, para enfrentar los retos del siglo XXI.

En el desarrollo de la Misión, se plantearon recomendaciones sobre aspectos institucionales, educativos y de ciencia y tecnología. Se sugirió, por ejemplo, la creación de un Consejo Nacional de Productividad, Gestión y Competitividad, que, en conjunto con los empresarios, promoviera la competitividad, la productividad y las organizaciones efectivas. Adicionalmente, se visualizó la necesidad de incrementar la inversión en Actividades de Ciencia, Tecnología e Innovación (ACTI) al 2% del PIB, así como la meta de aumentar el número de doctores cada año.

Aunque algunas de las recomendaciones se implementaron y fueron base para el desarrollo de políticas públicas, transcurridos más de 20 años persisten pendientes. La inversión en ACTI es menor al 1% del PIB, y la meta de 18 PhD graduados/ por millón de habitantes iba en 12.6 en 2016. Lo anterior sin mencionar que los retos productivos globales que hoy enfrenta el país no son los mismos que se avizoraban en 1994.

En este contexto, el Presidente Duque, tras una reunión con la Academia Colombiana de Ciencias, decidió convocar una nueva

Misión de Sabios, tomando como punto de partida el documento Libro Verde de Colciencias, “Desafíos para el 2030” (Colciencias, 2018) así como los dispuesto en el Decreto 1714 de 2018.

La Misión de Sabios es un grupo de expertos en diferentes áreas del conocimiento, quienes participarán ad honorem y ayudarán a trazar la ruta para el avance de la ciencia, la tecnología y la innovación en Colombia. Estos expertos, nacionales e internacionales, entregarán ocho documentos con las recomendaciones factibles y preguntas relevantes que se deberían responder para que el país pueda dar un salto adelante en Ciencias Sociales y Desarrollo Humano; Ciencias de la Vida y de la Salud; Biotecnología, Bioeconomía y Medio Ambiente; Océano y Recursos Hidrobiológicos; Ciencias Básicas y del Espacio; Energía Sostenible; Tecnologías Convergentes -Nano Info y Cogno- e Industrias 4.0 e Industrias Creativas y Culturales.

La Misión abre la compuerta para construir herramientas a nivel territorial, productivo e institucional que faciliten soluciones prácticas a los desafíos del desarrollo de la ciencia, la tecnología y la innovación aplicada en el país. Por ello, el prestigio científico o intelectual de los convocados, y el respeto que se hayan ganado en sus comunidades son criterios importantes para la selección de los candidatos.

2. Misión Internacional de Sabios 2019

Funcionamiento

La Misión funcionará durante el 2019. Los integrantes se dividirán entre los grupos temáticos.

Se espera que se realicen tres sesiones de cada área temática donde se asignarán responsabilidades y definirán alcances. La agenda de las reuniones y las fechas específicas será concertada entre los integrantes de cada grupo y será liderada por un coordinador, quien será miembro de la Misión. Quienes por compromisos previos no puedan estar en la ciudad, podrán participar en las sesiones vía teleconferencia.

Los comisionados podrán apoyarse en grupos de investigación de universidades colombianas sugeridos al momento de instalar la Misión.

El Gobierno de Colombia gestionará los gastos de traslado y alojamiento en los que incurran los participantes que visiten el país o las ciudades donde se realicen los encuentros.

Objetivo general

Aportar a la construcción e implementación de la política pública de Educación, Ciencia, Tecnología e Innovación y a las estrategias que debe construir Colombia a largo plazo, para responder a los desafíos productivos y sociales de manera escalable, replicable y sostenible.

Objetivos específicos

- Presentar recomendaciones y estrategias para la inserción de los Doctores de la comunidad de investigación colombiana, –desde cada área–, acorde con los desafíos mundiales de productividad, innovación, inclusión y sostenibilidad.
- Proponer una hoja de ruta para la consolidación de capacidades de generación de patentes que le permitan al país mejores estándares de desarrollo económico y social.
- Proponer estrategias que involucren las disciplinas creativas y resultados de actividades de Investigación-Creación en la generación de una economía sustentada en la CTel nacional.
- Revisar y emitir recomendaciones de los mecanismos prácticos y operación del Sistema Nacional Ciencia, Tecnología e Innovación en articulación con el Sistema Nacional de Competitividad, Ciencia, Tecnología e Innovación.
- Proponer un esquema que comprometa al sector público, la academia, los empresarios y la sociedad en el avance de las recomendaciones planteadas.

Tecnologías Convergentes - Nano Info y Cogno - e Industrias 4.0

3 Focos Temáticos

A partir de la identificación de áreas y temáticas relevantes para trazar la ruta para el avance de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación como motores del desarrollo y la competitividad del país, se proponen los siguientes focos para orientar el trabajo de la misión de sabios:

1. Tecnologías convergentes (nano, info y cognotecnología) – Industrias 4.0
2. Industrias culturales y creativas.
3. Energía sostenible
4. Biotecnología, medio ambiente y bioeconomía
5. Océanos y recursos hidrobiológicos
6. Ciencias sociales y Desarrollo Humano con Equidad
7. Ciencias de la vida y de la salud
8. Ciencias básicas y del espacio

A continuación, se presenta una breve narrativa y resumen de cada foco. Sin embargo, es importante aclarar que este documento únicamente corresponde a una perspectiva general de la definición temática a abordar en cada uno de ellos, así como un breve resumen del contexto en Colombia.

La nueva revolución tecnológica, que también se ha denominado industria 4.0, es entendida como una transformación social y técnica fruto de la convergencia de varias tecnologías. Tal convergencia se entiende como “la combinación sinérgica de cuatro campos de ciencia y tecnología –nano, bio, info y cogno¹” (Montenegro, Hernández, Chavarro, Vélez, Tovar, Niño & Olaya, 2018).

Las tecnologías convergentes han sido punto clave de la política pública de diversos países en la medida en que se ha identificado su potencial como motor de desarrollo económico y de liderazgo científico. Esta nueva revolución tecnológica toma cada vez mayor importancia, generando variables de impacto específico que determinarán el éxito y la competitividad de los sectores a través de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. Las empresas deberán estar innovando continuamente, creando nuevos procesos para elevar su productividad y nuevos productos para desarrollar y profundizar sus nichos de mercado.

En línea con lo anterior, la Comisión Nacional de Competitividad de Colombia ha identificado como lineamientos estratégicos para alcanzar la visión propuesta en el año 2032, el desarrollo de sectores de clase mundial, el salto en la productividad y el empleo, la formalización laboral y empresarial, el estímulo al desarrollo de la ciencia, la tecnología y la innovación, y el desarrollo de estrategias para la promoción de la competencia y la inversión (Informe Nacional de Competitividad, 2007).

¹ Cogno hace referencia fundamentalmente a las neurotecnologías y tecnologías relacionadas

En ese sentido, la Transformación Digital en la Industria 4.0 será un factor fundamental para lograr ese objetivo y convertirnos en un país altamente competitivo. Para ello se deberá utilizar la tecnología para incrementar la competitividad en las empresas, obteniendo mayores beneficios basados en el mejoramiento de procesos operativos, creación de nuevas líneas de negocio y cambio en la forma en que las empresas se relacionan con sus clientes o empleados.

Pese a su potencialidad, las tecnologías convergentes son también un punto de debate por sus posibles implicaciones sociales y ambientales. Por ejemplo, la falta de certidumbre sobre sus impactos a largo plazo sobre la salud humana y el posible incremento de la brecha económica entre países, son algunos factores que pueden incidir en las formas de desarrollo de estas tecnologías en un país.

Contexto del Tema en Colombia

A partir del contexto internacional que implica la transformación digital, Colombia tiene retos que deberá resolver en el corto y mediano plazo para lograr el apoyo a las Industrias 4.0:

- Definir un marco regulatorio mediante los procesos de investigación y prospección, que le permita al país adelantarse a los avances tecnológicos que permean la forma de interrelación con los ciudadanos
- Fomentar nuevos modelos de negocio de base tecnológica basados en procesos de I+D+i
- Formar Capital humano creativo y flexible
- Desarrollar Tecnologías de impacto
- Velar por un desarrollo incluyente y sostenible

Por su parte, el Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (PNCTel) para el sector TIC 2017-2022, como resultado de una serie de diagnósticos, prospectivas y ejercicios de vigilancia tecnológica sobre el sector, ha establecido líneas orientadoras de tecnologías convergentes en las cuales se deberían centrar los esfuerzos de investigación, desarrollo tecnológico e innovación.

Industrias Creativas y Culturales

Así como la investigación los procesos de creación también pueden generar nuevo conocimiento, desarrollo tecnológico e innovación, sin embargo, durante muchos años la creación no fue reconocida dentro del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación -SNCTI- debido a que su forma de desarrollar un proyecto y sus productos no correspondían al imaginario tradicional de la ciencia (Estévez et al., 2018).

Actualmente, los procesos de creación, al igual que la investigación, manejan estructuras disciplinadas y planificadas donde la experimentación constante juega un rol importante en la consecución del producto final. Dichos productos se caracterizan por manejar un lenguaje plástico (como la música, la escultura, la danza, el audiovisual, etc.), que en innumerables casos además de ser original e inédito ha movido las fronteras del conocimiento de estas disciplinas como en el caso de la obra de Pablo Picasso, Antonio Gaudí, Le Corbusier, George Lucas, Stanley Kubrick, entre otros, y ha establecido una plataforma de innovación en diferentes áreas del conocimiento (Delgado et al., 2015).

Un caso significativo es el de la industria cinematográfica en donde a partir de mundos imaginados se ha promovido desarrollo tecnológico e innovación (Delgado, 2016), como ocurre con las diferentes producciones de Pixar y Lucasfilm. Otro caso es el de Bogotá como ciudad de la música de la Red de Ciudades Creativas de la UNESCO, que promueve formas democráticas de acceso a diferentes géneros musicales (desde lo clásico a lo popular), además de establecer formas innovadoras de marketing

musical. Estos casos evidencian el rol de las industrias creativas y culturales en el sistema de innovación tecnológico y social (UNCTAD, 2013).

Este marco conceptual permitió que en el 2017 Colciencias (a través de la convocatoria 781) reconociera a la investigación + creación como tipología de investigación capaz de generar nuevo conocimiento, desarrollo tecnológico e innovación. Con la investigación + creación se abren nuevas posibilidades de articulación entre la academia y las industrias creativas y culturales, focalizadas al desarrollo de contenidos desde las universidades y con proyección de transferencia al sector de la Economía Naranja (Colciencias, 2017). Dentro de la producción asociada a los procesos de investigación + creación (reconocida en el modelo de medición de Colciencias) encontramos: Obras o productos de arte, arquitectura y diseño; Consultoría en artes, arquitectura y diseño; Empresas creativas y culturales; y Registros de acuerdos de licencia para la explotación de obras.

A partir de esta formalización de la investigación + creación, Colciencias contempla el desarrollo de estrategias para su fomento, focalizadas a la generación de conocimiento, desarrollo tecnológico e innovación para las Industrias Creativas, por medio de las siguientes convocatorias:

Desde la Dirección de Fomento a la Investigación: promover y fomentar proyectos orientados al desarrollo de contenidos creativos y culturales que realicen aportes de nuevo conocimiento asociados al sector de las industrias creativas y culturales.

Desde la Dirección de Desarrollo Tecnológico e Innovación: promover y fomentar proyectos de investigación + creación enfocados al desarrollo de contenidos creativos y culturales transferibles al sector de las industrias creativas y culturales.

Desde la Dirección de Mentalidad y Cultura: promover y fomentar proyectos en donde comunidades proponen y desarrollan propuestas de emprendimientos creativos y culturales, apoyadas por un grupo de investigación con trayectoria en temas de creación e industrias creativas y culturales.

Dentro de la estructura de estas convocatorias, el modelo de medición de Colciencias reconoce a la producción artística resultado de la investigación + creación (espectáculos escénicos, objetos plástico-visuales, piezas sonoras, etc.) como obras de nuevo conocimiento, dando a los artefactos artísticos una condición de objetos cognitivos (Castillo, 2013) equivalente a la de un artículo o un libro resultado de investigación. La valoración de la calidad de esta producción de nuevo conocimiento es respaldada por escenarios como bienales, museos, salones, exposiciones y concursos, entre otros, en donde expertos valoran el nivel de innovación de las obras, su impacto artístico y disciplinar, entre otros, a través de diferentes reconocimientos (premios, menciones, muestras públicas etc.)

Así, se establece que los productos de nuevo conocimiento no solo se materializan a través de artículos en journals prestigiosos, sino también por medio de obras de nuevo conocimiento resultado de procesos de investigación + creación, reconocidas por escenarios de valoración artística, que tradicionalmente han determinado la calidad e impacto de la producción de estas disciplinas. Las investigaciones realizadas en el área de industrias creativas y culturales se han focalizado al estudio de este sector a nivel teórico y estadístico, permitiendo determinar su aporte cualitativo y cuantitativo al desarrollo económico de un territorio, considerando indicadores de progreso/crecimiento, sostenibilidad y la relación entre la oferta y demanda de bienes y servicios creativos.

De acuerdo con los estudios realizados por la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo (UNCTAD), para el 2013 los ingresos de estas industrias a nivel internacional fueron de US \$ 2,250b y representaron a un aporte del 3% al PIB mundial, además de generar empleos para veintinueve millones de personas. Un caso significativo se presentó en Londres, donde el tercer sector más importante de su economía es la música, lo que demuestra cómo estas industrias además de promover experiencias estéticas son capaces de generar empleo y desarrollo económico (Bourne, Hutton, Shearmur and Simmons, 2011).

Contexto del Tema en Colombia

A nivel nacional, a través de la Cuenta Satélite de Cultura del Ministerio de Cultura y el DANE se ha realizado un estudio detallado que ha permitido determinar el crecimiento económico que promueven estas industrias (con base en la nueva Guía Metodológica para la implementación de las Cuentas Satélites de Cultura en Iberoamérica - Convenio Andrés Bello 2016) y el estado del arte de los siguientes sectores de naturaleza creativa y cultural, que para la Matriz de Trabajo del Campo Cultural 2015, 2016 y 2017, se clasificaron en: artes escénicas, artes visuales, audiovisual, creación, diseño publicitario, educación cultural, juegos y juguetes, libros y publicaciones, y música.

Según los resultados de este estudio, las industrias creativas en Colombia aportaron \$20 billones de pesos a la producción durante el 2013, lo cual equivale a un 3,3% del PIB. De hecho, la *“tasa de crecimiento promedio entre 2001 y 2007 para el PIB cultural fue del 7,10% mientras que la misma tasa para el PIB total fue de 4,88%, concluyendo que el PIB cultural registró un crecimiento más acelerado que el de la economía en su conjunto”* (PND, 2010). Adicionalmente, durante el 2011 las estadísticas registraron 1’60.000 trabajadores en las áreas creativas, lo cual equivalía a un 5,8%

del empleo nacional (PND, 2010).

Más adelante, en el año 2016 el valor agregado de estos sectores se incrementó en un 2,4%, con un aporte equivalente a 8.097 mil millones de pesos. Los sectores con un mejor comportamiento fueron las artes visuales y el audiovisual, con un crecimiento del 9,6% y 5,6%, respectivamente.

Para el año 2017, el valor agregado de estos sectores tuvo un pequeño incremento de apenas 0,8%, con un aporte equivalente a 8.061 mil millones de pesos. Las artes visuales mantuvieron su crecimiento con un aumento del 8,7% comparado con el 2016. En tanto que las artes escénicas fueron protagonistas con un crecimiento del 30,4%.

A pesar del bajo crecimiento del sector audiovisual y de los libros y publicaciones, en los últimos años, siguen siendo los más relevantes a nivel nacional. Otro sector que sorprende por su valor agregado es la educación cultural, con un aporte de 1.576 mil millones de pesos.

- Con relación a la oferta de trabajo:
- Las plazas equivalentes a tiempo completo tuvieron un incremento del 1,8% para el 2016 y del 3,8% para el 2017. Debido a la oferta del diseño publicitario y la educación cultural, principalmente.
- Las plazas de trabajo asalariado tuvieron un incremento del 3,5% para el 2016 y del 9,7% para el 2017. Debido, también, a la oferta del diseño publicitario y la educación cultural, principalmente.
- Por el contrario, los puestos de trabajo independiente han tenido una disminución del 0,4% y del 4,4% para los años 2016 y 2017, respectivamente. Debido a la disminución de la

oferta las artes visuales, la música y las artes escénicas.

- En el 2016 la oferta fue de 238.832 puestos de trabajo, sin embargo, se registró una demanda de 179.822 puestos de trabajo, lo cual equivale al 75,3%. Esto devela que existe un escenario laboral “tradicional” que aún no está cubierto por los creativos de los nueve sectores estudiados, pero al mismo tiempo evidencia un crecimiento del formato emprendedor de los creadores nobeles (DANE, 2018).

Este análisis se complementa con el estudio de la Cámara de Comercio de Bogotá que junto con la Alcaldía Mayor de Bogotá y la UNESCO, publicaron el resultado de la caracterización de las industrias culturales y creativas de Bogotá. Se identificaron 28.046 empresas distribuidas en seis (6) sectores de las ICC:

- Artes escénicas y espectáculos artísticos
- Artes visuales
- Audiovisual y radio
- Libros y publicaciones
- Música
- Otros sectores sin ánimo de lucro

Se evidenció que:

- El 68,5% de los directivos de estas empresas tienen un grado de escolaridad profesional y pos gradual.
- Solo el 22,8% tienen más de 20 años de experiencia. En tanto que la mayoría de empresas tiene una existencia de 2 a 5 años.
- Las zonas de Bogotá con mayor concentración de empresas ICC son: La Candelaria, Teusaquillo, Chapinero y Usaquén.
- La principal fuente de financiación proviene de recursos

propios, sin embargo, en el caso de las artes escénicas, las artes visuales y las entidades sin ánimo de lucro hay mayor dependencia de los recursos públicos.

- El 50% de la comercialización de bienes y servicios es a nivel distrital.
- El 46% de las empresas tiene un registro de propiedad intelectual de sus creaciones. Lo cual evidencia un riesgo en los eslabones de comercialización y circulación.

Adicionalmente la Secretaría Distrital de Cultura, Recreación y Deporte de Bogotá, viene trabajando en la adecuación de la metodología para la medición del impacto económico de las ICC y en la construcción de indicadores de impacto para fortalecer la medición cualitativa del sector a nivel distrital.

Lo anterior evidencia que hay una concentración de las ICC en las principales ciudades del país, siendo Bogotá D.C. la de mayor crecimiento e impacto seguida por Medellín y Cali. Por lo tanto, hay un reto por valorizar y fortalecer las ICC de otras regiones de Colombia (Cámara de Comercio, 2018).

Estos estudios han logrado determinar los diferentes sectores que abarcan estas industrias y han hecho un énfasis significativo sobre los beneficios cualitativos y no necesariamente monetarios, que generan estas industrias, como lo son la conservación y promoción de la diversidad de expresiones creativas y culturales (UNESCO, 2002), la inclusión y cohesión social, la reconstrucción del tejido social y la construcción de contextos de paz, entre otros.

Investigación + creación focalizada a las Industrias Creativas y Culturales

Al ser reciente el reconocimiento de la investigación + creación (incluyendo su producción asociada), la investigación relacionada con estas industrias no contemplaba la posibilidad de desarrollar contenidos creativos y culturales (espectáculos escénicos, objetos plástico-visuales, piezas sonoras, etc.) transferibles a la Economía Naranja. Esta producción de contenidos creativos y culturales resultado de procesos de investigación + creación está asociada a las siguientes áreas de conocimiento: artes plásticas y visuales; música y musicología; danza; teatro, dramaturgia o artes escénicas; otras artes; artes audiovisuales; arquitectura y urbanismo; y diseño.

Aunque algunos de estos productos fueron incluidos desde la convocatoria de medición de grupos e investigadores de Colciencias 693 de 2014, solo hasta la convocatoria 781 de 2017 se incluyeron entregables, como las empresas creativas y culturales; las consultorías en arte, arquitectura y diseño; y los acuerdos de licencia para la explotación de obras, entre otros. Esta nueva inclusión puso en evidencia el potencial de estos procesos de investigación + creación en la generación de nuevo conocimiento, el desarrollo tecnológico y la innovación para el fortalecimiento de diferentes sectores industriales de naturaleza creativa y cultural. Por esto, es importante que esta producción sea parte de los análisis de la Cuenta Satélite de Cultura del Ministerio de Cultura y el DANE de tal manera que se evidencie el aporte que se hace desde la investigación + creación a estas Industrias.

En la siguiente tabla se puede observar la producción resultado de investigación + creación registrada en la convocatoria 781 de medición de grupos e investigadores de Colciencias, en las categorías de nuevo conocimiento, desarrollo tecnológico e innovación y apropiación social.

Tabla 2. Resultados de Investigación + Creación registrada en la convocatoria 781-2017 de Colciencias

Nuevo conocimiento	Obras o productos de arte, arquitectura y diseño	920
Desarrollo Tecnológico e Innovación	Consultoría en artes, arquitectura y diseño	226
	Empresas creativas y culturales	5.188
	Registros de acuerdos de licencia para la explotación de obras	13.520
Total		15.773

Fuente: información recopilada por el Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología a partir de la Convocatoria 781 de 2017.

Esta producción de contenidos creativos y culturales resultado de procesos de investigación + creación está asociada a las siguientes áreas de conocimiento: artes plásticas y visuales; música y musicología; danza; teatro, dramaturgia o artes escénicas; otras artes; artes audiovisuales; arquitectura y urbanismo; y diseño.

Al articular estos resultados con el Análisis de la Cuenta Satélite de Cultura de Colombia (donde se logró determinar el estado del arte de algunos sectores creativos y culturales)) se evidenciaron sus fortalezas y necesidades en aspectos como: la generación de ingresos y valor agregado de la producción, la demanda nacional e internacional, desarrollo técnico y tecnológico, capacidad de empleabilidad, y demanda de empleos, formación de capital humano, entre otros, que plantean determinantes valiosas en el desarrollo de la producción artística (Obras o productos de arte, arquitectura y diseño; Consultoría en artes, arquitectura y diseño; Empresas creativas y culturales; Registros de acuerdos de licencia para la explotación de obras) asociada a procesos de investigación + creación.

Energía Sostenible

La energía es un insumo vital para el desarrollo de la sociedad. Por tanto, asegurar el suministro sostenible de la misma es fundamental para garantizar la evolución de los sistemas sociales y económicos. Dicho desafío significa una transformación del modelo energético actual, caracterizado tanto por el aprovechamiento creciente de energías renovables, como por el énfasis en la eficiencia energética y la coexistencia de instalaciones de gran tamaño con soluciones distribuidas de generación eléctrica.

En este sentido, Colombia requiere mejorar en la incorporación de fuentes no convencionales de energía renovables -FNCER-, así como en el desarrollo y apropiación de las tecnologías que permitan su aprovechamiento en el sistema energético nacional. Por tanto, se requiere avanzar en el desarrollo, apropiación y escalamiento de tecnologías innovadoras en los procesos de generación, transformación y uso de la energía, asegurando la reducción de emisiones de gases efecto invernadero en los mismos. Esto contribuiría a diversificar la matriz energética, asegurar un suministro confiable, fomentar un mejor uso de la energía y en consecuencia permitiendo el surgimiento nuevas oportunidades de crecimiento económico.

El alcance mencionado anteriormente es coherente con lo expresado en el Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022, específicamente en el *“Pacto por los recursos minero-energéticos para el crecimiento sostenible y la expansión de oportunidades”* (Bases PND 2018-2022, 2018), en el que se apunta a que el país construya una matriz energética diversificada, consolidando recursos convencionales e introduciendo FNCER, que asegure el suministro a

corto, mediano y largo plazo, ambiental y socialmente sostenible.

Concretar dichos propósitos requiere el aporte de la ciencia y la tecnología, a través del mejoramiento de los procesos físicos, químicos y biológicos involucrados en los procesos de generación, conversión y uso de la energía, teniendo en cuenta los desarrollos en las tecnologías de información, comunicaciones, así como de la nanotecnología y la biotecnología. Esta perspectiva permitirá ofrecer alternativas en materiales, sistemas y equipos con tecnologías costo efectivas que aprovechen eficientemente los recursos energéticos renovables y no renovables disponibles.

Contexto del Tema en Colombia

El Programa de Ciencia, Tecnología e Innovación en Energía y Minería cuenta con 101 grupos de investigación que reconocen al programa como su ámbito principal de trabajo. Si bien es una comunidad pequeña, es importante anotar que el 36% de los grupos están clasificados como A1 y A. No obstante, estas capacidades están distribuidas de manera desigual, siendo Antioquia y Bogotá quienes concentran el mayor número de grupos de investigación mejor calificados. Al respecto se destaca la conformación de dos redes de investigación, RECIEE e Incombustión, que agrupan buena parte de las capacidades de investigación del país en eficiencia energética, con lo cual se logra coordinar esfuerzos y desarrollar capacidades en grupos de menos trayectoria en otras regiones.

El fortalecimiento de la I+D en el sector energético se ha favorecido por los convenios de cooperación establecidos en el pasado, entre Colciencias y empresas tales como: Ecopetrol, ISA, XM, EPM, Argos, CODENSA, Cerrejón, e ISAGEN, así como con

entidades sectoriales como la UPME y la ANH, alianzas que han permitido dar continuidad al trabajo de los grupos alrededor de temáticas de interés sectorial.

En el período 2013-2017 se financiaron por parte de Colciencias 97 proyectos, que representaron aportes alrededor de los 43.000 mil millones de pesos corrientes y un costo total aproximado de 118.000 millones de pesos corrientes. Por otra parte, al considerar las temáticas de FNCER, Eficiencia Energética y Almacenamiento de Energía, en el mismo período se financiaron 30 proyectos, y en las temáticas de biomasa y bio-refinerías 20 proyectos. Las cifras anteriores demuestran una capacidad de desarrollo de proyectos en temáticas que se relacionan con el propósito de contribuir a la diversificación de la canasta energética del país, por la incorporación de nuevas fuentes, así como por incrementar la eficiencia energética, y desarrollar las alternativas tecnológicas para adecuar la infraestructura eléctrica en este nuevo escenario.

Las redes de investigación establecidas con el apoyo de Colciencias, durante el período 2013-2017, promovieron la investigación en eficiencia energética y FNCER, consolidando nuevos enfoques de la generación y uso de la energía a nivel mundial y con el desarrollo normativo y de las políticas energéticas y de Ciencia Tecnología e Innovación en Colombia. Los proyectos desarrollados por las mismas se centran tanto en el diagnóstico tecnológico integral en industria en más de 160 empresas intervenidas, desarrollo de biocombustibles producidos a partir de biomasa, estudios de uso de motores en la industria y el desarrollo e introducción de nuevas tecnologías eficientes que permitan el suministro de frío en zonas apartadas, con impacto en la calidad de vida de la población, la productividad y la competitividad, así como la investigación y el desarrollo tecnológico

en sistemas avanzados de combustión, entre otros: combustión sin llama, oxicomustión, combustión catalítica, Chemical Looping Combustión y combustión sumergida para gas natural.

De otra parte, los proyectos de investigación relacionados con el sector eléctrico en dicho período enfocaron sus esfuerzos al estudio de los retos que le plantea a los sistemas de potencia la incorporación de FNCER, y, por ende, de los desarrollos que se deben tener para la descentralización del mismo.

De igual forma, se destaca que en el marco de la iniciativa de Ecosistema Científico resultaron seleccionadas en el año 2018, dos **Alianzas** en la temática de Energía Sostenible, lo que demuestra la capacidad de los grupos de investigación en energía del país para estructurar **Programas de I+D+i**, con participación de empresas del sector y entidades de investigación del exterior.

Dichas alianzas están lideradas por las Universidades Nacional y de Antioquia, se destaca que ambas reconocen el desafío que representa avanzar en la transformación del sector energético colombiano en el mediano plazo, para lo cual se requiere diversificar la matriz energética, razón por la cual los Programas contemplan el desarrollo y la adaptación de nuevas tecnologías para la generación e integración en red de energías, a partir de FNCER, así como aspectos de almacenamiento de energía tales como el concepto “power to gas” fundamentales para la confiabilidad de dichas fuentes. Igualmente, consideran aspectos de generación distribuida en particular la integración de tecnologías: red y microrredes en tiempo real, eficiencia energética en los sectores industrial y de transporte, movilidad sostenible, y los impactos que conllevaría la integración de las tecnologías mencionadas sobre el mercado eléctrico y la regulación del mismo.

Pese a contar con un entorno favorable en términos de los grupos y áreas de investigación en energías sostenibles, aún persisten retos para el país en materia de diversificación energética, uso eficiente y racional de la energía y reducción de impactos ambientales. Por ello, una diversificación de la agenda de investigación debería contemplar, entre otras, las siguientes temáticas:

- Redes Inteligentes.
 - Acceso a la electricidad fuera de la red.
 - Biocombustibles
 - Conversión de energía solar.
 - Materiales para energía limpia.
 - Almacenamiento y complementariedad entre las fuentes renovables y energías convencionales.
 - Tecnologías para mejorar el aprovechamiento y conversión de las FNCER en formas útiles de energía aplicadas a las necesidades de los sectores industrial, comercial, residencial y de transporte.
 - Desarrollo de metodologías, herramientas de simulación y optimización, que apoyen la formulación de lineamientos de política sectorial, así como la toma de decisiones en términos de beneficios, costos e identificación de oportunidades de negocio.
- Mejoramiento de los usos finales de la energía (térmica y eléctrica) en procesos industriales, que conlleven al incremento de la eficiencia operativa del sector productivo.
 - Desarrollo de tecnologías para incrementar la eficiencia energética de los procesos convencionales de obtención de energía como, por ejemplo, nuevas tecnologías de combustión.
 - Diseño de sistemas que involucren la integración energética de procesos, donde se aprovechen las posibilidades de autogeneración y cogeneración de energía.
 - Edificaciones y sistemas de iluminación sostenibles que incluyan diseños bioclimáticos, innovaciones en métodos constructivos y materiales eficientes energéticamente.
 - Desarrollos tecnológicos en los portadores energéticos que garanticen sistemas de transporte más limpios y eficientes.

Biotecnología, Bioeconomía y Medio Ambiente

Dentro de este foco se agrupan las tres áreas: Biotecnología, bioeconomía y medio ambiente, las cuales se desarrollan a continuación:

Bioeconomía

La Bioeconomía es un área que abarca una amplia gama de actividades económicas, que a su vez se benefician de nuevos descubrimientos, productos y servicios relacionados y derivados de las ciencias biológicas. Su implementación en cada país conlleva un proceso de transición desde los sistemas de producción y procesamiento tradicionales, hacia procesos que permitan el uso óptimo de los recursos renovables y la generación de productos de origen biológico (OECD.2009). En este sentido, la bioeconomía no se identifica como un sector en sí mismo, sino como un grupo que interconecta diferentes cadenas de valor y que se relaciona con muchos sectores existentes entre los que se encuentra la agricultura, el sector de alimentos, silvicultura, industria maderera, residuos, bioproductos industriales y energía.

De acuerdo con la Comisión Europea, uno de los enfoques en el que se está trabajando actualmente corresponde al de la Bioeconomía basada en el conocimiento, la cual busca mejorar la eficiencia de los procesos, favorecer la sostenibilidad ambiental, social y económica, fomentar la sustitución de combustibles fósiles y materiales basados en el petróleo y el establecimiento de

sistemas de ciclos cerrados con reciclaje. (ALCUE-KBBE.2013).

Bajo este contexto, la investigación en Bioeconomía ha sido identificada como una de las áreas estratégicas más relevante en el mundo para alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible, tanto en los países desarrollados como en los emergentes (Braun. 2017). Como señala Rodríguez (2017), pese a su relevancia potencial para América Latina y el Caribe (ALC), el concepto de Bioeconomía ha recibido poca atención en las políticas públicas de los países de la región, y aún no se constituye en una estrategia dedicada, a diferencia de países como Estados Unidos, Alemania, Francia, España, Italia, Noruega, Finlandia, Groenlandia, Islandia, Sur África, Japón, Tailandia y Malasia. El informe de SILO (2015), relacionado con la revisión de estudios de caso sobre dichas políticas en algunos de estos países, se identifican los siguientes retos de gestión para el desarrollo de la Bioeconomía:

- Garantizar la seguridad alimentaria, aumentando sosteniblemente la producción primaria y fomentando cambios en las pautas de producción y consumo.
- Fomentar y gestionar de manera sostenible los recursos naturales renovables, garantizado al mismo tiempo el uso sostenible, la disminución de la presión sobre el medio ambiente y la conservación de la biodiversidad y la fertilidad del suelo.
- Reducir la dependencia de los recursos no renovables, haciendo más accesibles las fuentes alternativas de carbono y energía e investigando sobre recursos renovables.
- Mitigar y adaptarse al cambio climático, apoyando el desarrollo de sistemas de producción con menor emisión de gases de efecto invernadero y otros.

- Acelerar el avance de las bio-inversiones para los diferentes mercados de interés, al tiempo que se garantiza una atención adecuada a las preocupaciones ambientales y de la salud.
- Desarrollar nuevos puestos de trabajo altamente calificados y opciones de formación para satisfacer las demandas del mercado en diferentes sectores de interés de la Bio-economía.

Biotechnología

La biotecnología se define como: “Aplicación de la ciencia y la tecnología a los organismos vivos o sus partes y a los productos y modelos derivados, para alterar materiales vivos o no vivos con el fin de generar conocimientos, bienes y servicios” (OCDE, 2005).

La importancia de la biotecnología en Colombia está soportada en la biodiversidad, la cual representa un activo nacional para el desarrollo socioeconómico del país. En ese sentido, la biotecnología se proyecta como un área estratégica para conocer, conservar, valorar y usar sosteniblemente la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos, y también como una herramienta habilitante para la puesta en marcha de estrategias y políticas nacionales.

La Biotecnología hace parte del concepto de bioeconomía considerándose como una plataforma de tecnologías que abarcan algunos sectores claves como lo son el de agricultura y cultivos, alimentos y bebidas, farmacéuticos, químicos, materiales y energía.

De esta manera, la biotecnología, ya sea a través de la modificación genética o no, produce un gran impacto sobre la sostenibilidad en la producción de alimentos, en la agricultura y

en la explotación sostenible de los organismos provenientes de los ecosistemas marinos o terrestres, o de los metabolitos que ellos producen. En general, el conocimiento obtenido mediante la aplicación de técnicas biotecnológicas permite dilucidar procesos bioquímicos que se relacionan con el rendimiento, la productividad y la sostenibilidad de procesos actuales conducentes a la obtención de productos de base biológica y facilita la implementación de biorrefinerías para el aprovechamiento de residuos de procesos industriales.

Considerando lo expuesto previamente, la biotecnología en nuestro país podría estar encaminada al desarrollo del potencial económico de la biodiversidad, a través de la ejecución de actividades de I+D+i para el desarrollo de pruebas de concepto y la validación técnica, pre-comercial y comercial de prototipos de bienes y servicios derivados del uso sostenible de los recursos biológicos del país, asociados al desarrollo de tecnologías, productos y servicios bio-basados, donde se incluyen:

- Ingredientes activos aislados a partir de biodiversidad colombiana para aplicaciones en la industria de cosméticos y productos de aseo.
- Bioproductos y bioprocesos para usos industriales
- Bioproductos y bioprocesos relacionados con el uso eficiente de recursos como agua y suelo.
- Nuevos materiales derivados del aprovechamiento de la biomasa (Residual y no residual).
- Bioproductos y bioprocesos para diagnóstico, monitoreo y biorremediación ambiental.
- Productos y tecnologías biológicas para diagnóstico y promoción de la salud animal.

Contexto y Prospectiva en Colombia

En el caso particular de nuestro país, en 2018, la política de Crecimiento Verde (CONPES 3934), definió la Bioeconomía como uno de los pilares de la transformación productiva y competitiva de cara a lograr un desarrollo más sostenible hacia 2030, haciendo evidente su relación con diferentes políticas nacionales tales como: la ley 99 de 1993, la política para promover la producción sostenible de biocombustibles en Colombia, (CONPES 3510-2008), la política para el desarrollo comercial de la biotecnología (CONPES 3697-2011), la Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos, la Ley 1715 de 2014, la Política Nacional de Cambio Climático, la estrategia para la implementación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible en Colombia (CONPES 3918) y el Libro Verde 2030.

De manera complementaria, para Latinoamérica y el Caribe, en el marco del proyecto ALCUE-KBBE (2013), fueron definidas cuatro grandes áreas dentro del concepto de Bioeconomía que corresponden a: **1)** biocombustibles; **2)** biotecnología; **3)** biodiversidad e **4)** intensificación ecológica:

En cuanto al área de biocombustibles en Colombia se cuenta con una masa crítica de investigadores en distintos temas asociados, como la agricultura, la química, la ingeniería y la investigación. Adicionalmente, el país cuenta con programas para la producción de capital en el sector y también ha establecido entidades enfocadas en investigación y organizaciones comerciales que buscan nuevas oportunidades de negocio. En este sentido, hace falta fortalecer la articulación de proyectos en el marco de un programa de Investigación e Innovación en este sector, como parte de una estrategia de país.

En biotecnología, el país tiene una capacidad media de acción considerando que cuenta con mejores recursos potenciales para su uso, así como con marcos institucionales y regulatorios sólidos. Sin embargo, evidencia una participación incipiente, aunque activa del sector privado y requiere desarrollar aún más de sus capacidades tecnológicas.

Por otro lado, la mega-biodiversidad de nuestro país representa un potencial de desarrollo de la bioeconomía evidenciado en las siguientes cifras: 62.829 especies biológicas registradas en el SiB Colombia para el 2018; 53% del territorio continental cubierto por bosques y 311 ecosistemas continentales y costeros distintos PNGIBSE (2012). Con el fin de maximizar el uso de la biodiversidad, se requiere tanto la identificación como el aprovechamiento de sus funciones potenciales, así como su conservación para futuros propósitos.

Finalmente, la eco-intensificación, entendida como las prácticas agronómicas sostenibles que promueven la conservación del ambiente, sin poner en riesgo los niveles de producción/productividades existentes, ha sido implementada en Colombia por parte del Centro Internacional de Agricultura Tropical - CIAT.

Ahora bien, considerando la importancia y la necesidad de implementar estrategias asociadas a la Bioeconomía en el país, a partir de actividades de Ciencia, Tecnología e Innovación, en el marco de la Convocatoria de Ecosistema Científico, fue planteado un reto enfocado en el uso sostenible de la biodiversidad, desarrollo económico y la competitividad, el cual pretende incorporar la biodiversidad (continental y marina) y sus servicios ecosistémicos a procesos relacionados con su valoración integral (económica y no económica). De esta forma se garantiza la sostenibilidad de las acciones asociadas a la búsqueda,

identificación y valoración (incluyendo procesos de producción de materias primas y extracción) de componentes biológicos, con posibilidades de aplicación en diferentes sectores, y que estén orientados a la promoción del desarrollo económico y el bienestar de la población colombiana. Ver Colciencias (2017).

Para el abordaje de este reto fue definida una temática sobre Desarrollo del potencial económico sostenible de la biodiversidad que incluye la ejecución de actividades de I+D+i para el desarrollo de pruebas de concepto y la validación técnica, pre-comercial y comercial de prototipos de bienes y servicios derivados del uso sostenible de los recursos biológicos del país, asociados al desarrollo de tecnologías, productos y servicios bio-basados. Incluye, entre otros, los siguientes:

- Ingredientes activos aislados a partir de biodiversidad colombiana para aplicaciones en la industria de cosméticos y productos de aseo.
- Bioproductos y bioprocesos para usos industriales
- Bioproductos y bioprocesos relacionados con el uso eficiente de recursos como agua y suelo.
- Nuevos materiales derivados del aprovechamiento de la biomasa (Residual y no residual).
- Bioproductos y bioprocesos para diagnóstico, monitoreo y biorremediación ambiental.
- Productos y tecnologías biológicas para diagnóstico y promoción de la salud animal.
- Servicios ecosistémicos de aprovisionamiento, regulación, y culturales (turismo sostenible)
- El desarrollo de Programas y Proyectos de Investigación debían desarrollar las siguientes etapas, dependiendo del grado de avance de la investigación, considerando la cadena de I+D+i:

1. Búsqueda sistemática de componentes biológicos con potencial de aplicación en la generación de bienes y servicios de alto valor agregado, en diferentes sectores de aplicación
2. Valoración integral de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos
3. Ampliación de la base de conocimiento sobre la biodiversidad en el país

Medio Ambiente

En abril del año 1987 se dio a conocer el documento “Nuestro futuro común” conocido también como “Informe Brundtland” en el cual se introduce el concepto de desarrollo sostenible, definido como: *“Está en manos de la humanidad asegurar que el desarrollo sea sostenible, es decir, asegurar que satisfaga las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer las propias”*. En el año 2000, la agenda de desarrollo de los Objetivos del Milenio planteó como centro el Desarrollo Sostenible, en el Objetivo 7, *“Garantizar la sostenibilidad del medio ambiente”*, en concordancia con las necesidades de la población presentes sin afectar el medio ambiente para las futuras generaciones.

En la Ley 99 de 1993, Ley del medio ambiente, el artículo 3 establece el Concepto de Desarrollo Sostenible para Colombia. Se entiende por desarrollo sostenible el que conduzca al crecimiento económico, a la elevación de la calidad de la vida y al bienestar social, sin agotar la base de recursos naturales renovables en que se sustenta, ni deteriorar el medio ambiente o el derecho de las generaciones futuras a utilizarlo para la satisfacción de sus propias necesidades.

Contexto del Tema en Colombia

El manejo y protección de los recursos naturales y el medio ambiente en Colombia se han caracterizado por la evolución de la legislación ambiental y ha sido parcialmente influenciada por la política internacional en la materia.

Antes de 1974, existían una serie de normas fragmentadas y dispersas. En 1908, por ejemplo, se estableció, mediante el decreto 1279, el Departamento de Tierras Baldías y Bosques Nacionales en el Ministerio de Obras Públicas que puso en práctica el pago de obras con bosques, una de las causas del proceso de deforestación de muchas zonas del país. En 1912, se adoptó el Código Fiscal Nacional que contenía normas sobre uso de los bosques en terrenos baldíos con fines tributarios, situación corregida con la Ley 119, que creó la Comisión Forestal en 1989. En 1957, se expidió el decreto 376 sobre pesca marítima. En 1959 se expidió el decreto 1975 sobre pesca en aguas dulces de uso público y se creó elINDERENA.

En los noventa, los avances fueron significativos. En este período, se estructuró una política ambiental sistemática y rigurosa que incluyó una sólida base institucional, financiera y técnica. La Constitución de 1991, por ejemplo, estableció la función ecológica de la propiedad, señaló los deberes ambientales del Estado, los derechos ambientales de los ciudadanos, ordenó la formulación de políticas ambientales como parte del Plan Nacional de Desarrollo e introdujo la noción de desarrollo sostenible como meta para la sociedad, entre otros aspectos. La Ley 99 de 1993, estableció el Sistema Nacional Ambiental —SINA—; modificó la legislación en materia de licencias ambientales, tasas retributivas, tasas por uso del agua, destinación de recursos financieros para la gestión ambiental, y sanciones por infracción de las normas ambientales. Entre los decretos reglamentarios de la Ley 99 de 1993, se destacan el que regula la expedición de las licencias ambientales, el que reglamenta las tasas retributivas, los que organizan los institutos de apoyo científico y técnico del ministerio, el que define la naturaleza jurídica de las corporaciones autónomas regionales y el que reglamenta aspectos concernientes con la prevención y control de la contaminación atmosférica, entre otros.

En este contexto han surgido ramas de la ciencia dedicadas a estudiar en forma integral al medio ambiente: Ecología, Ecotoxicología, Físicoquímica Ambiental, Biología Aplicada, que, en conjunto con la Química Ambiental y las Ciencias Sociales, evalúan permanentemente el estado poblacional, el nivel de contaminación y las metodologías de diagnóstico y remediación ambiental.

Al interior de la Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible, se considera que los siguientes seis (6) Objetivos de Desarrollo Sostenible tienen directa relación con las temáticas de Medio Ambiente y Biodiversidad:

- Objetivo 6. Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos.
- Objetivo 9. Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible y fomentar la innovación.
- Objetivo 11. Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles.
- Objetivo 12. Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles.
- Objetivo 13. Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos
- Objetivo 15. Proteger, restablecer y promover el uso sostenible de los ecosistemas terrestres, gestionar los bosques de forma sostenible, luchar contra la desertificación, detener e invertir la degradación de las tierras y poner freno a la pérdida de la diversidad biológica.

A la luz de este contexto, el país tiene el desafío de responder a estas necesidades y enfrentarse a los diferentes retos que aborda la Sostenibilidad, la Reducción de la vulnerabilidad y Calidad de Vida. Por tanto, los siguientes temas se identifican como áreas relevantes para enfocar las acciones de investigación en el tema en Colombia:

- Gestión Integral del Recurso Hídrico,
- Desarrollo Urbano Sostenible a partir de ciudades inteligentes,
- Mitigación y Adaptación al Cambio Climático,
- Conservación y uso sostenible de la biodiversidad.

Océanos y Recursos Hidrobiológicos

La ciencia moderna se ha percatado de la problemática que incide en el océano y conoce la influencia indirecta que éste ejerce sobre la superficie terrestre y sobre toda la vida, en virtud de la meteorología. En lo que respecta a los intereses marítimos nacionales, los últimos años han demostrado aún más la necesidad de proteger la soberanía e integridad del territorio marítimo nacional, establecer un ordenamiento marino-costero, conservar el ambiente marino-costero y aprovechar de manera sostenible sus recursos, promoviendo el desarrollo socioeconómico nacional.

Colombia es un país que tiene aproximadamente 3.531 km de costa en el océano Pacífico y el mar Caribe, que le otorga otros 892.102 km² de aguas jurisdiccionales. La zona costera colombiana se constituye en un eje de desarrollo estratégico económico del país, especialmente por la realización de actividades relacionadas con el transporte marítimo, el comercio exterior, el turismo, la pesca y el sector minero-energético (Ramos y Guerrero, 2010).

Es por esto que en nuestro país las ciencias y tecnologías marinas debe tener un papel importante para afrontar desafíos como: el papel del océano en la regulación del clima y los cambios climáticos que las actividades humanas están ocasionando, la conservación y recuperación de los recursos pesqueros, la exploración de la biodiversidad marina y desarrollo de las oportunidades biotecnológicas, la progresión de la acuicultura como fuente emergente de alimento, el aprovechamiento de la energía que el océano contiene, la comprensión y observación de los

riesgos naturales asociados al océano, y la gestión sostenible de la zona costera.

Estos desafíos requieren de una comunidad científica capaz y dotada de suficientes medios económicos, humanos e infraestructuras, dada la complejidad que implica la investigación en el océano, y en ciencias y tecnologías marinas. Exige una comunidad científica interdisciplinar, así como la utilización de infraestructura y equipos especializados, como buques oceanográficos, vehículos submarinos, vehículos autónomos de exploración, sensores instalados en satélites, entre otros.

Contexto del Tema en Colombia

Los retos de las ciencias del mar y de los cuerpos de aguas continentales han cambiado rápidamente en los últimos años. Líneas y temas de investigación relativamente nuevas han aparecido durante la última década. Asimismo, han surgido conceptos como servicios ecosistémicos, sistemas socio-ecológicos, puntos de referencia “límite” y “objetivo” de recursos hidrobiológicos para su aprovechamiento, energías limpias, “dimensión humana en el mar”, crecimiento azul, y cambio climático, entre otros. Todo esto ha permitido que las ciencias del mar y la limnología se encuentren en constante evolución e innovación para afrontar los retos del planeta.

A nivel nacional, actualmente existe una tendencia liderada desde la Universidad Cooperativa de Colombia en alianza con entidades internacionales, que busca fortalecer los mecanismos para el planteamiento de investigaciones en la generación de energías alternativas a partir de fuentes hídricas, continentales y marinas. Las posibilidades de generación de energía del oleaje del mar (energía undimotriz), de las mareas (energía mareo-

motriz), de los vientos offshore, fotovoltaica e hidro-cinética, requiere de rigurosas investigaciones en relación al conocimiento del comportamiento de las mareas, corrientes, intensidad y dirección de los vientos, coberturas de nubosidades y demás variables meteo-marinas.

Otra de las tendencias está relacionada con el cambio climático y su impacto sobre los ecosistemas, situación que demanda investigaciones dirigidas a evaluar impactos en la producción pesquera, pérdida de biodiversidad, modificación de la distribución y abundancia de los recursos naturales, servicios ecosistémicos, acidificación y desoxigenación de los mares, impactos en ecosistemas estratégicos como arrecifes coralinos, manglares, ecosistemas rocosos y costeros (erosión costera). En este sentido se vienen desarrollando investigaciones en la parte oceanográfica físico, química, biológica y geológica de amplia cobertura espacial que permitan entender las relaciones de ecosistemas como los de la Antártida, con el continente suramericano del pacífico.

Por otro lado, existe una serie de investigaciones sobre contaminación en recursos hídricos continentales y marítimos, así como sus impactos, evaluaciones de la presencia de especies invasoras por alteración del clima por los calentamientos globales y por contaminación por aguas de lastre de embarcaciones transoceánicas. En esa misma línea, se están desarrollando una serie de investigaciones encaminadas a evaluar la conectividad de los ecosistemas y los corredores de distribución de especies, apoyados en estudios genéticos, e identificación de bioindicadores.

Finalmente, se está trabajando en otra línea de investigación orientada a la bioprospección y biotecnología en cuerpos de agua continentales y marinos que se requiere fortalecer, dada

la gran cantidad insuperable de oportunidades, por la abundante biodiversidad nacional en muchas áreas y ecosistemas inexplorados. Esto permite prever la posibilidad de encontrar nuevas moléculas, nuevos bio-productos que permitan llegar a un aprovechamiento sostenible de nuestra biodiversidad.

Así entonces, considerando la relevancia del tema para el país y para la sostenibilidad ambiental en general, así como los avances e investigaciones actuales, es importante fomentar y soportar la capacidad científica y tecnológica para generar conocimiento en los siguientes puntos focales:

- La comprensión de los procesos entre los cuerpos de agua, el suelo y la atmósfera, así como el entendimiento de la dinámica del medio marino y fluvial debido a procesos físicos, químicos, o aquellos relacionados con cambios entre dichos biomas acuáticos y el sistema climático.
- El conocimiento de la vida y sus procesos químicos y físicos a partir de sus diferentes niveles de organización biológica, desde el nivel molecular hasta el nivel de ecosistemas.
- La identificación de recursos renovables marinos y de aguas continentales con potencial de aprovechamiento sostenible, incluyendo aquellos necesarios para la seguridad alimentaria. Así mismo, la investigación de carácter económico que permita evidenciar el carácter estratégico de los recursos hidrobiológicos como fuente de desarrollo sostenible.
- El conocimiento del estado de los recursos actualmente aprovechables, la identificación de recursos potenciales para su explotación de manera sostenible y el reconocimiento, la delimitación, valoración económica y gestión de los sistemas socio-ecológicos relacionados.

- La prospección, valoración económica y aprovechamiento sostenible de los recursos marinos y fluviales no renovables, propendiendo por la identificación y utilización de fuentes de energía alternativa.
- El entendimiento de los tensores naturales y antrópicos, sus impactos y repercusiones sobre el medio acuático y su sistema socio-ecológico. Además, la identificación y utilización de acciones preventivas, de mitigación y recuperación de la calidad ambiental marina y fluvial.
- La invención, diseño, construcción y utilización de equipos y sistemas para el desarrollo de las ciencias del mar, la hidrología y la industria marítima y fluvial. También la identificación y uso de organismos marinos, genomas o productos derivados para beneficio del sistema socio-ecológico.
- La identificación de amenazas y riesgos en áreas fluviales. Marinas y costeras; así como la implementación de mecanismos para prevenir o minimizar sus impactos.
- La creación de conciencia marítima y fluvial en los colombianos, a través de la apropiación social del conocimiento.
- La transformación de la ciencia en decisiones para la gestión sostenible del medio marino-costero y fluvial.

Ciencias Sociales y Desarrollo Humano con Equidad

Los profundos acontecimientos por los que el mundo atraviesa resultan desafiantes en el escenario global y local. Aquellos relacionados con la pobreza, la crisis financiera, la desigualdad y lo ambiental, así como las tendencias que afectan a las sociedades humanas según la UNESCO, están relacionadas con el envejecimiento, la marginalización, el crecimiento de las ciudades como espacios mercantiles en la economía global y ocurren en todas partes, pero adquieren diferentes formas según el contexto.

Estos desafíos pueden ser atendidos desde el enfoque del desarrollo humano, que, de acuerdo con el PNUD, es un paradigma que va mucho más allá de la perspectiva de crecimiento económico, pues implica ampliar las oportunidades para que cada persona pueda vivir una vida productiva y creativa de acuerdo con sus necesidades e intereses, a través del desarrollo de sus capacidades. Además, requiere generar y transformar conocimiento en ciencias humanas, sociales y educación útil para la sociedad y el país, puesto que crea herramientas fundamentales para el desarrollo humano.

De otra parte, la investigación científica que se formula y realiza en alianza con actores locales y que comprende intervención social, constituye hoy una apuesta estratégica para aprovechar las potencialidades de las sociedades, producir bienes públicos y consolidar modelos de desarrollo económico, ético y socialmente sostenibles.

Referirse al desarrollo humano implica mejorar los estándares de competitividad de la población, así como garantizar una educación de calidad que se refleje en las dinámicas innovadoras. Si bien hay diferentes intensidades en la interacción entre la investigación y la industria, es fundamental el rol de la educación en esa interacción y el apoyo a las vocaciones científicas que comprenden conocimientos formales, como también habilidades blandas para esa interacción, lo cual deriva en insumos esenciales para la innovación. Al respecto se requiere un soporte científico que contribuya a la formulación de políticas, planes y programas educativos que estimulen la creatividad, el pensamiento crítico, la comunicación, el pensamiento analítico, la habilidad para coordinar actividades y para adquirir conocimiento rápidamente.

Contexto y Prospectiva en Colombia

En el Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022, se señalan las bases del *“modelo orientado hacia un crecimiento sostenido, para la inclusión social y productiva con legalidad, emprendimiento y equidad, teniendo en cuenta las particularidades de los territorios”*; para cumplir lo previsto en este Plan es necesario crear espacios de resiliencia, sustentabilidad y cambio institucional que contemplen este enfoque.

La importancia de la investigación en ciencias sociales, humanas y educación para la solución de problemas y necesidades con relevancia en el sector educativo, económico, político, cultural y social del país, se podrían resumir en: Modelos de negocios para generación de ingresos y de gestión (creados por las comunidades) formalizados para la población vulnerable; en generación de entornos de atención del postconflicto; en nuevas formas de

resolver los problemas educativos referidos al acceso, la calidad y la pertinencia y finalmente, en la disminución de las brechas sociales en las condiciones de acceso a los bienes y servicios públicos que generan exclusión e inequidades, entre otros.

De otra parte, las investigaciones relacionadas con temas de “primera infancia” e “infancia y adolescencia” tienen una particular importancia, dado que según el diagnóstico efectuado en el Plan de Desarrollo 2018-2022, han surgido problemáticas frente a las cuales las ciencias sociales, humanas y educación también deben dar respuesta. Algunas de estas problemáticas están relacionadas con la transición desacelerada a la clase media de las familias con menores de edad, el incremento de la violencia, problemas en salud mental (soledad, suicidio y depresión, consumo de Sustancia Psicoactivas), incidencia de multimorbilidades, migraciones externas e internas, mendicidad indígena por desplazamiento y la brecha que existe con relación a la atención en primera infancia versus la atención y transición a la juventud.

Adicionalmente, es fundamental que la investigación en educación también contemple como eje fundamental la creación de modelos etno-educativos, modelos educativos flexibles y modelos educativos con enfoque de ruralidad que mejoren las experiencias pedagógicas y a su vez contribuyan a cerrar la brecha frente a la inequidad y la inclusión social. A su vez, reflexionar sobre cómo enfrentamos la realidad de que muchos conocimientos y habilidades se vuelven obsoletos cada vez más rápidamente y cómo incorporamos nuevas tecnologías en la escuela.

Ciencias de la Vida y de la Salud

La investigación en salud debe ser posicionada como una herramienta que contribuye a mejorar la salud y la equidad en las poblaciones, así como un catalizador del desarrollo socioeconómico (Buxton M, Hanney S, Jones T, 2004). En tal sentido, los Objetivos de Desarrollo Sostenible -ODS, enmarcan de una manera muy coherente una realidad que debe ser abordada desde diferentes sectores, al cual la ciencia, la tecnología y la innovación no son ajenos.

En los Objetivos del Desarrollo Sostenible se estableció el propósito de “Garantizar una vida sana y promover el bienestar de todos a todas las edades” (objetivo 3). En este objetivo se acordaron una serie de metas hacia las que la humanidad debería enfocar buena parte de sus esfuerzos como, por ejemplo, lograr en 2030 reducir las tasas de mortalidad materna a menos de 70 por cada 10.000 nacidos vivos, poner fin a las muertes evitables de recién nacidos y niños menores de 5 años, poner fin a las epidemias de SIDA, tuberculosis, malaria, así como a las enfermedades tropicales desatendidas, la hepatitis y las enfermedades transmitidas por el agua.

De igual forma, y considerando las necesidades mundiales, de las cuales Colombia no está exenta, es necesario hacer todos los esfuerzos posibles en prevenir y tratar oportunamente enfermedades crónicas no transmisibles con el fin de reducir en un tercio la mortalidad por dicha causa. En esta misma línea es indispensable la promoción de la salud mental y reducir el uso de sustancias estupefacientes y el consumo nocivo de alcohol.

El objetivo No. 3 de los ODS enmarca perfectamente la mayor parte de las necesidades en ciencias médicas y de la salud que tiene Colombia en la actualidad. En consonancia con las prioridades establecidas recientemente por el Ministerio de Salud y Protección Social, los ODS resaltan la importancia de la cobertura universal de los servicios de salud esenciales y de calidad, que permitan a todas las personas el acceso a tratamientos seguros, eficaces y asequibles.

Por todo esto, se hace necesario el trabajo constante en las actividades de investigación que busquen el desarrollo del conocimiento en el sector salud. Y en este mismo sentido, otro gran reto es el que tiene que ver con la Brecha 10/90 que indica que el 90% de los recursos y esfuerzos destinados a investigación en ciencias médicas y de la salud se enfocan en problemas que afectan a solo el 10% de las prioridades en salud pública a nivel mundial, y que únicamente el 10% de los recursos se destinan a buscar soluciones a las problemáticas del 90% de la población mundial (Global Forum for Health Research, 1997).

Contexto del Tema en Colombia

En ciencias médicas y de la salud, actualmente existen varios esfuerzos por revisar tanto el panorama nacional como el internacional, de forma tal que se pueda construir una agenda de investigación de largo plazo que tenga en cuenta los retos tanto del país como del mundo en salud. Por ello la construcción del Plan estratégico del Programa Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación en Salud -PNCTeIS de Colciencias, tiene como referentes a los Objetivos de Desarrollo Sostenible, así como documentos que dan línea a nivel nacional en temas de salud, tales como la Política de Atención integral en Salud -PAIS.

Recogiendo dichos documentos, se han establecido una serie de temáticas de investigación y se presentan las áreas de investigación de interés del Programa Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación en Salud las cuales se enumeran a continuación:

- Neurociencias y Salud mental
- Enfermedades transmisibles e infecciosas
- Enfermedades no transmisibles y factores de riesgo
- Salud ambiental
- Inmunología
- Enfermedades autoinmunes, raras y huérfanas
- Discapacidad, habilitación y rehabilitación, y muerte por causas externas
- Tecnologías en Salud
- Salud pública

Para atender a los lineamientos dados en distintos documentos que enmarcan necesidades de I+D en ciencias médica y de la salud establecidas en las temáticas de investigación antes mencionadas, las distintas consultas hechas por el PNCTeIS a actores expertos en las áreas identificaron las siguientes megatendencias:

- Demografía y sociedad
- Cambio climático y salud
- Nanotecnología aplicada a ciencias médicas y de la salud
- Biología sintética
- Inteligencia artificial
- Big data
- Investigación traslacional

Ciencias Básicas y del Espacio

Las ciencias básicas tienen un enfoque disciplinar y contemplan las ciencias exactas, físicas y naturales (Biología, Física, Geología, Matemáticas y Química) así como las ciencias básicas biomédicas. Tienen como fin último comprender los fenómenos asociados a la naturaleza, sus leyes e interacciones. Corresponden a áreas del conocimiento que no están condicionadas a una aplicación en particular en el corto o mediano plazo y cuyo quehacer disciplinar radica en el aporte y extensión de la frontera del conocimiento. De otra parte, generan el conocimiento necesario para el avance de un campo o sector de aplicación como respuesta a una necesidad establecida, a un problema identificado, a una oportunidad de aplicación o a la validación de una teoría. Se constituyen en la base del conocimiento para las ciencias aplicadas (ciencias agrícolas, las ciencias médicas y de la salud y las ingenierías y tecnologías).

Las ciencias del espacio o ciencias espaciales engloban diversas ramas del conocimiento, que tienen por objeto estudiar los objetos y fenómenos que ocurren más allá de la atmósfera terrestre, así como sus propiedades, leyes e interacciones. La formación del universo y de las galaxias, su estructura, composición, evolución y dinámica, al igual que las energías que las rigen, la exploración interestelar y la posibilidad de la existencia de diferentes formas de vida en otros planetas. Las ciencias del espacio igualmente pretenden dar respuesta a incógnitas del universo entre las que cabe citar entre otras el estudio y papel de las ondas gravitacionales, la energía oscura, la materia oscura, la radiación cósmica de fondo, los agujeros negros, el Big Bang, y el nacimiento y destrucción de estrellas.

Contexto y Prospectiva en Colombia

Colombia, a través de la Comisión Colombiana del Espacio – CCE, entidad adscrita a la Vicepresidencia de la República creada por Decreto 2442 de julio 18 de 2006 es el órgano intersectorial de consulta, coordinación, orientación y ejecución de la política nacional para el desarrollo y aplicación de las tecnologías espaciales, y coordina la elaboración de planes, programas y proyectos en este campo a través de sus siete grupos de trabajo: Gestión del conocimiento y la investigación, Navegación satelital, Observación de la Tierra, Astronáutica, astronomía y medicina aeroespacial, Telecomunicaciones Asuntos políticos y legales e Infraestructura colombiana de datos espaciales. Al respecto, se ha venido trabajando en iniciativas tendientes a la creación de una Agencia colombiana de asuntos espaciales, el desarrollo espacial y aeroespacial en Colombia y la adquisición de un satélite o de constelación de estos para observación de la Tierra para sus diferentes aplicaciones (ordenamiento territorial, catastro, gestión de riesgo, agricultura de precisión, monitoreo de la biodiversidad y de seguridad y defensa nacional). Una breve síntesis de las temáticas de investigación en ciencias básicas y del espacio, se presentan en el siguiente esquema:

Tabla 3 Temáticas de Investigación en Ciencias Básicas y del Espacio

Áreas	Temas
Sistemas biológicos y sus interacciones: Fundamentos, evolución, estructura, mecanismos, función y dinámica	Identificación, estructura, función y dinámica de los procesos celulares, biomoleculares y de genes y genomas. De la relación entre los organismos vivos, su interrelación con el medio ambiente y de su impacto sobre la salud, la alimentación, la agricultura y la industria. Incluye estudios a nivel celular, molecular, estructural y de comportamiento.
Conocimiento de la biodiversidad	Conocimiento tradicional, estudios taxonómicos, sistemáticos, ecológicos y/o genéticos para la identificación y/o caracterización de organismos y ecosistemas. Conservación in-situ y ex-situ. Bioprospección de principios activos y metabolitos de interés para la salud, la alimentación, la agricultura y la industria. Bases científicas del control biológico y de los servicios ecosistémicos.
Materia y energía: Fundamentos y mecanismos	Estudio de los principios y mecanismos físicos, químicos y termodinámicos, que rigen la materia y la energía, su conversión e interacción. Investigación fundamental de las diferentes fuentes energéticas y procesos de aplicación.
Materiales: Síntesis, caracterización y aplicación	Estudios científicos a nivel atómico y molecular de la estructura y propiedades físicas y químicas de materiales de interés tecnológico e innovador, de los métodos para su extracción, síntesis, caracterización y procesamiento. Desarrollo de nuevos materiales, de sus tecnologías y sus diferentes potencialidades.
Prospección, valoración y aprovechamiento de recursos naturales no renovables	Estudio a nivel atómico y molecular de la estructura y propiedades físicas y químicas de minerales, biomateriales e hidrocarburos de interés tecnológico y de los métodos para su exploración, extracción, caracterización y valoración.
Patogénesis: Fundamentos, mecanismos hospedero-patógeno, diagnóstico y manejo de enfermedades humanas, animales y vegetales	Identificación y caracterización de organismos que causan enfermedades en los seres vivos, de los mecanismos y vectores de infección en el organismo hospedero, de su bioquímica y metabolismo y de los métodos para su identificación y diagnóstico. Evolución de dichos procesos frente al cambio global.
Modelado y simulación matemática, física, química y biológica	Desarrollo y validación teórica y experimental de modelos matemáticos, físicos, químicos y/o biológicos.

4. Referencias Bibliográficas

Albrecht, J., Carrez, D., Cunningham, P., Daroda, L., Mancía, R., Mathé, Lázlo., Raschka, Achim., Carus, Michael., Piotrowski, Stephan. 2010. The Knowledge Based Bio-Economy (KBBE) in Europe: Achievements and Challenges. Full report.

ALCUE-KBBE Proyect (2013). Towards Latin America and Caribbean Knowledge Based Bio-Economy in partnership with Europe. Tomado de la Traducción Hacia una bioeconomía en América Latina y el Caribe en asociación con Europa. Edición: Elizabeth Hodson.2014.

Bourne, L. S., Hutton, T. A., Shearmur, R., & Simmons, J. (Eds.). (2011), Canadian urban regions: Trajectories of growth and change. Toronto: Oxford University Press.

Braun, J., Borner J., Borgemeister, C., Youkhana Eva. Bioeconomy: Research in support of sustainable transformation and Development

Buxton M, Hanney S, Jones T. Estimating the economic value to societies of the impact of health research: a critical review. Bull World Health Organ. 2004;82(10):733–9.

Cámara de Comercio de Bogotá, Alcaldía Mayor de Bogotá y UNESCO (6 de julio de 2018). Caracterización de las Industrias Culturales y Creativas de Bogotá. Recuperado de: <https://bibliotecadigital.ccb.org.co/handle/11520/20339>

Castillo, G. (2013). Pertinencia de los procesos de creación artística y cultural en los lineamientos de evaluación de la calidad de la educación superior. La experiencia del Caesa. En: M. V. Casas (Ed.), Valoración de

Áreas	Temas
Matemáticas y estadística: fundamentos y desarrollos	Estudio, a partir de axiomas y razonamiento lógico, de las propiedades cuantitativas de y entre entes abstractos tales como números y símbolos. Recolección, análisis e interpretación de datos y aplicaciones.
Ciencias del espacio	Astronomía, astrofísica, astrobiología, cosmología, medicina aeroespacial, ingeniería espacial, ciencias planetarias, derecho espacial.

Fuente: Plan Estratégico del Programa Nacional en Ciencias Básicas (Colciencias, s.f.)

los procesos de creación artística y cultural en el marco de acreditación de programas (p. 56). Bogotá: Ministerio de Educación, Consejo Nacional de Acreditación y Convenio Andrés Bello.

Colciencias (Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación). Plan Estratégico de Ciencia, Tecnología e Innovación en Energía y Minería 2013-2022, 2013. Bogotá: Colciencias.

Colciencias (Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación). Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación para el Desarrollo del Sector de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones TIC 2017-2022, 2016. Bogotá: Colciencias.

Colciencias (Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación). Plan Estratégico Programa Nacional en Ciencias Básicas. (Documento en construcción) 2018. Bogotá: Colciencias.

Colciencias (Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación). (2017). Modelo de Medición de grupos de investigación, desarrollo tecnológico o de innovación y de reconocimiento de investigadores del sistema nacional de ciencia, Tecnología e Innovación, 2017. Bogotá: Colciencias.

Colciencias (Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación). Libro Verde 2030: Política Nacional de Ciencia e Innovación. 2018. Bogotá: Colciencias.

Colciencias, Convocatoria Ecosistema Científico. Disponible en: <https://www.colciencias.gov.co/convocatorias/investigacion/segunda-convocatoria-ecosistema-cientifico-para-la-financiacion-un-banco/FocosEstrategicosyRetos>.

Colciencias, 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, Tecnología e Innovación – SNCTel 2017. Disponible en: <https://>

www.colciencias.gov.co/convocatorias/investigacion/convocatoria-nacional-para-el-reconocimiento-y-medicion-grupos.

Comisión Colombiana del Espacio. (s.f.). Comisión Colombiana del Espacio. Recuperado el 24 de 01 de 2019, de <https://www.cce.gov.co/>

Consejo Privado de Competitividad. Informe Nacional de Competitividad 2007. Bogotá. Adónde queremos llegar: Visión 2032, 15-39.

Corpoica, Ministerio de Agricultura, Colciencias. Plan Estratégico de Ciencia, Tecnología e Innovación del Sector Agropecuario Colombiano 2017-2027. 2016.

DANE (31 de julio de 2018). Cuenta Satélite de Cultura- CSC 2016-2017p. Recuperado de: https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/pib/sateli_cultura/2005_2017/Bole_Cta_Sat_Cul_2005_2017.pdf

Delgado, T. C., Beltrán, E. M., Ballesteros, M., & Salcedo, J. P. (2015). La investigación-creación como escenario de convergencia entre modos de generación de conocimiento. *Iconofacto*, 11(17), 10-28.

Delgado, T. (2016). La creatividad y sus posibilidades. En: XXII Congreso Institucional de Investigaciones. Memorias pp 10-12. Universidad El Bosque.

Estévez, H. A. B., Cabanzo, F., Delgado, T. C., Salgar, Ó. H., Soto, A. S. N., & Salamanca, J. (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.

FAO, FIDA, PMA. (2015). El Estado de la Inseguridad Alimentaria en el Mundo. Roma: FAO.

Llinás, R (1996), Informe De La Misión De Sabios Colombia: al filo de la oportunidad misión ciencia, educación y desarrollo. Presidencia de la República, Consejería Presidencial para el Desarrollo Institucional, Colciencias: Santafé de Bogotá, D.C., 1996.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Política Nacional de Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos - PNGIBSE.2012. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Disponible en: <http://www.minambiente.gov.co/index.php/bosques-biodiversidad-y-servicios-ecosistematicos/politica-nacional-de-biodiversidad#documentos>

Montenegro, A., Hernández, T., Chavarro, D., Vélez, M., Tovar, G., Niño, A. y Olaya, A. (2018). Macrotendencias hacia el 2030. El mundo y américa latina. Documento de trabajo 02. Colciencias: Bogotá.
OECD (2005), A framework for biotechnology statistics.

OECD (2009). The Bioeconomy to 2030: designing a policy agenda

OCDE (2016). Megatrends affecting science, technology and innovation. En Science, Technology and Innovation Outlook 2016. París: OCDE

OECD (2018), Meeting Policy Challenges for a Sustainable Bioeconomy, OECD Publishing, Paris. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264292345-en>

OMS. Organización Mundial de la Salud. Recuperado el 03 de 01 de 2019, Foro Ministerial sobre Investigaciones para la Salud: <https://www.who.int/macrohealth/newsletter/11/es/>

Ordóñez, G. Manual de Análisis y Diseño de Políticas Públicas. Universidad Externado de Colombia. 2013.

PND, 2010. Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014: Prosperidad para todos.

PND, 2018. Bases del Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022: Pacto por Colombia pacto por la Equidad.

PNUD (2003), Informe sobre el Desarrollo Humano, MundiPrensa, Madrid.

PNUD. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. Recuperado el 03 de 01 de 2019, de Objetivos del Desarrollo Sostenible: <http://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals.htm>.

Presidencia de la República. Decreto 1714 de 2018. Presidencia, 2018.

Ramo, A & Guerrero, D.S. 2010. El Suelo costero, Propuesta para su reconocimiento. Colección Derecho Civil No. 10. Procuraduría General de la Nación. Fundación MarViva. 120 p.

Rodríguez, A. G., Mondaini, A. O., & Hitschfeld, M. A. (2017). Bioeconomía en América Latina y el Caribe: contexto global y regional y perspectivas.

SILO (2015). Case Study de las políticas públicas de Bioeconomía, Bogotá, 01 de octubre de 2015.

UNCTAD. (2013). Creative Economy: Report 2013. Recuperado de: <http://www.unesco.org/culture/pdf/creative-economy-report-2013.pdf>

UNESCO. (2002). Declaración Universal de la UNESCO sobre la Diversidad Cultural – Identidad, Diversidad y Pluralismo.

UPME (2015). Plan Energético Nacional Colombia: Ideario Energético 2050. Bogotá: UPME.

