

MISIÓN DE CRECIMIENTO VERDE

Documento síntesis de los resultados de estudios técnicos



El futuro
es de todos

DNP
Departamento
Nacional de Planeación



GGGI

MISIÓN DE CRECIMIENTO VERDE

Documento síntesis de los resultados
de estudios técnicos

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN

Dirección General

Luis Alberto Rodríguez

Subdirección General Territorial

Amparo García Montaña

Subdirección General Sectorial

Daniel Gómez Gaviria

Secretaría General

Diana Patricia Ríos García

Dirección de Ambiente y Desarrollo Sostenible

Santiago Aparicio Velasquez

Director de la Misión de Crecimiento Verde

Hernando José Gómez Restrepo

INSTITUTO GLOBAL PARA EL CRECIMIENTO VERDE (GGGI)

Dirección General

Frank Rijsberman

Subdirección General

Hyeun Jenny Kim

Representante de País - Colombia

Carolina Jaramillo

EDICIÓN GENERAL

Alejandra Sánchez Abril
Alejandro Gómez Cubillos
Diego Francisco Rubio Goyes
José Manuel Sandoval
Silvia Liliana Calderón Díaz

CONSULTORES

Centro de Ciencia y Tecnología de Antioquia
– CTA (Productividad del uso del agua);
Consortio CIAT-CCAFA-S-CRECE (Productividad
de la tierra); TECNALIA (Economía circular);
ENERSINC (Eficiencia energética y energías
renovables); Consortio BIOINTROPIC-EAFIT-
SILO (Bioeconomía); ONF Andina (Economía
Forestal); Cristina Fernández Mejía, Fedesarrollo
(Formalización empresarial); Marcela Meléndez,
Marcela Eslava (Productividad laboral y capital
humano); Luis Alberto Zuleta (Armonización de
instrumentos económicos)

APOYO PUBLICACIONES

Grupo de Comunicaciones y Relaciones Públicas

Carmen Elisa Villamizar Camargo

DIAGRAMACIÓN

.Puntoaparte Bookvertising

Dirección Editorial

Andrés Barragán

Dirección de Arte

Mateo L. Zuñiga y Andrés Alvarez

Diseño y diagramación

Julieta Cruz y Angélica Villate

CORRECCIÓN DE ESTILO

Juan Carlos Rueda

ISBN 978-958-5422-34-6

© Departamento Nacional de Planeación, 2019

Calle 26 No. 13-19

Teléfono 3815000

Bogotá, D.C., Colombia

Reconocimientos

EQUIPO DE LA MISIÓN DE CRECIMIENTO VERDE

Hernando José Gómez
José Manuel Sandoval
Mónica Parra Acevedo
Diana Pulido Mojica

Silvia Liliana Calderón Díaz
Diego Rubio Goyes
Maria Clemencia Castellanos

Alejandra Sánchez Abril
Carolina Kitchen Fabré
Laura Higuera Ardila
Magnolia Vega Rodríguez

El equipo editor hace un reconocimiento espe-
cial a Silvia Liliana Calderón Díaz quien ejerció
como Directora de Ambiente y Desarrollo Sos-
tenible y cuyo liderazgo y conocimientos enri-
quecieron los resultados de esta misión que se
materializó en la Política de Crecimiento Verde.

Se extiende el reconocimiento a las personas que
contribuyeron a la elaboración de este documen-
to, en particular a Norma Gómez Cáceres de la Di-
rección de Innovación y Desarrollo Empresarial y
Jairo Alonso Páez Ruales y Astrid Cruz Jiménez de
la Dirección de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

MIEMBROS DEL COMITÉ ASESOR ESTRATÉGICO DE LA MISIÓN DE CRECIMIENTO VERDE

Alejandro Franco
Alfonso Rodríguez
Andrés Velasco
Brigitte Baptiste
Bruce Mac Master
Carlos Caballero Argáez
Carlos Costa
Carlos Herrera
Carlos Raúl Yepes
Carolina Jaramillo

Carolina Urrutia
Catalina Sandoval
Erwin De Nys
Esteban Piedrahita
Gerardo Viña
Guillermo Perry (qepd)
Helena García
Javier Sabogal
Jorge Bedoya
José Leibovich

Juan Lucas Restrepo
Juan Pablo Ruiz
Lionel Goujon
Luis Gilberto Murillo
Olga Lucía Acosta
Omar Franco
Roberto Steiner
Rosario Córdoba
Sol Beatriz Arango
Willer Guevara Hurtado

Con el apoyo de:



Implementada por:



Tabla de Contenido

1. INTRODUCCIÓN	Pag.10	7.2	Recomendaciones de política	
2. LA MISIÓN DE CRECIMIENTO VERDE	Pag.16	7.3	Metas e indicadores	
2.1		8.	ECONOMÍA FORESTAL	Pag.95
2.2		8.1	Diagnóstico	
2.3		8.2	Recomendaciones de política	
2.4		8.3	Metas e indicadores	
3. PRODUCTIVIDAD DEL USO DEL AGUA, EFICIENCIA EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES Y REÚSO DEL AGUA	Pag.24	9.	FUENTES NO CONVENCIONALES DE ENERGÍA RENOVABLE (FNCR)	Pag.110
3.1		9.1	Diagnóstico	
3.2		9.2	Recomendaciones de política	
3.3		9.3	Metas e indicadores	
4. PRODUCTIVIDAD EN EL USO DE LA TIERRA	Pag.40	10.	FORMALIZACIÓN EMPRESARIAL Y CRECIMIENTO VERDE	Pag.124
4.1		10.1	Diagnóstico	
4.2		10.2	Recomendaciones de política	
4.3		10.3	Metas e indicadores	
5. EFICIENCIA ENERGÉTICA	Pag.54	11.	PRODUCTIVIDAD LABORAL Y CAPITAL HUMANO PARA EL CRECIMIENTO VERDE	Pag.144
5.1		11.1	Diagnóstico	
5.2		11.2	Recomendaciones de política	
5.3		11.3	Metas e indicadores	
6. INTENSIDAD EN EL USO DE MATERIALES Y ECONOMÍA CIRCULAR	Pag.70	12.	CRECIMIENTO VERDE Y ESTRATEGIAS DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN (CTI)	Pag.156
6.1		12.1	Diagnóstico	
6.2		12.2	Recomendaciones de política	
6.3		13.	INSTRUMENTOS ECONÓMICOS PARA IMPULSAR EL CRECIMIENTO VERDE	Pag.174
7. BIOECONOMÍA	Pag.81	13.1	Diagnóstico	
7.1		13.2	Recomendaciones de política	
		14.	Bibliografía	Pag.193

Lista de Gráficas

Gráfica 3-1	Distribución sectorial de la demanda hídrica en Colombia	Pag.25
Gráfica 3-2	Participación de los grandes grupos de cultivos en el área total sembrada en Colombia	Pag.26
Gráfica 3-3	Productividad económica por cultivo (\$/m3)	Pag.27
Gráfica 3-4	Productividad física por cultivo (ton/m3)	Pag.28
Gráfica 3-5	Distritos de adecuación de tierras por departamento en Colombia	Pag.29
Gráfica 3-6	Distritos de adecuación de tierras con concesión y sin concesión de aguas por departamento en Colombia	Pag.31
Gráfica 3-7	Índice de agua no contabilizada (IANC) (%) de 44 municipios 2013 y 2014	Pag.31
Gráfica 4-1	Categorías de barreras identificadas en los talleres regionales	Pag.48
Gráfica 5-1	Balance energético de Colombia	Pag.55
Gráfica 5-2	Intensidad energética total del país	Pag.56
Gráfica 6-1	Máximo potencial de aprovechamiento de los materiales priorizados	Pag.73
Gráfica 6-2	Principales residuos enviados a disposición final	Pag.74
Gráfica 7-1	Empresas bioinnovadoras en sectores priorizados en Colombia	Pag.84
Gráfica 8-1	Superficie de bosques naturales y de plantaciones forestales	Pag.97
Gráfica 8-2	Producción, exportaciones, importaciones y consumo de madera y productos de madera, para los años 2005 y 2013 (m ³ de madera rolliza)	Pag.103
Gráfica 9-1	Capacidad instalada por tecnología en la matriz eléctrica	Pag.112
Gráfica 10-1	Tasas de informalidad anual por sector	Pag.126
Gráfica 10-2	Probabilidades condicionadas de la informalidad	Pag.127
Gráfica 10-3	Desempeño en crecimiento verde inclusivo en países de América Latina	Pag.129

Lista de Tablas

Tabla 2-1	Estudios técnicos de la Misión durante la Fase I	Pag.20
Tabla 2-2	Estudios técnicos de la Misión durante la Fase II	Pag.21
Tabla 3-1	Distribución de usos de agua por áreas hidrográficas	Pag.32
Tabla 3-2	Demanda de agua y fuentes de abastecimiento usadas por los establecimientos industriales manufactureros 2012 a 2015	Pag.38
Tabla 3-3	Indicadores y metas relacionados con la productividad del agua, eficiencia en el tratamiento de aguas residuales y reúso del agua en Colombia	Pag.34
Tabla 4-1	Indicadores de crecimiento verde a nivel nacional para sistemas productivos seleccionados	Pag.42
Tabla 4-2	Lista de opciones tecnológicas priorizadas	Pag.45
Tabla 4-3	Metas e indicadores relacionados con la productividad de la tierra	Pag.52
Tabla 5-1	Metas indicativas de ahorro planteadas por el PAI 2017-2022	Pag.59
Tabla 5-2	Nuevas tecnologías analizadas, con oportunidades y barreras	Pag.61
Tabla 5-3	Metas e indicadores en materia de gestión eficiente de la energía	Pag.68
Tabla 5-4	Metas e indicadores en materia de movilidad sostenible	Pag.69
Tabla 6-1	Generación de residuos para los materiales priorizados	Pag.72
Tabla 6-2	Metas e indicadores para la transición hacia un modelo de economía circular propuestos para los sectores manufactureros y de construcción en Colombia.	Pag.80
Tabla 7-1	Factores críticos priorizados para la bioeconomía en Colombia	Pag.85

Tabla 7-2 Indicadores y metas para los lineamientos del componente de Bioeconomía	Pag.92	Tabla 13-1 Principales resultados del análisis cuantitativo para el sistema de depósito-reembolso como instrumento para impulsar la economía circular	Pag.177
Tabla 8-1 Metas e indicadores para el impulso de la economía forestal en Colombia	Pag.103	Tabla 13-2 Escenarios de comparación de inversión en buses diésel, híbridos y eléctricos	Pag.181
Tabla 9-1 Potenciales FNCER	Pag.111	Tabla 13-3 Principales resultados del instrumento de bioeconomía	Pag.182
Tabla 9-2 Metas e indicadores para la penetración de FNCER en Colombia	Pag.122	Tabla 13-4 Valor presente del ahorro neto en costos, según probabilidad del evento climático	Pag.183
Tabla 10-1 Indicadores de productividad usados por el estudio de formalización y crecimiento verde inclusivo	Pag.130	Tabla 13-5 Efectos esperados de los instrumentos priorizados	Pag.185
Tabla 10-2 Indicadores de desempeño ambiental usados por el estudio de formalización y crecimiento verde inclusivo	Pag.131	Tabla 13-6 Armonización de los instrumentos priorizados con los objetivos de crecimiento verde	Pag.186
Tabla 10-3 Indicadores de inclusividad usados por el estudio de formalización y crecimiento verde inclusivo	Pag.136		
Tabla 11-1 Número de programas afines con actividad-es verdes	Pag.145		
Tabla 11-2 Relación de productividad laboral (PIB por trabajador ocupado) de otros países respecto a Colombia	Pag.146		
Tabla 11-3 Progresos de los empleos verdes hasta la fecha y potencial futuro	Pag.147		
Tabla 12-1 Recomendaciones en CTI para la productividad en el uso del agua	Pag.164		
Tabla 12-2 Recomendaciones en CTI para la productividad en el uso de la tierra	Pag.167		
Tabla 12-3 Avances tecnológicos y recomendaciones en materia de CTI para la promoción de la eficiencia energética y de las FNCER a nivel nacional	Pag.169		
Tabla 12-4 Recomendaciones en CTI para la transición a la economía circular	Pag.171		
Tabla 12-5 Recomendaciones en CTI para el desarrollo de la bioeconomía	Pag.172		
Tabla 12-6 Recomendaciones en CTI para promover el sector forestal	Pag.173		

Lista de Figuras

Figura 2-1 Ejes estratégicos de la Misión de Crecimiento Verde	Pag.18
Figura 2-2 Esquema operativo de la Misión de Crecimiento Verde	Pag.22
Figura 5-1 Ciclo de producción/consumo de energía para transporte público en Barriles Equivalentes de Petróleo (BPE) ACPM vs. eléctrico	Pag.57
Figura 8-1 Principales barreras y oportunidades para el sector forestal	Pag.104
Figura 9-1 Listado de políticas y normas relacionadas con FNCER	Pag.118
Figura 9-2 Supuestos y resultados del Escenario alto	Pag.120
Figura 10-1 Índice compuesto para la medición del crecimiento verde inclusivo	Pag.128
Figura 13-1 Metodología del análisis	Pag.176
Figura 13-2 Clasificación de los instrumentos seleccionados	Pag.176

Siglas y acrónimos

ACPM	Aceite Combustible Para Motores
ACV	Análisis de Ciclo de Vida
ADR	Agencia de Desarrollo Rural
AEE	Aparatos eléctricos y electrónicos
AFOLU (sector)	<i>Agriculture, Forestry and Other Land Use</i> (Agricultura, Silvicultura y otros usos del Suelo)
Agrosavia	Corporación colombiana de investigación agropecuaria
AHP	Proceso de Jerarquía Analítica (<i>Analytic Hierarchy Process</i>)
AMI	Infraestructura de medición avanzada (para el consumo de energía eléctrica)
ANLA	Autoridad Nacional de Licencias Ambientales
Asohofrucol	Asociación Hortifrutícola de Colombia
ATT	Efecto promedio del tratamiento en la población tratada (<i>average treatment effect on the treated</i>)
BAU	<i>Business As Usual</i> , se refiere a la tendencia a futuro manteniendo las condiciones actuales
BECO	Balance Energético Colombiano
BEP	Barriles Equivalentes de Petróleo
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
BPA	Buenas Prácticas Agrícolas
BPG	Buenas Prácticas Ganaderas
BPP	Buenas Prácticas Pecuarias
CCAFS	Programa de investigación de CGIAR en Cambio Climático, Agricultura y Seguridad Alimentaria (<i>Climate Change, Agriculture and Food Security</i>)
CEPAL	Comisión Económica para América Latina y el Caribe
CGIAR	Grupo Consultivo para la Investigación Agrícola Internacional (<i>Consultative Group for International Agricultural Research</i>)
CIAT	Centro Internacional de Agricultura Tropical
CIF	Certificado de Incentivo Forestal
CIIU	Clasificación Industrial Internacional Uniforme
CM	Censo Minero
CNA	Censo Nacional Agropecuario
Colciencias	Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación
CONPES	Consejo Nacional de Política Económica y Social
CORPOICA	Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (hoy Agrosavia)
CRA	Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico
CRECE	Centro de Estudios Regionales Cafeteros y Empresariales

CREG	Comisión de Regulación de Energía y Gas
CTA	Centro de Ciencia y Tecnología de Antioquia
CTI	Ciencia, Tecnología e Innovación
DANE	Departamento Administrativo Nacional de Estadística
DNP	Departamento Nacional de Planeación
EAFIT	Escuela de Administración, Finanzas e Instituto Tecnológico
EICDGB	Estrategia Integral de Control a la Deforestación y Gestión de los Bosques
ENA	Estudio Nacional del Agua
ENFICC	Energía Firme para el Cargo por Confiabilidad
ENREDD	Estrategia Nacional de Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación Forestal
Fedemaderas	Federación Nacional de Industriales de la Madera
Fedesarrollo	Fundación para la Educación Superior y el Desarrollo
FENOGE	Fondo de Energías No Convencionales y Gestión Eficiente de la Energía
FNCER	Fuentes No Convencionales de Energía Renovable
GEI	Gas de Efecto Invernadero
GEIH	Gran Encuesta Integrada de Hogares
GGGI	Instituto Global para el Crecimiento Verde (<i>Global Green Growth Institute</i>)
I+D+i	Investigación, Desarrollo e innovación
IACAL	Índice de Alteración Potencial de la Calidad de Agua
IANC	Índice de Agua No Contabilizada
ICA	Instituto Colombiano Agropecuario
IDEAM	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales
IFN	Inventario Forestal Nacional
INSEFOR	Programa de Investigación en Semillas y Especies Forestales Nativas
IUA	Índice del Uso del Agua
IVA	Impuesto al Valor Agregado
MCV	Misión de Crecimiento Verde
MEM	Mercado Eléctrico Mayorista
MinAmbiente	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible
MinHacienda	Ministerio de Hacienda y Crédito Público
MinMinas	Ministerio de Minas y Energía
OCDE	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos

OCYT	Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología
ONG	Organizaciones No Gubernamentales
OTRIS	Oficinas de Transferencia de Resultados de la Investigación
PDET	Programas de Desarrollo con Enfoque Territorial
PET	Tereftalato de Polietileno (<i>polyethylene terephthalate</i>)
PIB	Producto Interno Bruto
PIMT	Pacto Intersectorial por la Madera Legal en Colombia
PNUD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
PNUMA	Programa de las Naciones Unidas para el Ambiente
POF	Planes de Ordenación Forestal
PROURE	Programa de Uso Racional y Eficiente de Energía
PSA	Pago por Servicios Ambientales
PTAR	Planta de Tratamiento de Aguas Residuales
PYME	Pequeña y Mediana Empresa
RUT	Registro Único Tributario
SAO	Sustancias Agotadoras de la Capa de Ozono
SENA	Servicio Nacional de Aprendizaje
SFN	Servicio Forestal Nacional
SGR	Sistema General de Regalías
SIB	Sistema de Información sobre Biodiversidad de Colombia
SILO	<i>Science & Innovation Link Office</i>
SMBYC	Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono
SNIA	Sistema Nacional de Innovación Agropecuaria
SNIF	Sistema Nacional de Información Forestal
SSPD	Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios
TIC	Tecnologías de la información y la comunicación
TR	Tasa Retributiva por Vertimientos Puntuales
TUA	Tasa por Utilización de Agua
UPA	Unidad de Producción Agropecuaria
UPME	Unidad de Planeación Minero Energética
UPRA	Unidad de Planificación Rural Agropecuaria
USD	Dólar estadounidense
ZOMAC	Zonas más Afectadas por el Conflicto Armado

1 INTRODUCCIÓN

El lector encontrará en este volumen, un resumen de los trabajos desarrollados en la Misión por consultores expertos nacionales e internacionales¹.

Encontrará fascinantes análisis sobre el uso del suelo y del agua en Colombia. Las misiones técnicas del Departamento Nacional de Planeación (DNP) tienen una larga tradición en la entidad. Surgen del papel técnico del DNP en la definición de políticas públicas, cuando se encuentra que algún tema en particular, por su novedad o dificultad, amerita un análisis profundo para adquirir el conocimiento requerido para definir estrategias y programas adecuados a las necesidades del país. El caso de la Misión de Crecimiento Verde no es ninguna excepción a la regla.

De una parte, el país ha visto que la variabilidad climática ha aumentado, lo cual se refleja en fenómenos del El Niño y La Niña cada vez más frecuentes y de mayor intensidad. Esto le genera un gran reto de resiliencia a toda la economía y a la población por su impacto en áreas que van desde la seguridad alimentaria hasta la continuidad del servicio de energía eléctrica. Por otra parte, el país también ha observado la continua degradación de sus ecosistemas y un aumento de la contaminación ambiental que se ha convertido en un problema mayor en los

centros urbanos, con serios problemas de salud pública. Por último, y quizás lo más perturbador, el calentamiento global pone en riesgo la vasta mayoría de nuestras fuentes de agua andinas y de las ciudades costeras del país.

Lo anterior, constituye una gran amenaza para nuestra forma de vida actual y también para las posibilidades de progreso futuro, pero también puede convertirse en el aliciente para realizar reformas en áreas de interés para la sostenibilidad ambiental en el país, con inmensas oportunidades para desarrollar nuevas actividades económicas y sociales con modelos de negocios sostenibles para la generación de ingreso y oportunidades de trabajo.

Sin embargo, la sostenibilidad no es solo un problema de resiliencia del sector productivo y de conservación ambiental. Dos elementos adicionales surgieron del análisis de la Misión. El primero es la baja competitividad de la economía colombiana como se refleja en los múltiples índices internacionales que la miden. Una de las dimensiones de esta insatisfactoria competitividad se refleja en el muy ineficiente uso de los recursos naturales y de los materiales en los procesos productivos.

De esta manera, en un análisis inicial que se hizo para obtener un escenario de situación base con la metodología del Instituto Global de Crecimiento Verde (GGGI), Fedesarrollo encontró que el uso de la tierra, el agua y la energía están muy por debajo de la media de eficiencia de los países miembros de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) y consistentemente en la mitad inferior de los países emergentes (DNP, Fedesarrollo,



Una de las dimensiones de esta insatisfactoria competitividad se refleja en el muy ineficiente uso de los recursos naturales y de los materiales en los procesos productivos.

GGGI y PNUMA, 2017). Ejemplos abundan: en promedio, la agricultura en el país utiliza el doble de agua del estándar internacional y en actividades como la ganadería tradicional se puede usar seis veces la cantidad de tierra.

Por otra parte, estamos apenas iniciando los primeros pasos para el desarrollo de la economía circular que además del reciclaje y la reutilización de materiales implica un compromiso de los hogares con el consumo responsable y la disposición adecuada de los residuos y de las empresas para concebir productos y servicios que no solo faciliten la reincorporación de materiales usados en los procesos productivos, sino que reduzcan la intensidad en su uso.

Un segundo elemento lo constituyen las oportunidades que surgen para la economía

colombiana de todas las actividades productivas verdes que se pueden aprovechar para la generación de ingreso y puestos de trabajo. Empecemos por mencionar lo obvio: el aprovechamiento sostenible de la abundante biodiversidad y el impulso de modelos productivos basados en la bioeconomía. Esto comprende cerrar el ciclo de la biomasa, la cual producimos en abundancia, con el desarrollo de plantaciones forestales y el aprovechamiento no maderable del bosque natural para productos como los cosméticos y los farmacéuticos, y cuando tengamos las capacidades, avanzar hacia el desarrollo biotecnológico.

Adicionalmente, son muchas las industrias y hogares que se pueden enverdecer promoviendo el desarrollo de fuentes de energías renovables no convencionales y la sustitución de calderas y otros equipos de vieja tecnología a carbón o líquidos, la descontaminación del aire vía el uso de la bicicleta, el transporte eléctrico en los centros urbanos y la reducción de la huella de carbono mediante la realización de inversiones en tecnologías que usen más eficientemente la energía eléctrica.

Todas las actividades anteriores requieren generar condiciones que permitan desarrollar

1. En este documento se presentan los resultados de los estudios realizados en la segunda fase de la Misión de Crecimiento Verde.



Con todos estos retos definimos el crecimiento verde como el desarrollo económico sostenible e incluyente, resiliente al cambio climático, que le permita al país conservar su capital natural.

modelos de negocio sostenibles. En algunos casos es un tema de derechos de propiedad y adecuada carga tributaria para incentivar un uso adecuado y eficiente de la tierra; en otros son incentivos fiscales para facilitar la adopción de tecnologías que aún se encuentran en su curva de maduración como puede ser el caso del transporte eléctrico; otros, de adecuar la normatividad y la regulación para su participación en los mercados como el caso de la energía eólica y fotovoltaica; y finalmente, en otros casos, temas que requieren de nuevos conocimientos tecnológicos, adopción de tecnologías de frontera, generación de capacidades gerenciales y destrezas de la fuerza laboral, y nuevas fuentes de financiamiento, como es el caso del uso de membranas para la descontaminación del agua o la adopción de nuevos paquetes tecnológicos en la agricultura.

Con todos estos retos definimos el crecimiento verde como el desarrollo económico sostenible e incluyente, resiliente al cambio climático, que le permita al país conservar su capital natural. Para ello decidimos estructurar nuestro trabajo alrededor de 3 elementos estratégicos: el uso eficiente y sostenible de los recursos naturales, el desarrollo de nuevas oportunidades productivas basadas en la bioeconomía y el uso sostenible de la biodiversidad, y las condiciones de mercado laboral y de formalidad para su desarrollo. Por otra parte, definimos dos elementos estratégicos transversales para la implementación de cada uno de los tres pilares definidos. El primero, las condiciones de Ciencia, Tecnología, e Innovación (CTI) necesarios para el desarrollo de estas actividades, y un segundo, de instrumentos de políticas existentes y de

El lector encontrará en este volumen, un resumen de los trabajos desarrollados en la Misión por consultores expertos nacionales e internacionales¹

coordinación interinstitucional requeridos para el desarrollo de las estrategias mencionadas.

El lector encontrará en este volumen, un resumen de los trabajos desarrollados en la Misión por consultores expertos nacionales e internacionales¹. Encontrará fascinantes análisis sobre el uso del suelo y del agua en Colombia. El sector agropecuario, además de ser una de las principales fuentes de emisiones de Gases Efecto Invernadero (GEI), encuentra en su ineficiencia el principal obstáculo para su desarrollo y sostenibilidad. Así mismo, encontrará un análisis sobre la eficiencia en el uso de la energía y en las posibilidades para adoptar nuevas tecnologías renovables de manera rentable. Aquí también las posibilidades de mejora son grandes y es contundente la conclusión de que la diversificación de la canasta energética es una prioridad para la viabilidad de la matriz en los próximos años. Así mismo, la electrificación del país, en sectores como el de transporte, para descarbonizar la economía, es otra asignatura pendiente para reducir la dependencia de los combustibles fósiles.

En la siguiente sección se estudió en detalle la economía circular y sus oportunidades de desarrollo en el país. Además de aumentar la productividad de la economía, se argumenta que se

pueden desarrollar muchos modelos de negocio en áreas como el diseño de productos, manejo de desperdicios para reducir al máximo su generación y el reciclaje de muchos materiales como los textiles y los escombros que actualmente terminan siendo dispuestos de manera poco responsable en una gran cantidad de los casos.

Así mismo, se determinó que frente a la economía forestal, además de la potencialidad en materia de productos no maderables, también hay grandes oportunidades para el desarrollo de cultivos forestales comerciales, que además de acceso seguro a la tierra requieren de una cadena de comercialización y transformación eficiente, para reemplazar el comercio ilegal y las altas importaciones de madera que hoy se presentan. Otro estudio muy vanguardista fue el de bioeconomía. Allí se encuentra que es clave lograr el cierre del ciclo desde la identificación de las especies con potencial para la bioeconomía y el aprovechamiento de la biomasa hasta el escalamiento de prototipos y consolidación de mercados, con el fomento de inversiones para el aprovechamiento sostenible de la biodiversidad.

Otros dos documentos excepcionales abordaron la temática de la informalidad empresarial y el de las capacidades laborales para implementar el crecimiento verde. En cuanto a la primera, de manera no sorprendente se encuentra que las empresas informales son mucho menos eficientes y más depredadoras de los recursos naturales. Así mismo, se encuentra que la formalización es progresiva y que el último eslabón de formalización de las empresas lo constituyen las obligaciones ambientales. Por otra parte, en cuanto a la formación de competencias laborales para el crecimiento verde, es muy limitada su oferta en el país a nivel de estudios de educación superior.



Quisimos ser lo más incluyentes posible y generar conciencia en todos los niveles sobre las amenazas, retos y oportunidades que tenemos como país y por lo que urge implementar una estrategia de crecimiento verde sostenible.

Sin embargo, la buena noticia es que muchas de estas habilidades se pueden adquirir con cursos cortos para quienes tengan formación básica en el área. De esta manera, un agrónomo puede aprender rápidamente a desarrollar una actividad productiva silvopastoril.

El lector también encontrará el documento sobre instrumentos para la implementación de políticas de crecimiento verde. Es interesante notar que la mayoría de los instrumentos fiscales, tanto impuestos como incentivos y tasas para internalizar las externalidades generadas por los agentes económicos, ya existen en el país. No obstante, estas se han utilizado con timidez como es el caso de la Tasa de Uso del Agua (TUA) que es la más baja del continente, o la no inclusión del carbón y las excepciones al gas en el caso del Impuesto al Carbono. También se señala la ausencia de mecanismos expeditos para aprovechar los incentivos fiscales para la adopción de tecnologías verdes.

Fue ampliamente satisfactorio para todos los miembros de la Misión de Crecimiento Verde, los funcionarios del DNP, los consultores, las entidades internacionales que la financiaron y dieron apoyo técnico y su Comité Asesor Estratégico,

co, que en el nuevo Plan Nacional de Desarrollo del Gobierno del Presidente Duque, se incluyera como una de las estrategias fundamentales para el próximo cuatrienio el Pacto por la Sostenibilidad: producir conservando y conservar produciendo, que recoge muchos de los enfoques y recomendaciones de la Misión, con el desarrollo de acciones que permitan un equilibrio entre la conservación y la producción, de forma tal que la riqueza natural del país sea apropiada como un activo estratégico de la Nación.

Son cuatro capítulos en los que se busca primero, afianzar el compromiso de los sectores productivos con la sostenibilidad y la mitigación del cambio climático con estrategias e instrumentos económicos para que los sectores adopten prácticas más sostenibles, basadas en la innovación, que reduzcan las emisiones de carbono y los impactos sobre los recursos naturales; segundo, posicionar la biodiversidad y la riqueza natural como activos estratégicos de la Nación priorizando la lucha contra la deforestación y dinamizando las economías locales a través de la bioeconomía, la economía forestal y el turismo sostenible; tercero, aumentar el conocimiento y la prevención para la gestión del riesgo de desastres y la adaptación al cambio climático con el fin de tomar decisiones efectivas a nivel territorial y sectorial, y minimizar los impactos negativos de los desastres, y por último, fortalecer la institucionalidad ambiental, optimizar los procesos de licenciamiento, y hacer más eficiente la inversión, garantizando la apropiación social y el diálogo ambiental en los territorios. Naturalmente, este es solo el comienzo, cuyo éxito dependerá del trabajo de varias generaciones de colombianos durante las siguientes décadas.



Como siempre, no puedo terminar sin agradecer a los directores del DNP que se involucraron con la aventura de esta Misión: Simón Gaviria, quien la inició e impulsó y Luis Fernando Mejía, quien la llevó a buen puerto. Así mismo, a Silvia Calderón, Directora de Ambiente y Desarrollo Sostenible en el DNP quien en buena parte concibió la idea de la Misión y su orientación y tuvo la gentileza y osadía de ponerme al frente y ofrecerme su amistad. El apoyo de las entidades internacionales fue fundamental para su financiamiento y apoyo técnico. Entidades como el Banco Mundial (y el Fondo Fiduciario Coreano para el Crecimiento Verde), la Agencia Francesa de Desarrollo (AFD), el Instituto Global de Crecimiento Verde (GGGI), el Banco Alemán de Desarrollo (KfW), el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), la Red de Conocimiento sobre Clima y Desarrollo (CDKN) y el Fondo Acción.

A los miembros de nuestro Comité Asesor Estratégico, gracias por su compromiso y apoyo; en las 12 sesiones que tuvimos, las conversaciones siempre fueron constructivas e iluminantes para los miembros de la Misión y sus consultores. A los consultores que soportaron estoicamente todas nuestras solicitudes incluyendo la realización de talleres abiertos para discutir los diagnósticos y recomendaciones. También a todos quienes nos acompañaron en los talleres por sus aportes, ideas y críticas, naturalmente. Igualmente, a la Universidad de los Andes, la Universidad Javeriana de Cali, el ICESI y la Universidad Autónoma de Occidente por la organización de los interesantes y exitosos seminarios académicos.

Quisimos ser lo más incluyentes posible y generar conciencia en todos los niveles sobre las amenazas, retos y oportunidades que tenemos como país y por lo que urge implementar una estrategia de crecimiento verde sostenible. Una mención final y agradecida a quienes me apoyaron de manera permanente y dedicada en los dos años de trabajo: Laura Higuera, Mónica Parra, Diego Rubio, Alejandra Sánchez y José Manuel Sandoval. También gracias a María Clemencia Castellanos, Juan Pablo Machado, Diana Pulido y Magnolia Vega por sus esfuerzos logísticos y de divulgación. Finalmente, agradezco a Giovanni (Gianni) Ruta del Banco Mundial quien con generosidad nos apoyó y asesoró durante todo el proceso.

Esta larga tradición del DNP de más de 50 años de promover misiones técnicas se debe preservar. En ellas, se recogen conceptos teóricos, experiencias internacionales en la definición de políticas, se realizan líneas de base nacionales y se consultan las opiniones de los expertos locales e internacionales y de las comunidades que se afectan y benefician de cada tema. Esta es una buena experiencia de diálogo social que permite la construcción de consensos y facilita la definición de estrategias y la concepción e implementación de estrategias. Nos alegra mucho que la Misión de Crecimiento Verde esté cumpliendo con estas expectativas.

HERNANDO JOSÉ GÓMEZ RESTREPO
Director de la Misión
de Crecimiento Verde

2 LA MISIÓN DE CRECIMIENTO VERDE

El Departamento Nacional de Planeación (DNP), es la entidad líder en la planificación nacional y sectorial, y su articulación en los diferentes niveles de gobierno, por lo cual ha liderado discusiones estructurales de largo plazo mediante “misiones” que tienen como fin estudiar temas de política pública en diversas áreas y convocar a expertos que permitan abordar los desafíos socioeconómicos y ambientales del país de manera innovadora.

La Misión de Crecimiento Verde fue planteada con el objeto de discutir con la sociedad civil, el sector público, el sector privado, la academia, los medios de comunicación y el público en general, las opciones de política para la incorporación de un enfoque de crecimiento verde en la planeación del desarrollo del país.

Uno de sus propósitos fue preparar y discutir los insumos técnicos para la formulación de una Política de Crecimiento Verde, según lo establecido en el artículo 170 de la Ley del Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018², que oriente el desarrollo económico del país hacia un modelo más sostenible, en el que se promueva la competitividad económica, se proteja y asegure el uso sostenible del capital natural, y se garantice el bienestar y la inclusión social.

2. Artículo 170 de la Ley 1753 de 2015 “Por la cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018 “Todos por un nuevo país”.

Los objetivos específicos de la Misión fueron:



Realizar un análisis de diagnóstico y de prospectiva a fin de determinar los temas críticos para un crecimiento verde, a partir de los retos y oportunidades del país.



Proponer medidas e instrumentos de política y estimar las inversiones requeridas para su implementación.



Contar con insumos técnicos y propuestas novedosas para estructurar la Política de Crecimiento Verde con la participación de las entidades competentes.



Vincular a representantes del sector público y de la sociedad civil para dar a conocer los enfoques de la Misión y realizar su retroalimentación.

La Misión se concibió con un enfoque de largo plazo (2030), en consideración a que la transición a este modelo de desarrollo requiere cambios de carácter estructural en la base productiva del país, nuevas políticas públicas e inversiones en innovación, y desarrollo de procesos productivos sostenibles, con metas de largo alcance.

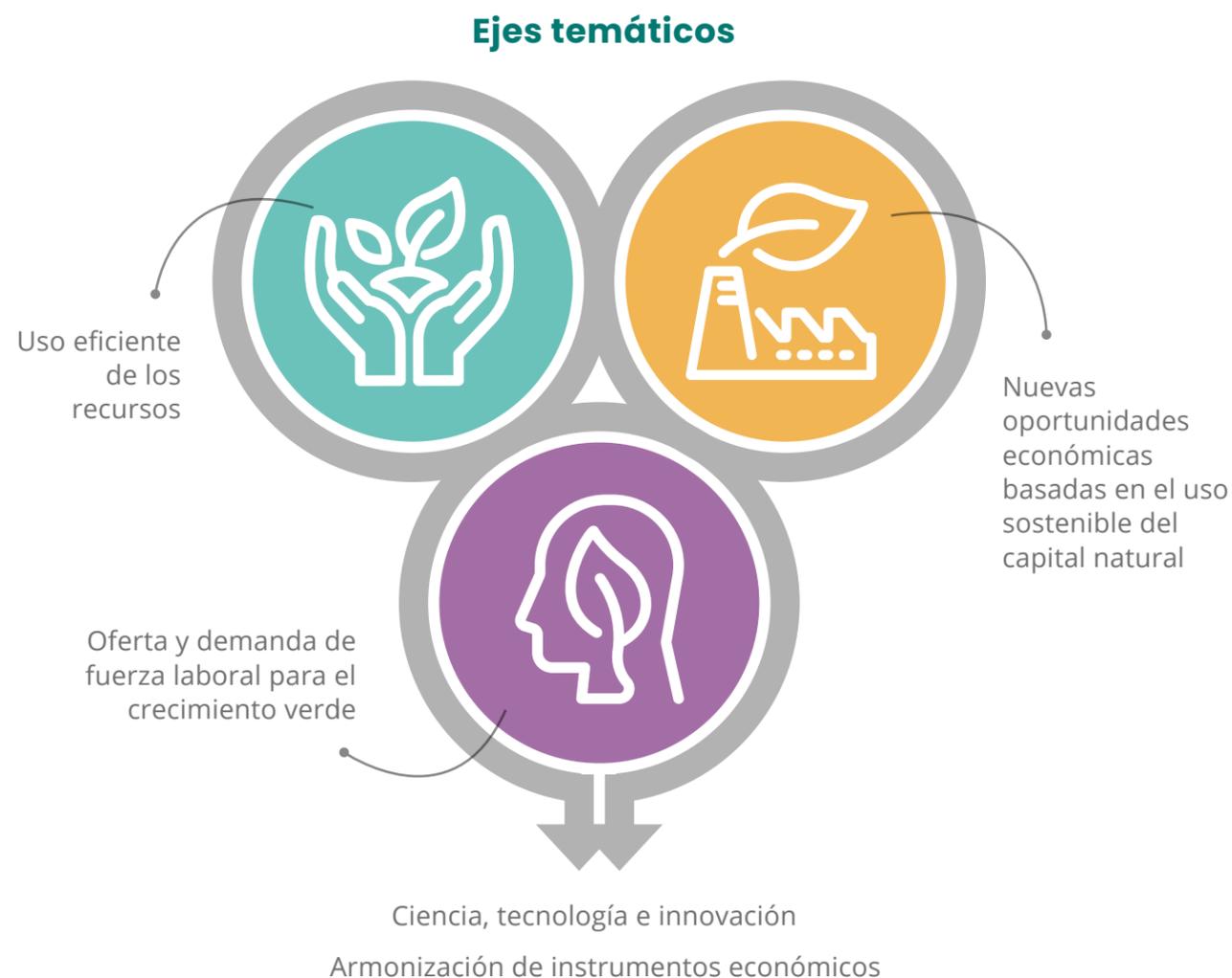
2.1 Visión y ejes estratégicos de la Misión de Crecimiento Verde

La Misión tuvo como visión proyectar a Colombia como un referente en América Latina en cuanto al crecimiento verde a 2030. Para esto, planteó que el país incrementará su crecimien-

to económico y competitividad, conservando el capital natural, para lo que será necesario apalancar inversiones en ciencia, tecnología e innovación.

Para lograr este propósito, la Misión de Crecimiento Verde definió 3 ejes estructurales y 2 ejes transversales como se presenta en la siguiente figura:

Figura 2-1. Ejes estratégicos de la Misión de Crecimiento Verde



Fuente: Elaboración propia, 2019



El primer eje “Uso eficiente de recursos” se centra en analizar las barreras y oportunidades que tiene el país para mejorar la competitividad de los sectores productivos a partir del uso eficiente del agua, del suelo, de la energía y de las materias primas, que igualmente permita aumentar su desempeño ambiental y desarrollar procesos que mitiguen el cambio climático.



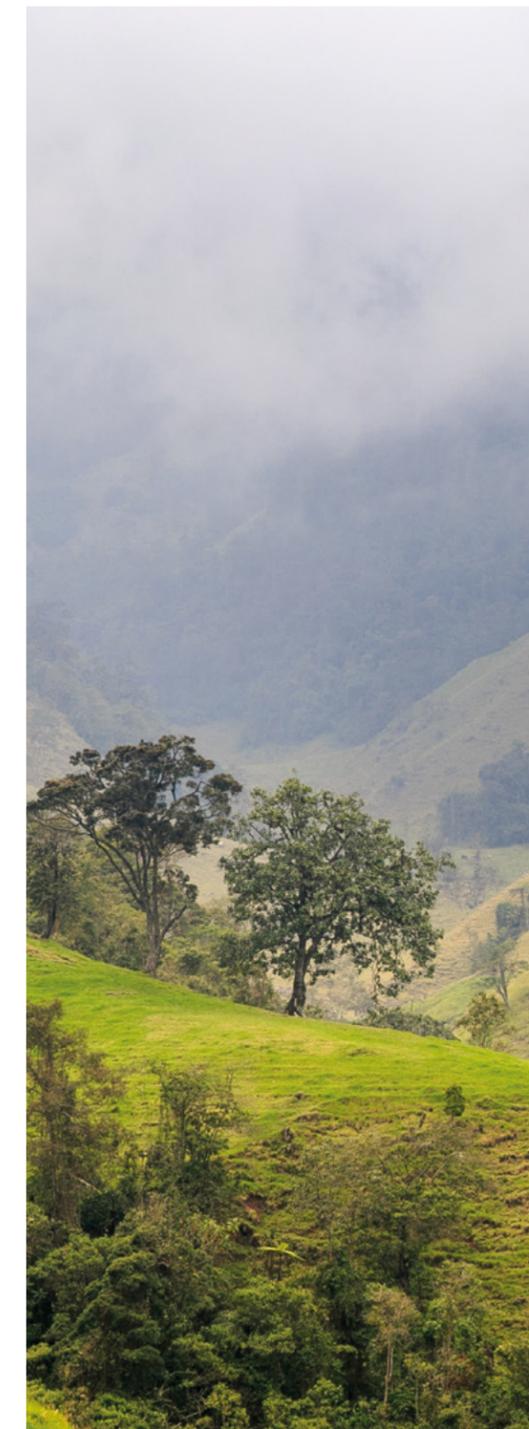
El segundo eje “Nuevas oportunidades económicas basadas en el uso sostenible del capital natural” busca identificar, priorizar y generar mecanismos para impulsar mercados y productos basados en el uso sostenible de la biodiversidad, que generen nuevas oportunidades económicas y empleos, y permitan contribuir a la diversificación de la oferta exportadora del país.



El tercer eje estructural “Oferta y demanda de fuerza laboral para el crecimiento verde”, se centra en analizar la relación existente en el crecimiento verde y la formalidad de la economía nacional en sectores estratégicos como la agricultura y la minería, así como identificar las necesidades de capital humano para afrontar los nuevos retos del crecimiento verde en áreas de vanguardia internacional como la bioeconomía y la economía circular.

Adicionalmente como ejes transversales, la Misión priorizó analizar la viabilidad de desarrollar nuevos instrumentos económicos ambientales o realizar las reformas a los instrumentos existentes con el fin de enviar señales de mercado a los agentes

económicos que estimulen la transición hacia un crecimiento verde, así como impulsar la ciencia, tecnología e innovación como factor determinante para el desarrollo de nuevos productos, procesos y servicios sostenibles y bajos en carbono.



2.2 Fases de la Misión de crecimiento verde

La Misión de Crecimiento Verde se desarrolló durante 30 meses entre 2016 y 2018, en tres fases:

Fase I Preparación y diagnóstico (2016)

Se diseñó la iniciativa y se gestionaron los recursos de cooperación internacional para su financiación. En paralelo, y con el fin de orientar y priorizar las áreas temáticas específicas de la Misión, se realizó un diagnóstico que incluyó: i) un análisis del contexto internacional para revisar experiencias en otros países; ii) una revisión de los indicadores de crecimiento verde utilizados a nivel internacional; iii) un diagnóstico de los avances en ciencia, tecnología e innovación para el crecimiento verde a nivel nacional e internacional; iv) un análisis prospectivo de las tendencias macroeconómicas y su relación con crecimiento verde; y v) el estudio Evaluación del Potencial de Crecimiento Verde que permitió hacer un benchmarking internacional en la materia a partir de 36 indicadores.

Tabla 2-1. Estudios técnicos de la Misión durante la Fase I³

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tema	Autor
Elementos conceptuales y experiencias internacionales	Departamento Nacional de Planeación (DNP), Instituto Global de Crecimiento Verde (GGGI)
Indicadores de referencia nacional para medir los efectos económicos, ambientales y sociales de la implementación de una política de crecimiento verde de largo plazo	Consultor individual: Néstor Ortiz
Crecimiento verde, ciencia, tecnología e innovación	Consultor individual: Diana Alarcón
Macroeconomía y crecimiento verde: análisis y retos para Colombia	DNP, GGGI
Evaluación de potencial de crecimiento verde para Colombia	Fedesarrollo, GGGI, DNP, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA)

3. Estos documentos se encuentran disponibles en la página web del Departamento Nacional de Planeación, en el siguiente enlace: <https://www.dnp.gov.co/Crecimiento-Verde/Paginas/Diagnostico.asp>

Fase II Hoja de ruta (2017 – 2018)

En esta fase se realizaron análisis exhaustivos buscando entender la situación del país en materia de crecimiento verde, se priorizaron los factores más relevantes, se realizaron las propuestas de política, acciones y metas a desarrollar, y se estimaron los requerimientos de financiación. Los estudios técnicos realizados en esta fase se relacionan en la Tabla 2-2.

Tabla 2-2. Estudios técnicos de la Misión durante la Fase II

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tema	Firma consultora	Financiación
Productividad del uso del agua, la eficiencia en el tratamiento de aguas residuales y reúso del agua en Colombia	Centro de Ciencia y Tecnología de Antioquia (CTA), Línea de Agua y Medio Ambiente	Agencia Francesa de Desarrollo (AFD)
Productividad de la tierra y rendimiento del sector agropecuario medido a través de los indicadores de crecimiento verde en Colombia	Consortio Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Programa de Investigación sobre Cambio Climático, Agricultura y Seguridad Alimentaria (CAAFS) y Centro de Estudios Regionales Cafeteros y Empresariales (CRECE)	GGGI
Intensidad en la utilización de materiales y economía circular en Colombia	TECNALIA	Banco Mundial
Eficiencia energética y energías renovables en Colombia	ENERSINC	Banco Mundial
Bioeconomía como fuente de nuevas industrias basadas en el capital natural de Colombia	Consortio BIOINTROPIC-Universidad EAFIT-SILO	Banco Mundial
Economía Forestal en el marco de la Misión de Crecimiento Verde	ONF Andina	GGGI
Formalización empresarial y crecimiento verde en Colombia	Consultor individual: Cristina Fernández	Banco Alemán de Desarrollo (KfW)
Productividad laboral y capital humano para el crecimiento verde	Consultor individual: Marcela Meléndez	Banco Interamericano de Desarrollo (BID)
Instrumentos económicos e incentivos financieros para crecimiento verde y fuentes de financiamiento internacional para cambio climático en Colombia	Econometría consultores	AFD
Armonización de instrumentos económicos para el crecimiento verde	Consultor individual: Luis Alberto Zuleta	Banco Mundial

Fase III. Adopción de la política (2018):

Con base en los resultados de las Fases I y II, y de las discusiones realizadas en los talleres y en las sesiones del Comité Asesor Estratégico de la Misión, se elaboró el documento de política. Para esto, se hicieron exhaustivas consultas con más de 27 entidades del Gobierno nacional con el fin de lograr un consenso sobre las acciones y metas de la política al 2030. El Documento CONPES 3934 Política de Crecimiento Verde, fue aprobado el 10 de julio de 2018 por el Consejo Nacional de Política Económica y Social, con lo cual finaliza la Misión de Crecimiento Verde.

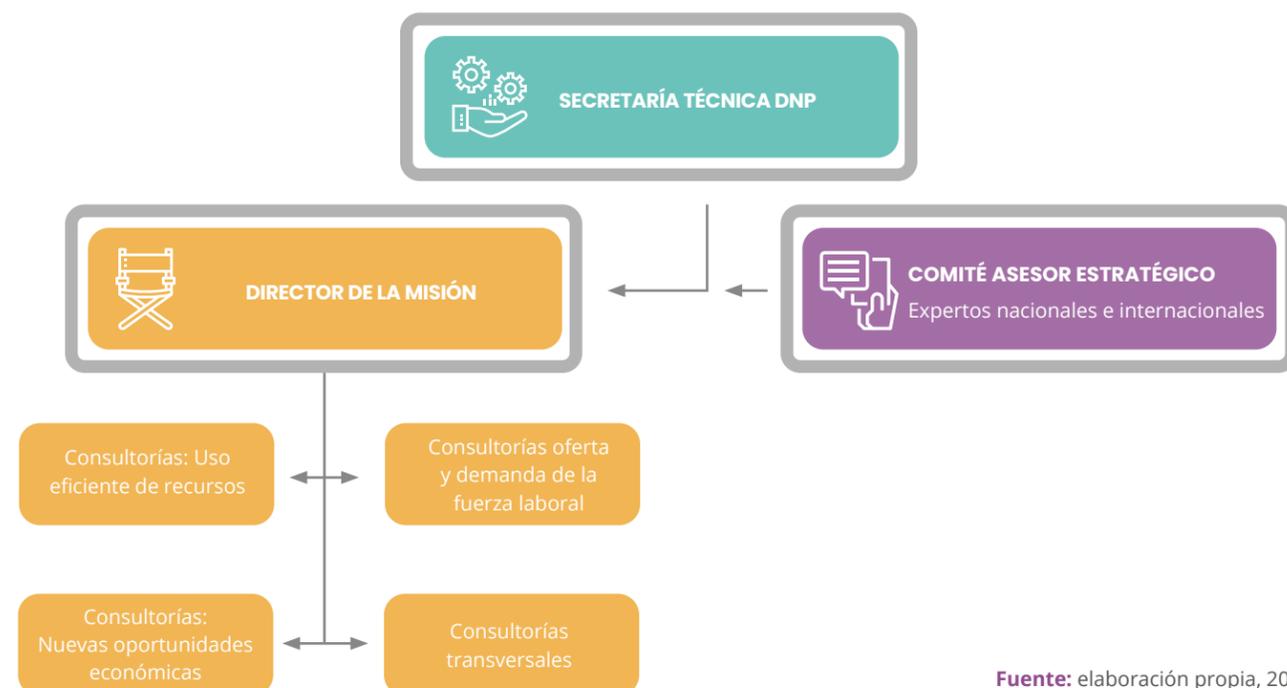
En el desarrollo de la Misión se realizaron 22 talleres nacionales y 9 talleres regionales en los que se presentaron los avances de los estudios técnicos. Adicionalmente, se realizaron 2 simposios académicos en Bogotá y Medellín, 2 talleres de capacitación a periodistas y 2 intercambios técnicos internacionales a Corea del Sur y Francia, por lo que en general, la Misión contó con la participación de más de 1.700 personas. La Misión fue financiada con los

recursos de cooperación internacional de GGGI, AFD, Banco Mundial / Korea Green Growth Trust Fund, KfW, Banco Interamericano de Desarrollo (BID), ONU Ambiente, Embajada del Reino Unido, Embajada del Reino de Noruega y Red de Conocimiento sobre Clima y Desarrollo (CDKN). Adicionalmente esta Misión contó con el apoyo técnico del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y del Ministerio de Hacienda y Crédito Público.

2.3 Esquema operativo de la Misión de Crecimiento Verde

El desarrollo de la Misión contó con el siguiente esquema operativo:

Figura 2-2 Esquema operativo de la Misión de Crecimiento Verde



Fuente: elaboración propia, 2019

El DNP, a través de la Subdirección de Desarrollo Ambiental Sostenible, hoy Dirección de Ambiente y Desarrollo Sostenible, ejerció la secretaría técnica de la Misión con el fin de planear y hacer seguimiento a las actividades y estudios técnicos, coordinar los espacios de discusión y socialización, apoyar al Director de la Misión y realizar la documentación del proceso.

El Director de la Misión fue Hernando José Gómez Restrepo, exdirector del Departamento Nacional de Planeación, quien fue el en-

cargado de la gerencia del proceso, apoyar la interlocución con entidades públicas y con el sector privado, y coordinar el desarrollo de los estudios técnicos.

El Comité Asesor Estratégico estuvo compuesto por 27 expertos de alto nivel (incluyó exministros, representantes de los gremios, de agencias internacionales y de la academia) quienes sesionaron en 12 oportunidades para retroalimentar y validar las propuestas generadas en el desarrollo de los estudios técnicos.

2.4 Impacto de la Misión de Crecimiento Verde

Como elementos de éxito de esta Misión se pueden destacar los siguientes:



Transcendencia en la agenda pública:

el enfoque y alcance de la Misión tiene un impacto en la agenda pública de los próximos años y es la base para la formulación del Plan Nacional de Desarrollo por definir acciones y metas al 2030, y articular de manera integral los aspectos económicos, sociales y ambientales para el desarrollo sostenible del país.



Calidad de la información:

la Misión contó con equipos consultores de alta calidad y con la retroalimentación de entidades nacionales y regionales de los sectores público y privado que permitió consolidar reportes técnicos con información cuantitativa y cualitativa sobre los temas prioritarios para el crecimiento verde en Colombia.



Vinculación del sector privado y de otros actores de la sociedad civil:

la Misión contó con la participación de representantes del sector privado, academia y organizaciones no gubernamentales que permitieron identificar diferentes visiones, retos y oportunidades para el crecimiento verde del país.



Aporte a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y a los compromisos internacionales en materia de sostenibilidad:

las propuestas de la Misión y del Documento CONPES Política de Crecimiento Verde están totalmente alineadas con los ODS y permiten avanzar en el cumplimiento de compromisos internacionales suscritos por Colombia como el Acuerdo de París y las recomendaciones de política ambiental de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE).

3

PRODUCTIVIDAD DEL USO DEL AGUA, EFICIENCIA EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES Y REÚSO DEL AGUA

Los sectores productivos en Colombia enfrentan grandes retos económicos, sociales y ambientales, en un mercado que cada vez se inclina más por procesos competitivos e innovadores. En este sentido, la Evaluación del Potencial de Crecimiento Verde para Colombia identificó que el país presenta una marcada desventaja competitiva frente a los contextos internacionales relacionada con el uso del recurso hídrico.

Mientras con un m³ de agua, Colombia produce 18,9 USD, los países de ingreso medio alto producen 27,4 USD y el promedio de los países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) 114,4 USD (CTA, 2017). Lo anterior, debido a que comparativamente no se realiza un buen aprovechamiento en la producción de riqueza, a pesar de su aparente abundancia en el país.

En este contexto, la Misión de Crecimiento Verde priorizó la gestión del agua con un enfoque de productividad y sostenibilidad, para lo que realizó el estudio denominado Consultoría sobre productividad del uso del agua, la eficiencia en el tratamiento de aguas residuales y reúso del agua en Colombia, cuyos resultados se presentan a manera de síntesis en el presente capítulo.

El estudio presentó las recomendaciones para la optimización del uso del agua en el marco de una economía productiva, mediante medidas de política pública e instrumentos de gestión ambiental que fomentan e incentivan la competitividad, la innovación, la eficiencia y el bienestar social como

pilares de un modelo de desarrollo que asegure su sostenibilidad. Adicionalmente, el estudio identificó los principales factores que influyen en los problemas de eficiencia y productividad del agua en el sector agrícola, agua potable y saneamiento básico, industrial manufacturero y minero.

3.1 Diagnóstico

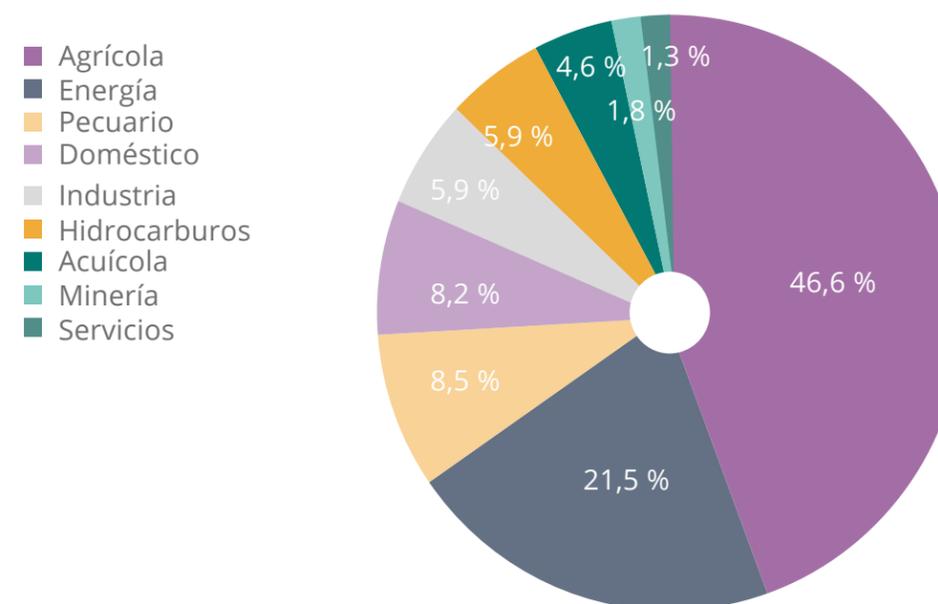
El diagnóstico del estudio identificó y priorizó las causas y los factores determinantes en la gestión integral del recurso hídrico relacionados con su productividad como la eficiencia en el uso, la cobertura del tratamiento de las aguas residuales y el potencial para el reúso. Adicionalmente, evaluó los instrumentos económicos y de planeación existentes, y estableció una línea base que permitió comprender la problemática que se abordó con la Misión de Crecimiento Verde.

En términos de oferta hídrica, Colombia se caracteriza por ser una potencia hídrica en términos de cantidad, sin embargo, este recurso no está distribuido de manera equitativa en las re-

giones del país, ni se encuentra disponible por condiciones asociadas a su calidad. Lo anterior, requiere esfuerzos para avanzar hacia una gestión eficiente de la demanda hídrica, al tener en cuenta las necesidades diferenciadas de los sectores económicos.

La distribución sectorial de la demanda hídrica a nivel nacional que se presenta en la Gráfica 3-1, evidencia que los sectores agrícola y energético son los mayores usuarios del recurso en el país, con una participación agregada del 68,1 %. El 31,9 % restante, se distribuye de manera regular entre los sectores doméstico, pecuario, acuícola, industria, hidrocarburos, minería y servicios (IDEAM, 2015).

Gráfica 3-1
Distribución sectorial de la demanda hídrica en Colombia



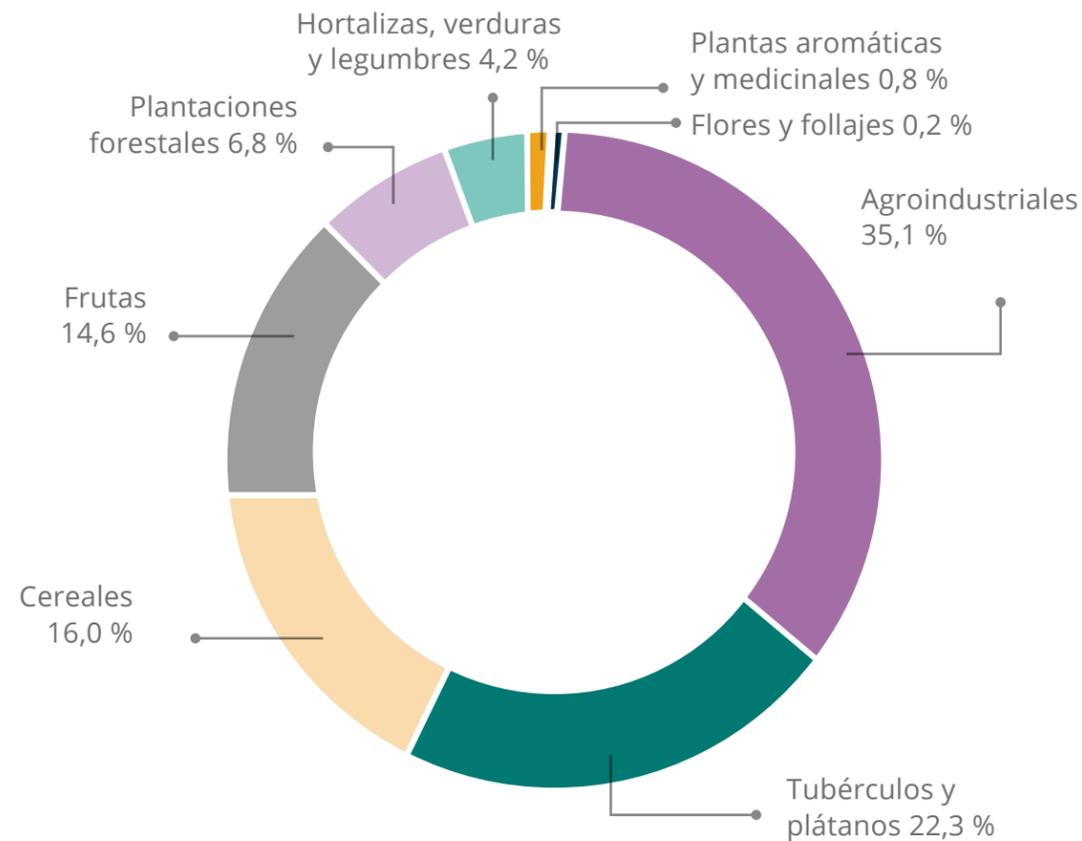
A continuación, se presenta una síntesis de los hallazgos y resultados principales para los sectores agrícola, pecuario, agua potable y saneamiento básico, industrial manufacturero y minero.

3.1.1

Sector agrícola

Colombia cuenta con 8.577.010 hectáreas sembradas entre cultivos permanentes, transitorios, forrajeros y plantaciones forestales, distribuidas en grandes grupos de cultivos como se muestra en la Gráfica 3-2 (DANE, 2016). En estas áreas se encuentran aproximadamente 41 cultivos permanentes y transitorios, por lo que se considera priorizar aquellos que sean más representativos para el país y que presenten una mayor demanda de agua.

Gráfica 3-2
Participación de los grandes grupos de cultivos en el área total sembrada en Colombia



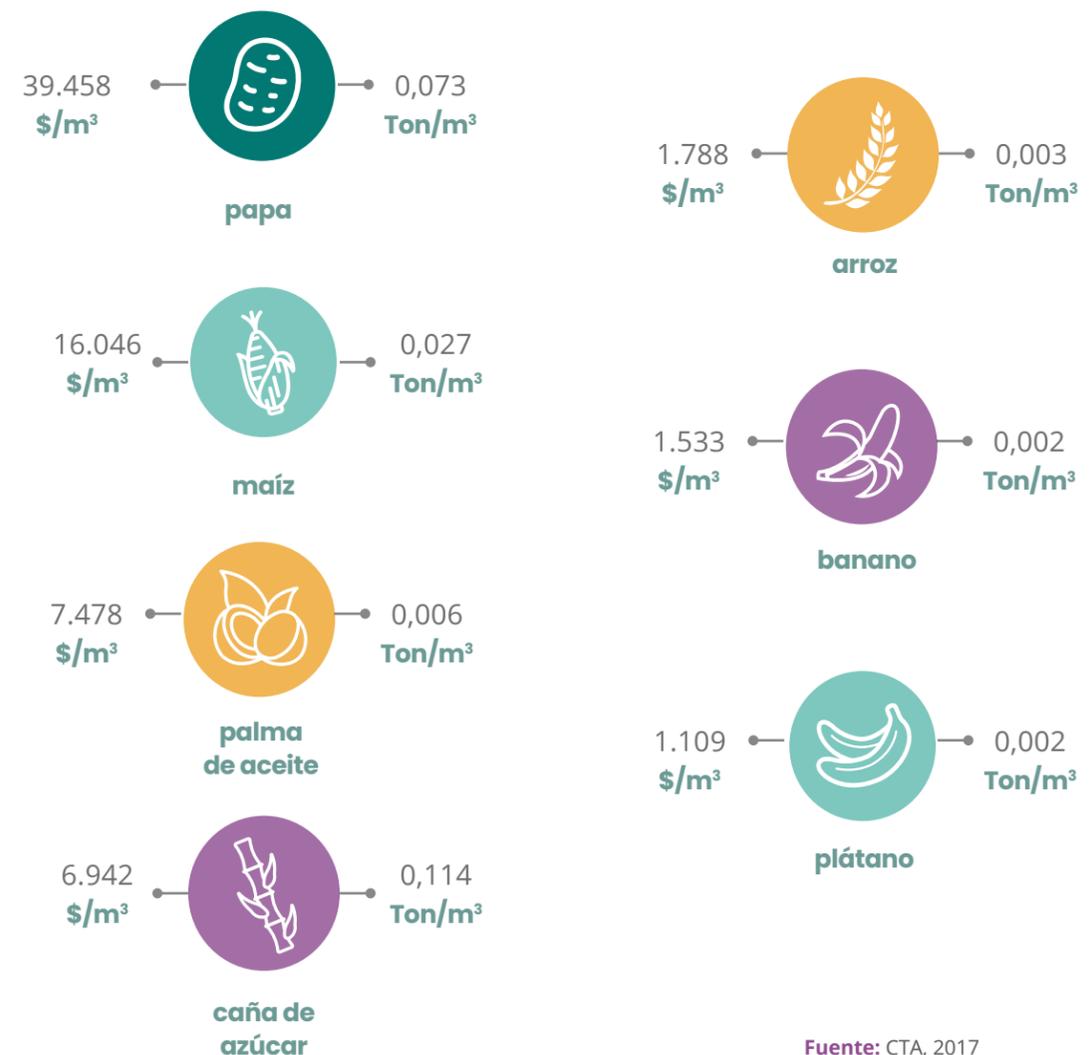
Fuente: DANE, 2016

Se priorizaron 10 cultivos que presentan una mayor influencia en el recurso hídrico: arroz, maíz, flores, banano, palma de aceite, papa, plátano, caña de azúcar, pastos de corte y pastos de forraje, los cuales utilizan el 84 % del agua de riego del país. Los pastos de corte son los grandes consumidores del recurso hídrico, con un requerimiento de riego de 1.744,8 millones de m³, seguido de los cultivos permanentes de palma de aceite (975,7 millones de m³), plátano (938,3 millones de m³) y caña de azúcar (774,9 millones de m³), mientras que el arroz

de riego, corresponde al cultivo transitorio con mayor uso de agua con 444,5 millones de m³ de requerimiento de riego (IDEAM, 2015).

La productividad del agua, tanto económica como física, presentó diferencias importantes por tipo de cultivo priorizado, cuyos resultados se muestran en la Gráfica 3-3. El cultivo de mayor productividad económica es la papa, con un valor de 39.458 \$/m³, muy superior a los demás cultivos analizados. En cuanto a la productividad física, la caña de azúcar es la que reporta mayores valores con 0,114 ton/m³.

Gráfica 3-3
Productividad económica por cultivo (\$/m³) y física por cultivo (ton/m³)

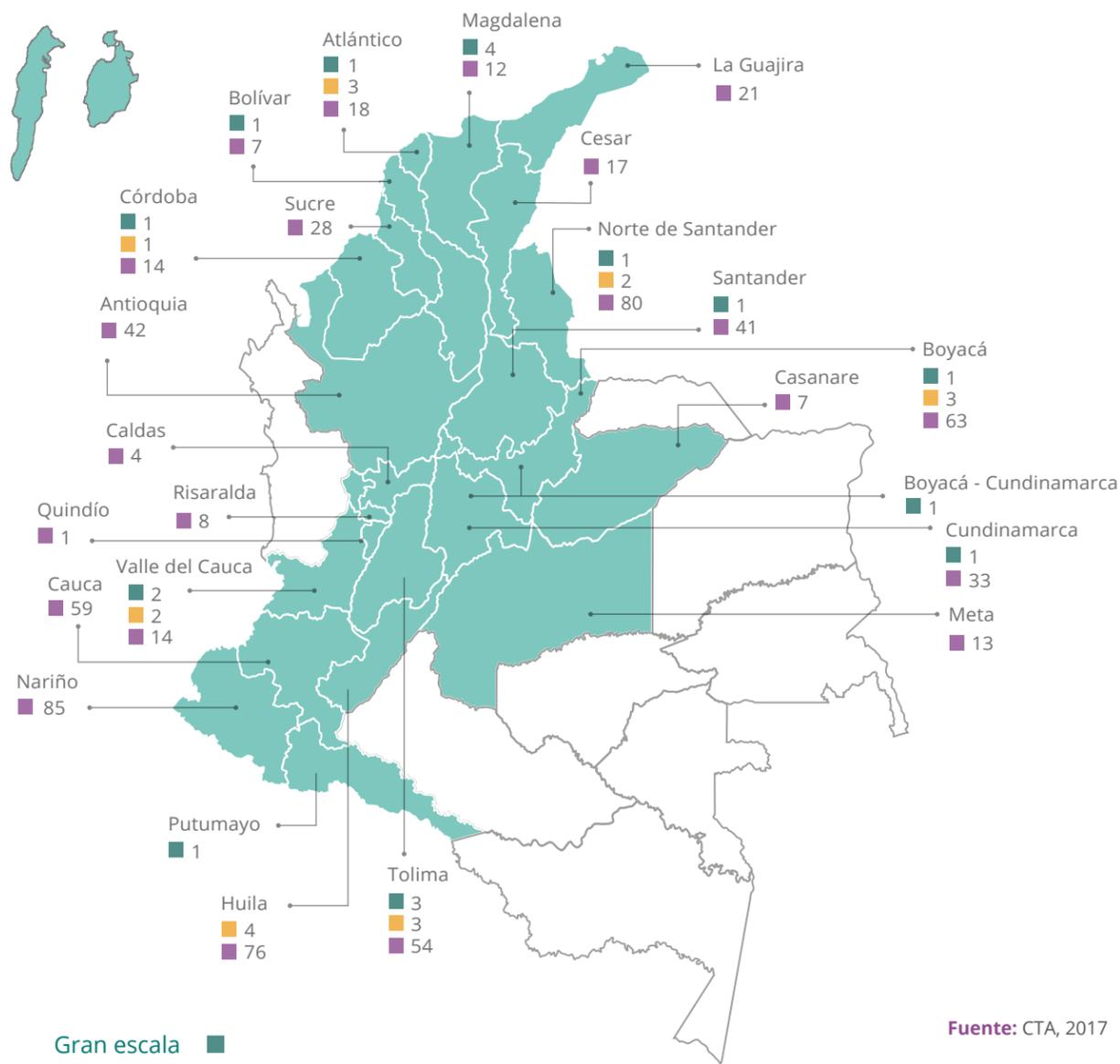


Fuente: CTA, 2017

La eficiencia en el uso del agua para el sector agrícola está directamente relacionada con la eficiencia en los sistemas de riego y sus métodos de aplicación. Los distritos de riego son considerados un servicio público desde la Ley 41 de 1993⁴ y están regulados en el marco jurídico ambiental y agrícola. La Agencia de Desarrollo Rural (ADR), encargada de ejecutar la política de desarrollo

agropecuario y rural, identificó 733 distritos de riego en 2017 distribuidos en el territorio nacional (ADR, 2017). Predomina la categoría de distritos de riego⁵ de pequeña escala (697), sobre los de gran escala (18) y mediana escala (18), como se presenta en la Gráfica 3-4, aunque por su magnitud aquellos a gran escala presentan mayores impactos sobre lo productivo.

Gráfica 3-4
Distritos de adecuación de tierras por departamento en Colombia



Fuente: CTA, 2017

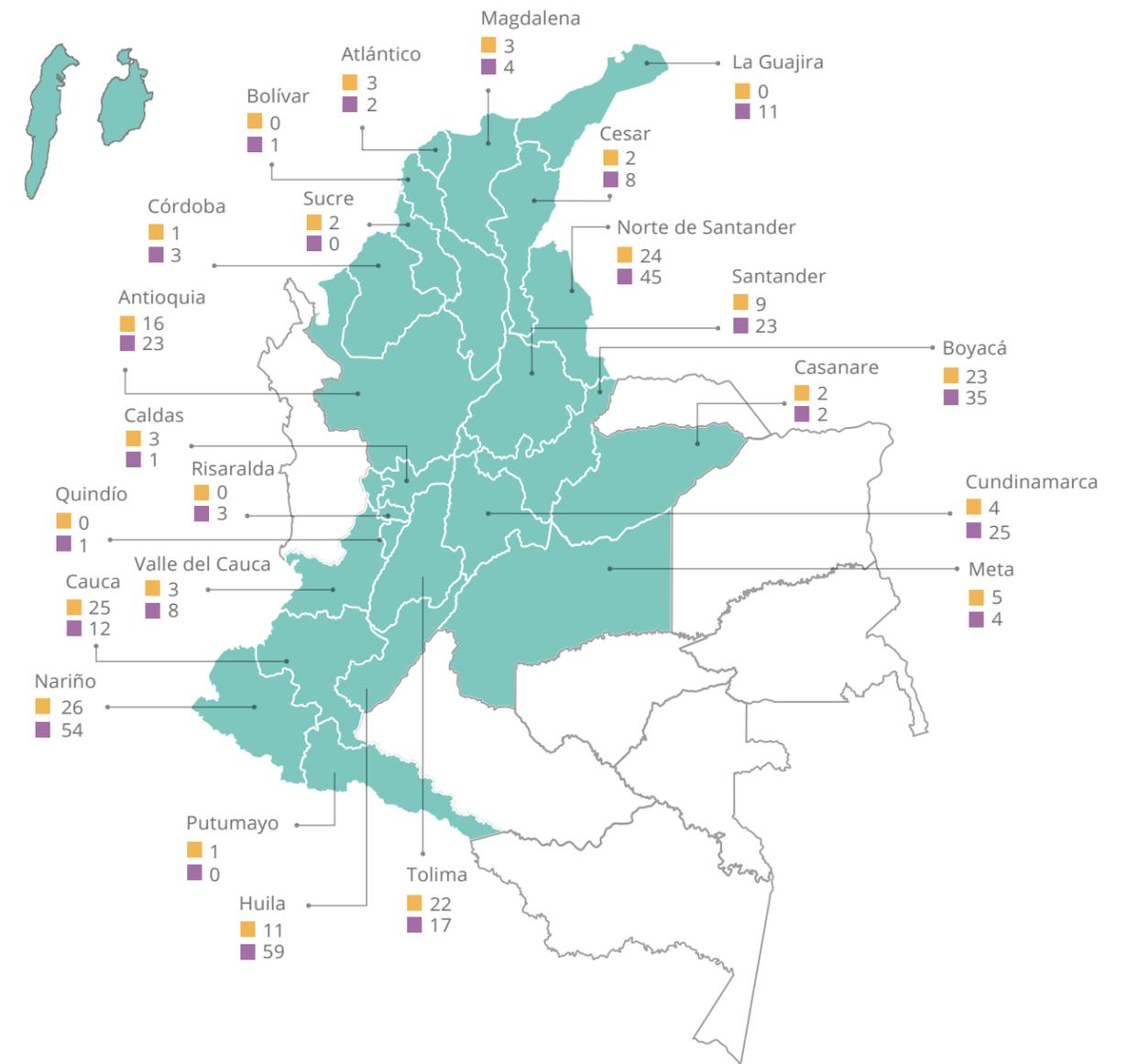
4. Por la cual se organiza el subsector de adecuación de tierras y se establecen sus funciones.
5. Gran escala (mayores a 5.000 hectáreas); mediana escala (entre 500 y 5.000 hectáreas); pequeña escala (menores a 500 hectáreas).

Gran escala ■
Mediana escala ■
Pequeña escala ■

De los distritos reportados por la ADR, 526 se encuentran en funcionamiento y solo 341 de ellos cuentan con concesión de aguas, como se observa en la Gráfica 3-5. También se encontró que,

solo para 13 distritos de mediana y gran escala se tienen algunas mediciones para la estimación de la eficiencia y la productividad del agua.

Gráfica 3-5
Distritos de adecuación de tierras con concesión y sin concesión de aguas por departamento en Colombia



■ Sin concesión de aguas
■ Con concesión de aguas

Fuente: CTA, 2017

Bajo este contexto, se estimó que el país tiene una demanda hídrica total para el sector agrícola de 16.760,3 millones de m³ y un requerimiento de riego de 6.942,4 millones de m³. Estos valores indican unas pérdidas del 59 % y una eficiencia en el uso del agua del 41 % (IDEAM, 2015).

En cuanto a los vertimientos generados por el sector agrícola, se deben principalmente por el uso de fertilizantes y plaguicidas y su descarga es de manera difusa a través del terreno y no concentrada en un punto. Colombia es el país con mayor consumo de fertilizantes por hectárea cultivada en Suramérica y su uso continúa en aumento de manera exponencial. El agricultor no hace un uso eficiente de los fertilizantes, al aplicar cantidades superiores a las requeridas por falta de información técnica. La

carga de nitrógeno, fósforo y otras en el vertimiento genera problemas de eutrofización en las aguas superficiales (ríos, lagunas, embalses, etcétera) y afecta su disponibilidad a lo largo de la red de drenaje.

La práctica del reúso del agua en el sector agrícola ha venido en aumento, al ser una alternativa muy viable en regiones con escasas de agua, especialmente en cultivos de productos que son procesados antes de su comercialización o que no son directamente consumidos por el hombre. En el mundo se cuenta con una amplia variedad de sistemas y tipos de tratamiento de agua, según los diferentes usos. Sin embargo, en Colombia, los casos de reúso de agua residual son pocos, con algunas experiencias en cultivos forestales, frutales, industriales, forrajes, hortalizas, entre otros.

3.1.2 Sector agua potable y saneamiento básico

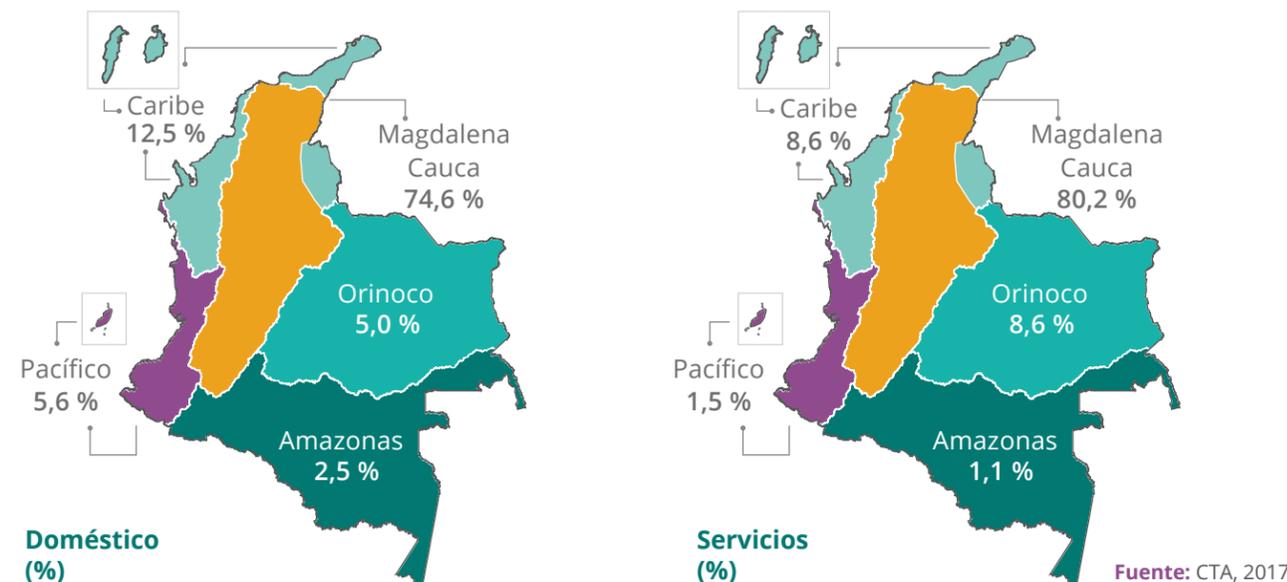
La Ley 142 de 1994⁶, establece lo relacionado con el servicio público domiciliario de agua potable, como un conjunto de elementos tendientes a la distribución municipal de agua apta para el consumo humano, incluida las líneas de conducción, conexión y medición. El agua potable es utilizada en actividades relacionadas con el consumo directo, la preparación de alimentos de consumo inmediato y en general, para la satisfacción de necesidades domésticas, individuales o colectivas. Los usos anteriores también incluyen el subsector servicios, el cual se refiere a las actividades comerciales e institucionales.

El Estudio Nacional del Agua (ENA) 2014 reportó que la demanda de agua para el uso doméstico y de servicios es de 3.445,2 millones de m³ que equivalen al 9,5 % de la demanda hídrica nacional. De esta demanda, 2.963,4 millones de m³ corresponde al uso doméstico y 481,8 millones de m³ al uso de las actividades relacionadas con servicios (IDEAM, 2015). En general, la mayor demanda de agua para uso en este sector se realiza en el área hidrográfica del Magdalena Cauca y la menor demanda en la del Amazonas, como se observa en la Gráfica 3-6.

6. Ley 142 de 1994, por la cual se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios y se dictan otras disposiciones.



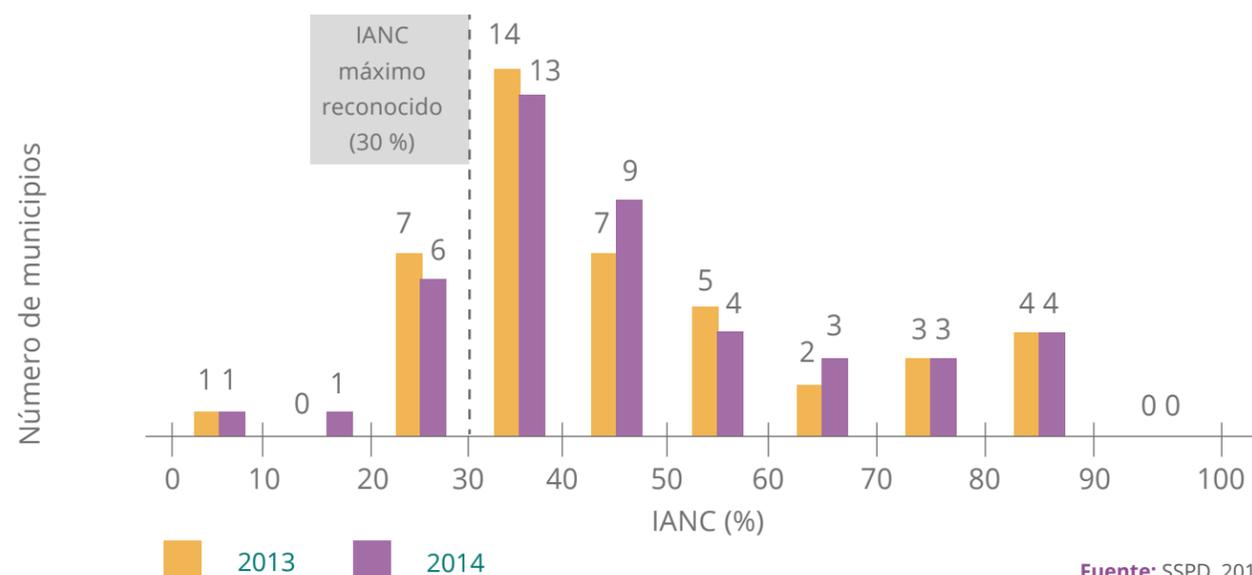
Gráfica 3-6 Distribución de usos de agua por áreas hidrográficas



El indicador de pérdidas usado comúnmente en el país ha sido el índice de agua no contabilizada (IANC). Al respecto, la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico (CRA), estableció que el nivel máximo de pérdidas de agua admisibles para el cálculo de las tarifas de prestación del servicio de acueducto

debe ser del 30 %. Sin embargo, en los años 2013 y 2014 aproximadamente el 82 % de los municipios estaban por encima de este límite, como se observa en la Gráfica 3-7, lo cual indica la eficiencia con la que se presta el servicio a los usuarios y los sobrecostos que deben asumir los prestadores.

Gráfica 3-7 Índice de agua no contabilizada (IANC) (%) de 44 municipios 2013 y 2014



3.1.3 Sector industrial manufacturero

Con el objetivo de determinar la eficiencia y la productividad del agua en el sector industrial, el estudio analizó la información de la demanda hídrica generada por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) en el ENA 2014 correspondiente al año 2012 y por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) en la Encuesta Nacional Manufacturera para los años 2013, 2014 y 2015. La Tabla 3-1 muestra que la principal fuente de captación del sector industrial manufacturero fue el agua superficial (60,3 %), seguida del agua suministrada por las empresas de acueducto y el uso de agua subterránea.

Tabla 3-1
Demanda de agua y fuentes de abastecimiento usadas por los establecimientos industriales manufactureros 2012 a 2015

Año	Demanda de agua (Mm ³)	Fuente de captación			
		Aguas superficiales	Agua suministrada por empresas de acueducto	Agua subterránea	Otras captaciones
2012	259,55	SD	SD	SD	SD
2013	273,9	59,5 %	22,5 %	16,9 %	1,1 %
2014	289,4	60,5 %	21,6 %	16,7 %	1,2 %
2015	288,1	60,8 %	21,3 %	16,7 %	1,2 %
Promedio	277,7	60,3 %	21,8 %	16,7 %	1,2 %

Fuente: CTA, 2017

Datos fuente: año 2012 IDEAM, 2015 y años 2013, 2014 y 2015 DANE, 2015
Nota: "Otras captaciones" incluye lluvia, agua de mar y agua en carro tanque
SD: sin datos
Mm³: millones de metros cúbicos

La demanda hídrica del sector industrial corresponde al 5,9 % del total nacional, ubicándose como el quinto sector con mayor demanda hídrica. El área hidrográfica del Magdalena-Cauca concentró el 97,29 % de la demanda del sector industrial (IDEAM, 2015).

Para poder realizar una priorización del sector, se analizó con la información y nivel de detalle disponible, las clases industriales que realizan mayor presión sobre el recurso hídrico, es decir aquellas de mayor demanda de agua, mayor volumen de agua vertida y mayores cargas contaminantes generadas.

Las industrias clasificadas en el sector de alimentos, bebidas y tabaco fueron las que presentaron un mayor consumo de agua entre los años 2013 a 2015, seguido de la fabricación de papel y actividades de edición e impresión, y la producción de sustancias y productos químicos. Estas tres agregaciones de grupos industriales utilizaron más del 73,1 % del volumen total de agua del sector. Igualmente, estos tres grupos de sectores industriales fueron los de mayor generación de volumen de agua residual, vertiendo más del 72,8 % del total del sector.

3.1.4 Sector minero

En Colombia, según el Censo Minero se hace extracción de aproximadamente 22 minerales (Ministerio de Minas y Energía, 2012), sin embargo, no todos cuentan con la misma representatividad en términos hídricos y económicos. El estudio priorizó la minería de oro y del carbón partir de criterios como la distribución espacial, relevancia económica, temas reputacionales, relación con el recurso hídrico y disponibilidad de información (producción, uso y consumo de agua y vertimientos).

La estimación de la cantidad de agua total usada en la minería de oro y carbón representa el 1,8 % de la demanda hídrica total (IDEAM, 2015), sin embargo, la base de información obtenida para dichos análisis, puede subestimar la demanda real de agua (CTA, 2018a). Por lo tanto, este sector puede tener una mayor participación en el consolidado nacional y a nivel de cuenca tener mayor incidencia en indicadores como el Índice de Uso de Agua (IUA), el Índice de Agua no Retornada a la Cuenca (IARC) o el Indicador de Alteración Potencial de la Calidad de Agua (IACAL) reportados en el ENA. Lo an-

terior, puede cambiar el análisis de este sector y los conflictos por el uso del recurso; sumado a la dificultad de contar con información sobre los requerimientos hídricos para obtener los demás minerales.

En cuanto a los vertimientos, en el ENA 2014 se estimó para el año 2012 una carga vertida de 205 toneladas de mercurio al suelo y al agua (IDEAM, 2015), de los cuales el 72,5 % se relacionan al beneficio de oro. Por su parte, en el estudio de la cadena del mercurio en Colombia, con énfasis en la actividad minera de oro, se estimó una descarga de 187 toneladas de mercurio (UPME, 2014). Así mismo, es importante resaltar que los resultados de caracterización de vertimientos de 41 minas de oro y 17 minas de carbón distribuidas en todo Colombia, evidencian otras sustancias que anteriormente no habían sido evaluadas, entre ellas, metales pesados como el cromo, plomo, zinc, cobre, arsénico, níquel, los cuales pueden tomar mayor importancia una vez entre en vigencia la prohibición del uso del mercurio para el caso de la minería de oro (UPME, 2015).

3.1.5 Temas críticos para la productividad del agua

Entre los principales factores que limitan la eficiencia y productividad en el uso del agua, la generación de vertimientos y el bajo reúso del agua residual tratada en el sector agrícola, se destacan los siguientes: i) deficiencia en la generación de información, apropiación y transferencia del conocimiento; ii) ausencia de tecnologías para el uso eficiente del agua; iii) debilidad institucional y falta de articulación entre entidades competentes; iv) carencia de articulación entre el ordenamiento territorial

y el ordenamiento productivo; v) normatividad laxa y dispersa con ausencia de incentivos y débiles instrumentos económicos; vi) vulnerabilidad y baja adaptación al cambio y variabilidad climática; vii) alta heterogeneidad de la oferta hídrica en el territorio colombiano; viii) diversidad en los modos de producción con baja asociatividad, conflictos latifundio-minifundio e informalidad en la propiedad de la tierra; y ix) aspectos socioculturales asociados con la baja conciencia ambiental (CTA, 2018a).

En relación al sector de agua potable y saneamiento básico, se identificaron los siguientes factores con mayor incidencia en la alta demanda de agua y la ineficiencia en la prestación del servicio de acueducto y sus altas pérdidas: i) deficiencias en la operación y mantenimiento de los sistemas de acueducto y alcantarillado; ii) baja inversión en dichos sistemas; iii) poca efectividad en la vigilancia y el control de pérdidas; iv) dispersión en la normatividad y deficiencia en los instrumentos económicos; v) debilidad institucional para el control y falta de visión regional; vi) heterogeneidad en la disponibilidad hídrica, deterioro de la calidad del agua y vulnerabilidad al cambio climático; y vii) aspectos socioculturales asociados a las dificultades para la medición y a la cultura del no pago (CTA, 2018a).

Al tener en cuenta la presión ejercida sobre el recurso hídrico en cuanto a cantidad y calidad por parte de la industria manufacturera, se identifican los siguientes factores que inciden en la eficiencia y productividad del agua dentro del sector: i) poca valoración de oportunidades de mercados sostenibles y precios del agua que no motivan a un uso eficiente del recurso; ii) patrones de consumo nacionales que no consideran el desempeño ambiental de los productores; iii) baja investigación y desarrollo que limita la innovación; iv) heterogeneidad en disponibilidad hídrica para su cantidad y calidad; v) baja implementación de procesos de producción sostenible, asociado a sus costos y al

desconocimiento de sus beneficios; vi) poca efectividad en la implementación de los instrumentos económicos como las tasas o de acceso a beneficios tributarios y financieros; vii) falta monitoreo de cantidad y calidad del agua utilizada en los procesos productivos y en la generación de vertimientos; y viii) sistemas de información nacional y regional del agua (CTA, 2018a).

Finalmente, el diagnóstico identificó los siguientes factores que inciden en la eficiencia, la productividad del agua y la reducción de los vertimientos en el sector minero, los cuales fueron priorizados con los actores involucrados en el estudio: i) vacíos en la disponibilidad de información confiable y sistemática y deficiencias en la transferencia del conocimiento; ii) baja implementación de los procesos de producción sostenible y de tratamiento de aguas residuales; iii) limitados instrumentos económicos para minería de subsistencia y de pequeña escala; iv) debilidad institucionalidad, principalmente en el control por parte de las autoridades ambientales; v) vacíos normativos en el reúso del agua en el sector minero y en la aplicación de los instrumentos de control ambiental; vi) heterogeneidad en disponibilidad hídrica en cantidad y calidad; vii) aspectos socioculturales que dificultan implementar esquemas de uso sostenible en escalas más pequeñas; y viii) falta capacitación y formación de los mineros de subsistencia y los pequeños mineros (CTA, 2018a).



3.2 Recomendaciones de política

Por la transversalidad que tiene el recurso hídrico, se consideró pertinente desarrollar propuestas que atiendan los diferentes sectores, pero a su vez propuestas intersectoriales, dado el alcance y sus impactos sobre sectores como:

agrícola, pecuario, industrial, doméstico y minero, al tomar como criterio instrumentos económicos y voluntarios de cara al mejoramiento de la productividad y el uso eficiente del agua en el país (CTA, 2018b).

3.2.1 Recomendaciones transversales

Se definieron dos líneas estratégicas de aplicación intersectorial. La primera relacionada con los instrumentos económicos, en la que se incluyeron tres acciones:



La segunda línea estratégica aborda el reúso de agua residual tratada, en la que se propuso modificar la Resolución 1207 de 2014 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MinAmbiente), para facilitar y promover prácticas de reúso en los diferentes sec-

tores, que incluya la recuperación de los costos del tratamiento por parte del generador, un proceso administrativo eficiente para los permisos ambientales y la racionalización de los requerimientos sobre las actividades y parámetros de calidad.

3.2.2 Productividad del uso del agua en el sector agropecuario

El estudio propone dos líneas estratégicas. La primera para el fortalecimiento de la gestión del recurso hídrico basado en modelos dinámicos

de oferta y demanda de agua, a través de:

Usar tecnologías de la información para mejorar la gestión del recurso hídrico.



Ampliar la naturaleza de los distritos de adecuación de tierras, que incluya los distritos de manejo de tierras como mecanismo para mejorar la retención y almacenamiento de agua en el suelo.

La segunda línea estratégica para el apoyo técnico y financiero con enfoque de asociatividad se basa en establecer líneas de crédito



agroambiental como un instrumento que ayude a los pequeños y medianos productores a orientar sus inversiones al uso eficiente del agua para el aumento de su productividad.

3.2.3 Productividad del uso del agua y eficiencia en el tratamiento de aguas residuales en el sector agua potable y saneamiento básico

Para el sector de agua potable y saneamiento básico, la consultoría determinó cuatro líneas estratégicas, con sus respectivas acciones:

La primera línea estratégica prioriza la renovación tecnológica y el fortalecimiento de capacidades para la selección y operación de las Plantas de Tratamiento de Agua Residual (PTAR) urbanas, para lo cual, es necesario implementar un mecanismo de soporte técnico con la

participación de entidades gubernamentales nacionales, regionales, autoridades ambientales, universidades y centros de investigación.

La segunda línea estratégica busca la implementación de esquemas regionales por provincias al interior de los departamentos para as-

pectos técnicos especializados de la prestación de los servicios de acueducto y alcantarillado, para lo que se recomienda disponer de oferta institucional para facilitar la regionalización de los servicios de acueducto y alcantarillado para la reducción de pérdidas y el tratamiento de agua residual.

La tercera línea estratégica se enfoca en incluir en la evaluación de la prestación de los servicios de acueducto y alcantarillado la eficiencia en el tratamiento de agua residual, para lo que es necesario incluir en el indicador inte-

gral de evaluación de riesgo de los prestadores de acueducto y alcantarillado, la eficiencia de remoción de contaminantes en el tratamiento de aguas residuales.

La última línea estratégica se relaciona con mejorar el conocimiento de los usuarios sobre el funcionamiento y finanzas de los servicios de acueducto y alcantarillado, a través de promover el control social y la participación para la adecuada prestación de los servicios de acueducto y alcantarillado mediante el conocimiento, con un enfoque de derechos y deberes.

3.2.4 Productividad del uso del agua en el sector industrial

Para este sector se propuso una línea estratégica enfocada en generar mecanismos que impulsen cambios en las prácticas de manejo de agua de las empresas, para lo que se recomienda:



Facilitar la difusión y transferencia de buenas prácticas entre las empresas nacionales y entre centros de investigación y el sector industrial.



Promover que las grandes empresas requieran y acompañen a sus proveedores en la implementación de buenas prácticas para el manejo del agua y el reemplazo de materias primas e insumos contaminantes.



Vincular las iniciativas de implementación de prácticas de producción más limpia con los programas para promover la competitividad del sector industrial.



Promover la cooperación e integración entre empresas para facilitar las prácticas que mejoren la gestión del recurso hídrico en los procesos productivos.

3.2.5 Productividad del uso del agua y reducción de la contaminación del sector minero

Respecto al sector minero, se propusieron tres líneas estratégicas. La primera línea se enfoca en la generación de información para la gestión integral del recurso hídrico con énfasis en el control de la contaminación, a través del diseño e implementación de redes locales para el monitoreo del recurso hídrico en zonas con actividad minera.

La segunda línea está orientada en la capacitación, apoyo técnico e incentivos para fomentar la asociatividad y formalización de mineros a pequeña escala, mediante el desarrollo de programas de

formación, apoyo técnico, financiero y garantías jurídicas para la asociatividad y la formalización de mineros de subsistencia y pequeños mineros.

La tercera línea estratégica presenta la creación de un crédito minero ambiental como instrumento que ofrece capital financiero a pequeños productores formales o que se formalicen, con posibilidad de reducción en las tasas de interés bajo el cumplimiento de metas, para lograr inversiones orientadas a la reducción de vertimientos a los cuerpos de agua.

3.3 Metas e indicadores

Las metas propuestas en el estudio surgieron de un proceso de discusión con los actores involucrados en el mismo, con el fin de dar respuesta a las necesidades del país en la materia. Sin embargo, la consultoría resalta que se requiere

una discusión más amplia sobre los alcances y el planteamiento de los escenarios previsibles de cara a los planes de ordenamiento y desarrollo territorial. En la Tabla 3-2 se presentan los indicadores más relevantes.

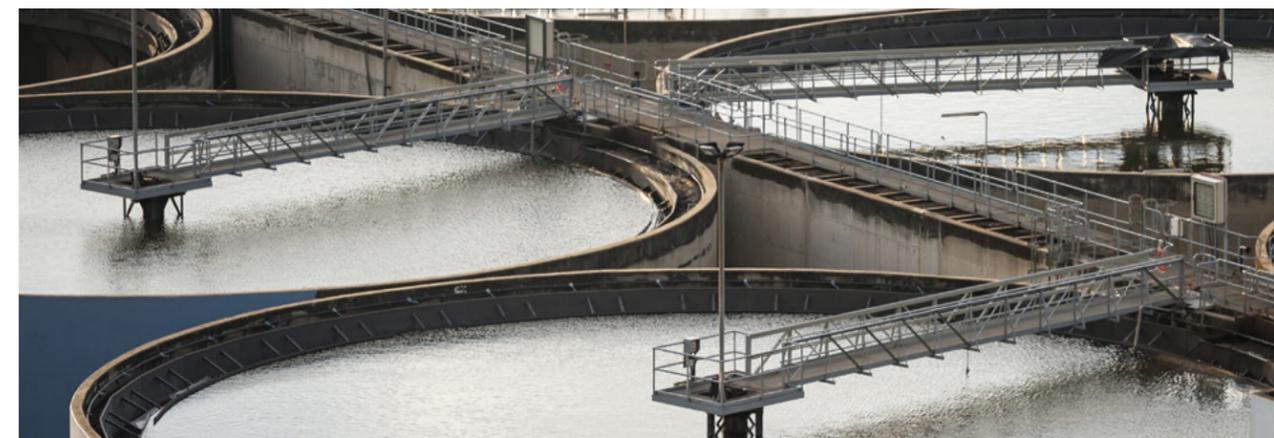
Tabla 3-2
Indicadores y metas relacionados con la productividad del agua, eficiencia en el tratamiento de aguas residuales y reúso del agua en Colombia

Línea estratégica / Propuesta	Nombre del indicador	Línea Base (año)	Metas		
			2022	2026	2030
Intersectorial Instrumentos económicos.	Tasa de cobertura del sistema de medición y verificación: muestra el porcentaje de los usuarios sujetos de cobro por Tasa por Uso del Agua (TUA) y Tasa Retributiva (TR) que cuentan con sistemas de medición que permiten verificar el auto reporte.	Sin línea base	---	100 %	100 %
	Área protegida para conservación de cuencas abastecedoras: corresponde al tamaño del área protegida con programas de Pagos por Servicios Ambientales (PSA).	58.800 Hectáreas	---	---	1.000.000 Hectáreas

Línea estratégica / Propuesta	Nombre del indicador	Línea Base (año)	Metas		
			2022	2026	2030
Intersectorial Promover el reúso de agua residual tratada.	Tasa de crecimiento de usuarios receptores de agua residual tratada.	Sin línea base	5 %	10 %	15 %
Sectores agropecuario y minería Instrumentos financieros sectores agropecuario y minas.	Tasa de cumplimiento de metas: da cuenta del porcentaje de productores financiados con el crédito agroambiental y el crédito minero ambiental que cumplen las metas establecidas y logran reducción de la tasa de interés.	Sin línea base	Agro: 85 % Minas: 25 %	Agro: 90 % Minas: 50 %	Agro: 95 % Minas: 75 %
Sector agua potable Renovación tecnológica para PTAR urbanas.	Prestadores que reciben soporte técnico sobre PTAR por un comité interinstitucional conformado por entidades nacionales y locales, universidades e institutos de investigación.	0	30	142	284 ⁷
Sector industria Generar mecanismos que impulsen cambios en las prácticas de manejo del agua de las empresas.	Número de empresas que evalúan el desempeño de sus proveedores en cuanto al uso eficiente y la contaminación del agua.	Sin línea base	10	30	96

Fuente: CTA, 2018

7. Es el 80 % del número de municipios con poblaciones entre 10.000 y 300.000 habitantes (DNP, n.d.) en los que está la mayor necesidad de fortalecimiento de capacidades sobre tratamiento de aguas residuales. Las metas intermedias están calculadas como porcentajes de este valor.



4 PRODUCTIVIDAD EN EL USO DE LA TIERRA

De acuerdo con las cifras de la Evaluación del Potencial de Crecimiento Verde (DNP, Fedesarrollo, GGGI y PNUMA, 2017) en Colombia, la productividad de la tierra es de tan solo 33.000 US\$/Km² de tierra arable. Esta cifra es muy baja comparada con la del promedio de países de ingresos medio alto (86.000 US\$/Km²) y la de los países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) (179.000 US\$/Km²).

Adicionalmente, la agricultura y la ganadería tienen grandes impactos en el suelo, en el agua y generan emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Por solo mencionar algunas cifras, según (IDEAM, PNUD, MinAmbiente y DNP, 2016) el sec-

tor AFOLU⁸ contribuye con el 61,2 % del total de emisiones de GEI correspondientes al año 2012.

Por lo anterior, la Misión de Crecimiento Verde priorizó este eje temático como uno de los más relevantes para encaminar al país hacia una mayor eficiencia en el uso de recursos naturales y menor impacto ambiental. Bajo este marco, se realizó el estudio Productividad de la tierra y rendimiento del sector agropecuario medido a través de los indicadores de crecimiento verde con el objetivo de caracterizar el estado actual de los indicadores de crecimiento verde para diferentes sistemas productivos e identificar las opciones tecnológicas que permitiesen mejorar dichos indicadores.

Este estudio de la Misión de Crecimiento Verde permitió realizar unas recomendaciones generales para el sector agropecuario, teniendo como objetivo potencializar la productividad de la tierra y el rendimiento del sector en el marco de los indicadores de crecimiento verde en cinco cultivos priorizados: cacao, café, aguacate, papa y pastos, relacionados con siete sistemas productivos, teniendo en cuenta que los pastos corresponden a los sistemas de ganadería de leche, doble propósito (DP) y carne.

4.1 Diagnóstico

A pesar de que la agricultura ha pasado de una participación en el PIB de 22 % a finales de los años 70 a 7 % en 2015, las perspectivas futuras de crecimiento de la demanda mundial de alimentos, y las exportaciones agrícolas y agroindustriales hacen de este sector uno de los potenciales motores de crecimiento en Colombia para las próximas décadas (DNP, Fedesarrollo, GGGI y PNUMA, 2017).

De acuerdo con (DNP, Fedesarrollo, GGGI y PNUMA, 2017) el sector agrícola tendrá un crecimiento promedio de 2,5 % anual en los próximos quince años y se espera que se incremente en 43,8 % la cantidad de hectáreas sembradas respecto a 2015 (DNP, Fedesarrollo, GGGI y PNUMA, 2017). Según el Censo Nacional Agropecuario de 2014, Colombia tiene 38,6 % del suelo destinado a actividades agropecuarias, sin embargo, la distribución de la tierra es altamente inequitativa ya que el 0,4 % de las Unidades de Producción Agropecuaria (UPA) mayores a 500 hectáreas representan el 77,3 % del área.

Adicionalmente, el nivel de tecnificación de la agricultura en Colombia es bajo, lo que se evidencia en que el 83,6 % de las UPA no tiene maquinaria agrícola y el 66,7 % no utiliza riego; además, las capacidades técnicas y financieras también presentan grandes retos con un 83,5 % de las UPA sin asistencia técnica y un 89,3 % sin solicitud de crédito. En cuanto a los aspectos ambientales, 33,5 % de las UPA tiene dificultad para acceder al agua para actividades agropecuarias por cuestiones de escasez, en su gran mayoría en la región Caribe.

Para realizar los análisis del estudio, se priorizaron siete sistemas productivos (cacao, café, aguacate, papa y ganadería de leche, doble propósito y carne) con base en las brechas de rendimiento entre Colombia y el promedio mundial, el área sembrada y la tasa de crecimiento del área sembrada en los últimos años, la generación de empleo, criterios ambientales (huella hídrica y emisiones de GEI) y la participación del pequeño productor.



8. La sigla AFOLU corresponde en inglés a "agriculture, forestry and other land use, y, en español, agricultura, silvicultura y otros usos del suelo. El término proviene de las guías elaboradas en 2006 por el Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés) para estandarizar los cálculos de emisiones y capturas de GEI en el marco de sus inventarios nacionales.

4.1.1 Línea base a escala nacional por sistema productivo

En materia de rendimientos, Colombia tiene grandes oportunidades para mejorar en cacao, aguacate, papa, leche y carne, como se puede ver en la Tabla 4-1. En cuanto a los rendimientos de café, Colombia presenta un buen desempeño si se compara con otros países que producen cafés suaves como México, países de Centroamérica y Kenia, y, de hecho, este cul-

tivo presenta buen comportamiento en la mayoría de los indicadores, aún cuando existe un margen considerable para mejorar en aspectos relacionados con manejo del agua y del suelo. Es importante tener en cuenta que, gran parte de este buen desempeño en rendimiento se ha logrado como resultado de los programas de renovación de cafetales en años recientes.

Tabla 4-1
Indicadores de crecimiento verde a nivel nacional para sistemas productivos seleccionados

Indicador	Leche	DP	Carne	Cacao	Café	Aguacate	Papa	Unidad
1. Rendimiento	7,35	2,63	500,00	0,53	1,03	6,50	15,94	Depende del sistema productivo ¹
2. UPA con asistencia técnica en buenas prácticas (BPA/BPP)	5,05 %	5,21 %	3,40 %	9,75 %	40,34 %	15,87 %	6,97 %	%
3. UPA certificadas en buenas prácticas (BPA/BPG)	1,37 %	0,83 %	0,17 %	0,22 %	0,00 %	1,45 %	0,06 %	%
4. Balance de carbono por hectárea		2,20		-2,56	N.D.	-1,55	7,66	Depende del sistema productivo ²
5. Consumo de energía eléctrica en la producción primaria	1,43	Leche: 4,56 Carne: 9,18	5,49	0	N.D.	0	0	Depende del sistema productivo ³
6. UPA con riego	2,18 %	2,30 %	1,40 %	9,59 %	9,18 %	34,71 %	15,87 %	%
7. Nivel de eficiencia actual en el uso del agua en los sistemas de riego	0,54	0,53	0,53	0,57	0,64	0,52	0,72	Índice
8. Productores que fertilizan con productos orgánicos	20 %	21 %	19 %	9,74 %	16,35 %	15,14 %	29,35 %	%
9. Productores que fertilizan con productos inorgánicos	N/A	N/A	N/A	10,44 %	41,18 %	22,14 %	38,51 %	%

Indicador	Leche	DP	Carne	Cacao	Café	Aguacate	Papa	Unidad
10. Productores que aplican enmienda o corrector de acidez al suelo	4 %	3 %	3 %	2,08 %	2,52 %	3,88 %	5,54 %	%
11. Productores que emplean prácticas como la quema para mejorar los suelos	0,5 %	1 %	1 %	0,25 %	0,16 %	0,14 %	0,08 %	%
12. Superficie en conflicto por uso del suelo		73,00 %		61,2 %	N.D.	64,44 %	50,23 %	%
13. Superficie afectada por erosión		0,298		0,309	0,35	0,35	0,36	Índice (0 a 1)
14. Productores que reciben asistencia técnica								
a. Sobre técnicas de producción	17,6 %	16,5 %	15,3 %	10,62 %	42,07 %	17,0 %	8,99 %	%
b. Sobre manejo ambiental	1,83 %	2,70 %	2,31 %	1,63 %	1,90 %	1,59 %	1,05 %	%
c. Sobre manejo del suelo	2,58 %	2,52 %	2,01 %	1,25 %	3,06 %	2,51 %	1,56 %	%
15. Implementación de prácticas para el uso eficiente de los recursos naturales								
a. Manejo del agua	1,17 %	2,98 %	2,5 %	0,14 %	0,36 %	0,37 %	0,71 %	%
b. Manejo del suelo	11,37 %	8 %	61,5 %	3,02 %	7,39 %	4,39 %	7,60 %	%
16. Créditos cuya destinación potencial es la mejora tecnológica								
a. Solicitud de crédito	17,72 %	15,90 %	14,20 %	6,03 %	13,79 %	7,71 %	15,6 %	%
b. Aprobación de crédito	89,99 %	87,00 %	88,37 %	88,62 %	91,03 %	89,13 %	93,35 %	%

Fuente: CIAT y CRECE, 2018a

Notas: BPA, Buenas prácticas agrícolas; BPP, Buenas prácticas pecuarias; y BPG, Buenas prácticas ganaderas
 1. Para productos agrícolas está en Ton/Ha-año, para café se trata de Café Pergamino Seco (CPS), para leche y DP está en litros/vaca-día y para carne gramos/animal-día
 2. Ganadería: Ton CO² eq/Ha-año; para los cultivos Ton CO² eq/tonelada de producto Kw/litro de leche.
 3. Kw/Kg en ganancia de peso
 N.D. Información no disponible
 N/A. No Aplica

En cuanto a mitigación del cambio climático, los cultivos como cacao y aguacate tienen un balance favorable de captura de carbono. Mientras que, la contribución a mitigación de sistemas productivos como la papa y ganadería tiene un gran potencial a través de la implementación de tecnologías bajas en carbono. La cobertura de riego es baja en todos los sistemas productivos, exceptuando aguacate Hass. La eficiencia en el uso del agua de riego es muy baja en todos los sistemas, ya que el desperdicio del recurso es aproximadamente de un 50 %. Los cultivadores de papa y los cafeteros sobresalen por el uso de fertilización química.

Las áreas sembradas en Colombia que presentan conflictos por uso del suelo se constituyen en uno de los retos más importantes en el país en materia de política pública. En el caso del cacao, por ejemplo, en regiones como la Amazonía o el Pacífico, este cultivo suele establecerse bajo sotobosque con intensificación muy baja, mínimo manejo y bajo uso de insumos, lo cual se ajusta muy bien a las condiciones de la región y aunque presenta bajos rendimientos, estos ingresos ayudan a la sobrevivencia de muchas comunidades marginadas. En este sentido, será contraproducente aplicar medidas que apunten

a la eliminación de este cultivo en estas zonas desde un punto de vista social, o igualmente medidas para su intensificación, desde un punto de vista ambiental. Otro ejemplo es el cultivo de papa, que es muy intensivo en el uso del suelo sobre todo en prácticas de labranza en movimiento de suelo que, desarrollado en zonas no aptas, incluso con restricciones legales, pone en riesgo áreas estratégicas para la conservación ambiental. Por lo tanto, las acciones en este último caso podrían ser mucho más prioritarias en materia de crecimiento verde.

La asistencia técnica es muy baja en general para todos los sistemas, exceptuando el caso del café que presenta un buen indicador de cubrimiento en asistencia técnica. En términos de crecimiento verde, la asistencia técnica es uno de los grandes retos en la medida que se quiere cerrar la brecha tecnológica con un manejo adecuado de los recursos naturales. Por otra parte, el acceso a crédito en general es bajo, y puede ser una gran barrera para implementar tecnologías que demanden algún grado de inversión. Sin embargo, el nivel de aprobación de crédito es alto, por lo que se debe focalizar en el aumento de la cobertura crediticia.

4.1.2 Opciones tecnológicas verdes priorizadas

Se realizó una revisión de información secundaria sobre opciones tecnológicas que contribuyen a mejorar los indicadores de crecimiento verde (Tabla 4-2). Este listado amplio de opciones tecnológicas sirvió como insumo para priorizar, en consultas con expertos nacionales, la opción

con mayor potencial de impacto en términos de crecimiento verde y posteriormente adelantar un análisis de barreras de implementación de dicha opción en particular. La opción tecnológica priorizada corresponde a la primera de cada tabla y se encuentra resaltada en color morado.



Tabla 4-2
Lista de opciones tecnológicas priorizadas

CAFÉ

1. Adecuada renovación de cafetales (por zona o por siembra) considerando la edad y el momento oportuno. En siembra tener en cuenta la variedad adecuada y la densidad.
2. Adecuada fertilización del cultivo de acuerdo con el análisis de suelo y el ciclo productivo.
3. Utilización de sistemas agroforestales.
4. Promover un manejo diferenciado por lote de acuerdo con las características del suelo.

5. Siembra de material genético de porte bajo y resistentes a la roya y enfermedad de las cerezas del café (CBD), producida por el hongo Colletotrichum Kahawae.

6. Manejo integrado de arvenses (uso de coberturas nobles).

7. Manejo integral de plagas.

8. Reforestación protectora de las riberas de los ríos y quebradas.

9. Promover el acceso a la variedad correcta para nuevas siembras. Bajo esquemas de proyectos incentivar los germinadores comunitarios bajo acompañamiento técnico de los Comités de Cafeteros y supervisión del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA).

10. Siembras con las densidades recomendadas para cada zona.

11. Tratamiento de aguas residuales.

12. Uso de Becosub y Ecomill en despulpado y lavado y tanque tina.

CACAO

1. Buenas prácticas agropecuarias.
2. Riego y drenaje.
3. No hacer la remoción y raspado del suelo en zonas de ladera (no emplear azadón y evitar prácticas inadecuadas).

4. Reforestación con fines protectores de las riberas de los ríos.

5. Material genético.

6. Barreras vivas.

7. Uso de especies maderables fijadoras de nitrógeno.

8. Renovación de plantaciones viejas.

9. Producción orgánica.

10. Energías alternativas.

11. Nuevas siembras.

PAPA

1. Agricultura de conservación⁹.
2. Aprovechamiento de residuos orgánicos.
3. Manejo integrado de plagas con énfasis en el uso adecuado de plaguicidas por zonas.
4. Impulsar un programa de uso eficiente de fertilizantes con énfasis en la actualización de estudios de requerimientos nutricionales de variedades.
5. Uso eficiente del agua.

6. Labranza de conservación.

7. Fortalecer los programas posconsumo de residuos peligrosos de plaguicidas.

8. Protección de las fuentes de recurso hídrico impulsando el cumplimiento de la reglamentación o normatividad a través de formación, educación, fomento de programas de Pagos por Servicios Ambientales (PSA), y regulación y compra de predios para protección de áreas estratégicas.

9. Fortalecimiento de capacidades a nivel de productor en la producción de semilla de buena calidad e incentivar el uso de estas semillas.

10. Continuar con el proceso de formación a tractorista a través del Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA) y fortalecer la educación al productor sobre necesidades de mecanización.

11. Promover la mecanización en diversas labores como respuesta a la disminución de la disponibilidad de la mano de obra.

AGUACATE HASS



1. Manejo integrado de las principales plagas.
2. Nuevas siembras en zonas categorizadas con alta o media aptitud para el cultivo y considerando escalonar la producción.
3. Uso eficiente del agua a través de cálculos de balance hídrico (riego existente).
4. Fertilización con análisis de suelo que incluya fertilización foliar con micronutrientes.
5. Sistemas de riego y drenaje eficientes y acordes a los requerimientos hídricos del cultivo.
6. Adecuaciones del lote. Drenajes en suelos pesados.
7. Podas (formación, mantenimiento y sanitarias) especialmente en plantaciones con altas densidades de siembra.
8. Evitar prácticas inadecuadas en el uso de insecticidas y herbicidas de alta toxicidad.
9. Compra de material en viveros registrados ante el ICA que cumplan con la Resolución ICA 3180 de 2009¹⁰.

GANADERÍA DOBLE PROPOSITO



1. Sistemas silvopastoriles de alta y mediana intensidad.
2. Restauración de ecosistemas naturales y conservación de bosques. Por ejemplo, preservar los servicios del ecosistema, la biodiversidad, la regulación de los recursos hídricos, el almacenamiento de carbono y otros factores, y mantener las funciones productivas en beneficio de la agricultura y demás usos afines de la tierra.
3. Manejo eficiente del recurso hídrico (reforestación con fines protectores de las riberas de los ríos, quebradas y otras fuentes de agua, acueductos ganaderos).
4. Sistema pastoreo racional, con cerca.
5. Mejoramiento genético.
6. Estrategia de manejo del agua en zonas con deficiencia hídrica. Esta medida se enfoca en reservorios artificiales de agua, sin embargo, puede diferir entre regiones ya que las problemáticas pueden ser de diferente naturaleza.
7. Suplementación estratégica animal en periodos críticos y con base en recursos locales.
8. Recuperación de suelos degradados por ganadería.
9. Uso racional de agroquímicos, productos de uso veterinario y para el control de arvenses.
10. Uso eficiente de fertilización mineral y orgánica con énfasis en fertilización orgánica y enmiendas a partir de análisis de suelos.

9. Por agricultura de conservación se entienden aquellos sistemas de labranza mínima basados en tres principios (mínima preparación del suelo, suelo cubierto durante el cultivo y rotación de cultivos con abonos verdes) para solucionar problemas de erosión. Esta definición se toma del proyecto Checua, con el cual, se ha dado cobertura a 157 municipios. Para más detalle ver <https://revistas.unal.edu.co/index.php/gestion/article/view/13990>.

10. Por medio de la cual se establecen los requisitos y procedimientos para la producción y distribución de material de propagación de frutales en el territorio nacional y se dictan otras disposiciones.

GANADERÍA DE CARNE



1. Planificación y zonificación predial de acuerdo con la oferta ambiental.
2. Uso racional de agroquímicos, productos de uso veterinario y para el control de arvenses.
3. Evitar las quemas de residuos vegetales y de potreros.
4. Pastoreo racional, con división de potreros, renovación y manejo.
5. Manejo racional del agua en cosecha y riego.
6. Uso eficiente de fertilización mineral y orgánica con énfasis en fertilización orgánica y enmiendas a partir de análisis de suelos.
7. Reforestación con fines protectores - productores de las riberas de los ríos y cuerpos de agua.
8. Implementación de sistemas silvopastoriles de alta, media y baja intensidad según condiciones y posibilidades de la unidad productiva.
9. Mejoramiento genético enfocado en la producción de carne con razas *bos taurus* x *bos indicus*.

GANADERÍA DE LECHE



1. Mejoramiento de praderas con material adecuado.
2. Mejoramiento genético enfocado a producción de leche.
3. Sistemas silvopastoriles adecuados a la región.
4. Protección de rondas de ríos, quebradas, nacedores, reservorios.
5. Uso eficiente de fertilización mineral y orgánica con énfasis en fertilización orgánica y enmiendas a partir de análisis de suelos.
6. Uso racional de agroquímicos y medicamentos veterinarios.
7. Manejo de ensilaje con subproductos agrícolas y heno.

Fuente: CIAT, CCAFS y CRECE, 2018b



4.1.3 Temas críticos para la productividad de la tierra

Frente a cada opción tecnológica con mayor potencial de impacto en términos de crecimiento verde priorizada, se realizó un ejercicio de identificación de las barreras asociadas a estas y, posteriormente, una validación, a través de talleres regionales en los que participaron productores y otros actores involucrados en cada una de las cadenas productivas. La Gráfica 4-1

señala las categorías de barreras identificadas durante los talleres realizados, destacándose en primer lugar las relacionadas con el conocimiento y el cambio “cultural”. Otros tipos de barreras con alta frecuencia son las financieras y las relacionadas con asistencia técnica. En menor medida, se encuentran los temas asociados a arreglos institucionales y de mercado.

Gráfica 4-1
Categorías de barreras identificadas en los talleres regionales

Número de veces que fue priorizada cada categoría de barrera en los talleres regionales.



Fuente: CIAT, CCAFS y CRECE, 2018b

4.2 Recomendaciones de política

Acorde con las barreras señaladas, se identificaron un número importante de acciones estratégicas para cada sistema productivo. Algunas buscan mejorar conocimientos y capacidades a través de planes de asistencia técnica en el marco de la extensión agropecuaria destinada a productores de aguacate Hass, ganadería de leche y de carne, o la extensión a asistentes técnicos como en el caso de la papa. Otras apuntan a superar barreras de conocimiento y de financiamiento a través de “incentivos económicos integrales”, los cuales combinan incentivos económicos con asistencia técnica especializada para el caso del café y ganadería de doble propósito. Cabe anotar que el programa

de asistencia técnica priorizado para ganadería de leche integra un componente que busca mejorar conocimiento de los productores en herramientas financieras existentes. Finalmente, otras acciones buscan mejorar el conocimiento por parte del mercado y los consumidores como es el caso de cacao.

En este sentido, el estudio realizó recomendaciones en 5 líneas estratégicas, las cuales consideran el marco de políticas vigente, así como los planes y programas relacionados con la productividad del sector agropecuario. A continuación, se describen los principales elementos de cada línea (CIAT, CCAFS y CRECE, 2018c), (Coalición FOLU Colombia, 2018).

4.2.1 Financiamiento verde

Tiene como propósito establecer criterios de sostenibilidad ambiental y productiva en los instrumentos financieros existentes, que impulsen el emprendimiento de proyectos productivos verdes y competitivos.

Dichos instrumentos favorecerán a los productores que desarrollen buenas prácticas agrícolas que contribuyan al desempeño en crecimiento verde. Se implementará a través de mecanismos como:

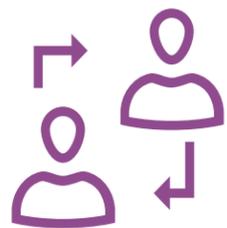


- Líneas de crédito con tasas de interés favorables.
- Seguros agropecuarios con primas diferenciales considerando el desempeño ambiental.
- Incentivos fiscales para este tipo de proyectos.

Por otra parte, busca priorizar la financiación de proyectos y emprendimientos de adopción de tecnología y desarrollo tecnológico orientados hacia el crecimiento verde, competitividad del sector agropecuario y sistemas alimentarios sostenibles.

4.2.2 Por una agricultura joven

En esta línea se propuso desarrollar programas de capacitación y liderazgo de los jóvenes en la era digital de la agricultura a través de los cuales se promueva la creación de sistemas de producción verde efectivos, eficientes e inclusivos. Se implementará a través de mecanismos como:



Programas de capacitación especializados en tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC), para minería de datos, protección biológica de los cultivos y mejoramiento de variedades.



Programas de intercambio para estudiantes técnicos y profesionales para el desarrollo de emprendimientos y/o fortalecimiento de agronegocios verdes.



Programas de capacitación en TIC que apunten a mejorar la competitividad agropecuaria con aplicaciones georreferenciadas y herramientas de trazabilidad.

Adicionalmente, promover alianzas público-privadas entre el gobierno, gremios, universidades, centros de investigación e institutos de formación, para la adopción a escala y el desarrollo de tecnologías de punta que abran nuevas sendas de conocimiento para la competitividad del sector agropecuario. Igualmente, direccionar recursos

provenientes de parafiscales y regalías para destinación específica a proyectos de ciencia, tecnología e innovación agropecuaria que contribuyan al crecimiento verde y a emprendimientos productivos sostenibles. Por último, fortalecer el enfoque de crecimiento verde y agricultura sostenible adaptada al clima en los programas de educación rural.

4.2.3 Nueva era para la ciencia agropecuaria

Se plantea establecer programas pioneros de educación profesional, capacitación, investigación y entrenamiento en nuevas tecnologías que apunten a la optimización sostenible de los recursos en la producción y cadenas de valor

agropecuarias. Adicionalmente, se plantea fortalecer la implementación de la Ley del Sistema Nacional de Innovación Agropecuaria con la perspectiva de sostenibilidad y crecimiento verde, a través de:



Incorporar en los programas de extensión agropecuaria módulos sobre crecimiento verde, innovación y desarrollo de tecnologías sostenibles.



Facilitar mecanismos de vinculación y asociación entre técnicos y agricultores como socios e inversionistas en negocios agroindustriales verdes.



Facilitar alianzas con centros de investigación agropecuaria de excelencia nacional e internacional para cerrar la brecha entre los laboratorios y la finca.

4.2.4 Fortalecimiento de instituciones facilitadoras del crecimiento verde

El estudio propuso las siguientes recomendaciones para esta línea. En primer lugar, fortalecer a las instituciones del sector agropecuario como Agrosavia, al Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA), a los gremios y a los institutos de investigación nacional que contribuyan a cerrar la brecha tecnológica entre pequeños, medianos y grandes productores y permitan generar procesos de transformación productiva. En segundo lugar, aprovechar las instancias territoriales de diálogo para diseñar mecanismos

que faciliten la implementación de los planes de desarrollo productivo existentes y ayuden a resolver los conflictos de uso de suelo.

En tercer lugar, propiciar la colaboración cercana entre los actores involucrados en la extensión agropecuaria, el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), universidades, centros de investigación y entidades de gestión del riesgo para fortalecer la generación de información agroclimática.

4.2.5 Consumidores como parte activa del cambio

En cuanto al consumo, se presentaron como recomendaciones: crear incentivos y campañas para promover el consumo consiente y fortalecer el entendimiento de los vínculos entre lo urbano y lo rural, así como de la producción sosteni-

nible. Así mismo, facilitar el acercamiento entre productores y consumidores como actores clave del sistema alimentario a través de TIC e institucionalizar las compras públicas de alimentos y productos que promuevan el crecimiento verde.

4.3 Metas e indicadores

El estudio propone una serie de metas a corto, mediano y largo plazo para las diferentes estrategias planteadas para los sistemas productivos de la papa, aguacate Hass, cacao, café y ganadería. En la Tabla 4-3 se presenta una síntesis de las estrategias, indicadores y metas asociadas a cada sistema productivo.

Tabla 4-3
Metas e indicadores relacionados con la productividad de la tierra

Sistema productivo / Propuesta	Nombre del indicador	Metas		
		2022	2026	2030
Papa Diseñar e implementar un programa de capacitación de los asistentes técnicos orientado a fortalecer sus capacidades para adoptar buenas prácticas agrícolas en papa que contribuyan al crecimiento verde.	Número de UPA en papa que reciben asistencia técnica sobre BPA.	5.184	10.368	15.552
Aguacate Hass Diseñar e implementar un plan de asistencia técnica específico para el tema de manejo integrado de plagas, gestión ambiental, BPA y temas legales en Aguacate Hass que involucre a Agrosavia, ICA, Asofrucol e incluya la capacitación de técnicos en métodos de gestión del conocimiento (Escuelas de Campo para Agricultores).	Número de UPA en aguacate Hass que reciben asistencia técnica especializada en manejo integrado de plagas.	618	1.236	1.854

Sistema productivo / Propuesta	Nombre del indicador	Metas		
		2022	2026	2030
Cacao Hacer un programa de promoción de la producción y consumo de cacao producido según BPA.	Número de UPA en cacao que reciben asistencia técnica sobre BPA.	5.451	10.902	16.353
Café Diseñar e implementar un programa integral de incentivos de renovación de cafetales.	Número de hectáreas de café renovadas.	352.620	705.240	1.057.860
Ganadería de carne Diseñar e implementar un programa de aumento en la cobertura y frecuencia de interacción de la asistencia técnica integral en el sector ganadero de pequeña escala.	Número de UPA de ganadería de carne con extensión agropecuaria integral.	16.641	33.282	49.923
Ganadería doble propósito Diseñar e implementar un programa de incentivos económicos integral para la ganadería doble propósito.	Número de hectáreas en sistemas silvopastoriles intensivos o semi-intensivos implementadas en ganadería doble propósito.	182.078	364.157	546.235
Ganadería de leche Diseñar e implementar un programa de asistencia técnica para la ganadería de leche con mayor cobertura y adaptada por zona.	Número de hectáreas con manejo integral de praderas implementado en ganadería de leche.	22.384	44.768	67.152



5 EFICIENCIA ENERGÉTICA

La eficiencia energética es sin duda uno de los aspectos más relevantes para el impulso de modelos de crecimiento más eficientes y con menor impacto en el capital natural y el medio ambiente. La intensidad energética de Colombia es de 2,4 MJ/USD, la cual es menos de la mitad de la intensidad de países de referencia como la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) (5,1 MJ/USD) o los países de ingresos medio alto (5,2 MJ/USD) (DNP, Fedesarrollo, GGI y PNUMA, 2017).

La baja intensidad energética del país es el reflejo de una baja industrialización y una economía donde predomina el sector de servicios. Sin embargo, una adecuada gestión de la demanda es una buena oportunidad para garantizar la eficiencia energética en el futuro sobre todo en sectores de alto consumo energético como el transporte.

Bajo esta perspectiva, la Misión de Crecimiento Verde realizó el estudio Energías Renovables y Eficiencia Energética para el Crecimiento Verde en Colombia, el cual realizó un diagnóstico sobre la intensidad en la demanda de energía en Colombia y el análisis de los retos y requisitos técnicos asociados a tecnologías y esquemas seleccionados que, desde el lado de la demanda, pueden contribuir a un uso más eficiente de la energía. Finalmente, el estudio planteó bajo diferentes escenarios, propuestas y recomendaciones en materia de políticas y cambios regulatorios para el uso eficiente de la energía.

5.1 Diagnóstico

El estudio abordó temas relacionados con la demanda de energía, con énfasis en el análisis de intensidad energética, nuevas tecnologías más eficientes, análisis de las políticas relacio-

nadas, los retos para lograr una mayor eficiencia energética y una proyección de escenarios de penetración de estas tecnologías desde el lado de la demanda.

5.1.1 Balance energético

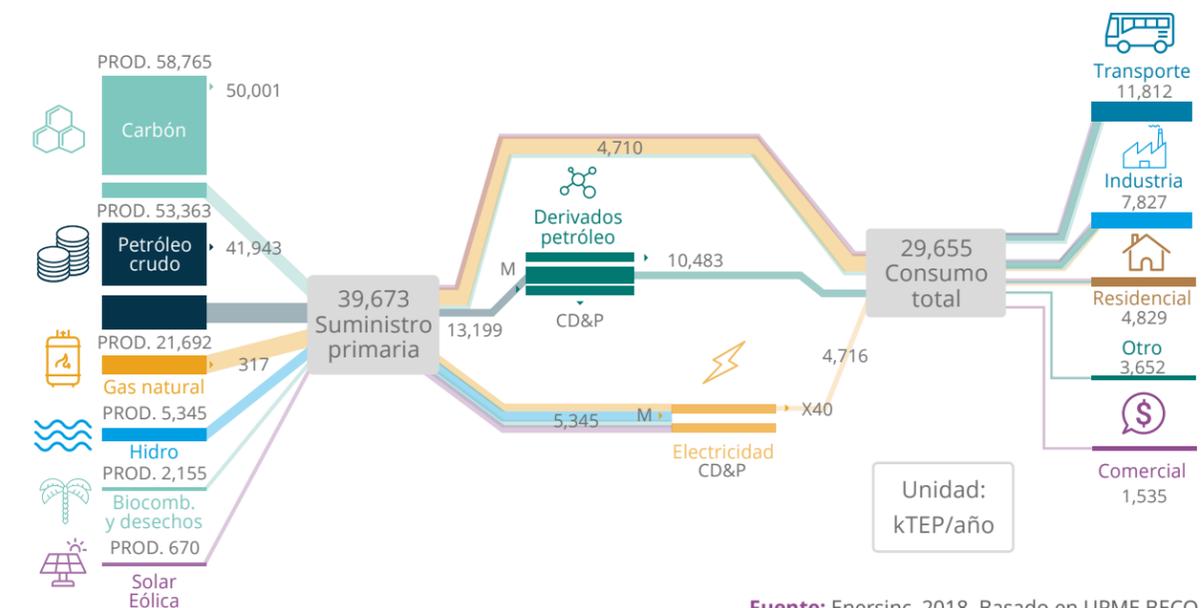
El balance energético es una representación física y económica del proceso de transformación de la energía primaria y secundaria en su uso final, así como las importaciones y exportaciones de cada una.

Para el caso colombiano tal y como lo muestra la Gráfica 5-1, se observa una producción de energía primaria con 141.990 kTEP/año de los cuales se exportaron 92.261 kTEP/año (65 % de la producción) y los 49.729 kTEP/año restante

se utilizaron para el suministro interno (35 % de la producción).

Del consumo total (29.655 kTEP/año), el sector transporte representa el 39,41 % (suministrado en 93,6 % por derivados de petróleo), el sector industrial el 25,02 % (con una mayor diversidad en las fuentes de energía: carbón 29,09 %; gas natural 25,05 %; bagazo 17,09 % y electricidad 13,40 %), el sector residencial el 19,22 % y por último el sector comercial y otros representó el 16,31 % (Enersinc, 2018).

Gráfica 5-1 Balance energético de Colombia

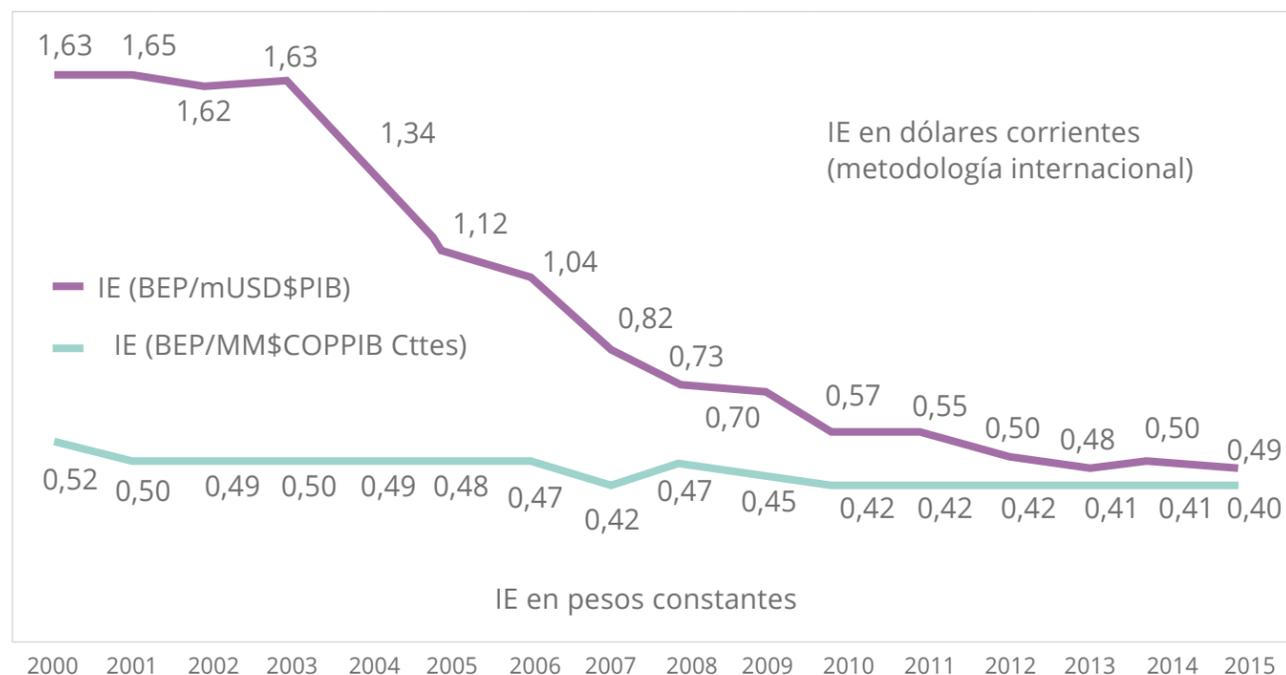


Fuente: Enersinc, 2018. Basado en UPME BECO 2015 y BID

5.1.2 Intensidad energética

La intensidad energética es uno de los indicadores utilizados para medir la eficiencia en el uso de la energía. Equivale a cuantas unidades de energía se necesitan para producir una unidad de riqueza, es decir, permite entender la relación entre el consumo de energía y el desarrollo económico de un país.

Gráfica 5-2
Intensidad energética total del país



Fuente: Enersinc, 2018. Basado en información de UPME y DANE

La Gráfica 5-2 muestra la intensidad energética del país desde el año 2000 hasta el año 2015. La línea naranja representa el cálculo realizado con la metodología internacional, utilizando barriles equivalentes de petróleo (BEP) sobre miles de dólares corrientes. Su tendencia a la baja con una variación de -233 % no está totalmente relacionada con una mayor eficiencia energética, sino con efectos de devaluación e inflación. Por su parte la línea azul es calculada con BEP sobre millones de pesos constantes y refleja de mejor manera la evaluación de la

intensidad energética en el país, que combina efectos de estructura económica y contenido energético. Se puede apreciar así, cómo en los últimos 15 años ha habido una mejora de la eficiencia energética en el país, que alcanzó una variación de -23 % al finalizar el período.

Es preciso aclarar que esta aparente eficiencia esconde altas intensidades en algunos sectores. Al realizar un estudio de las ramas del sector industrial, por ejemplo, se evidencia sectores con alto consumo energético tal y como: productos minerales no metálicos, maderas y elaboración

de bebidas. Por otra parte, el sector transporte es el que tiene el mayor indicador de intensidad energética, y aunque presenta una reducción persistente en los últimos años, no parece lo suficientemente dinámica como para alcanzar valores cercanos de eficiencia a otros sectores.

Cabe mencionar, que el sector transporte tiene considerables oportunidades de mejora a partir de cambios tecnológicos con base en el reemplazo de combustibles fósiles a sistemas de energía

eléctrica. La Figura 5-1 muestra un análisis del ciclo de consumo de una unidad de energía, en un sistema de transporte público urbano tradicional con base de ACPM y en uno eléctrico, desde la fuente primaria hasta el consumo final. Como se evidencia, un bus eléctrico podría recorrer casi un 85 % más de distancia a partir de una unidad BEP. A ello debe sumarse la consideración del alto potencial que Colombia tiene para producir energía eléctrica a partir de fuentes no fósiles.

Figura 5-1
Ciclo de producción/consumo de energía para transporte público en Barriles Equivalentes de Petróleo (BEP) ACPM vs. eléctrico



Fuente: Enersinc, 2018. Con base en BID

Lo anterior resume los principales determinantes de las ineficiencias en materia energética, las cuales se deben abordar para la transición hacia un crecimiento verde en el país.

5.1.3 Políticas, normas e instrumentos en materia de eficiencia energética

Colombia fue uno de los países pioneros en América Latina en el desarrollo de legislación para el consumo eficiente de energía a través de la Ley 697 de 2001¹¹,

en la cual se declara el uso racional y eficiente de energía como un asunto social, de interés público y de conveniencia nacional. Esta ley, que establece el Programa de Uso Racional y Eficiente de la Energía (PROURE), lleva más de 16 años vigente. Sin embargo, su reglamentación aún no ha concluido. Adicionalmente, las políticas relacionadas con eficiencia energética y en general con el uso final de la energía, requieren de una muy buena caracterización inicial del consumo de la energía, información que en el país gestiona la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME), pero sobre la cual existe un grado de incertidumbre.

La Ley 697 ha permitido la formulación de dos planes de acción indicativos (PAI), i) 2010-2015 y ii) 2017-2022, que han permitido la fijación de metas indicativas, acciones, responsables, así como instrumentos de implementación,

en particular los incentivos reglamentados mediante las Resoluciones 0563/2013¹² de la UPME y 0186/2012¹³ del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MinAmbiente). Las limitaciones del primer PROURE fueron su carácter indicativo, la ausencia de responsables del cumplimiento y seguimiento de las metas y la ausencia de sanciones por su incumplimiento, con poco impacto en la práctica.

El PAI 2017-2022, adoptado mediante la Resolución 41286 de 2016¹⁴ del Ministerio de Minas y Energía (MinMinas) replanteó la política de eficiencia energética en el país, con una mayor caracterización del consumo en cada uno de los sectores que permitió definir medidas más direccionadas, dada la disponibilidad de numerosos estudios desarrollados principalmente por la UPME. El documento define las acciones estratégicas, con metas indicativas costo efectivas (Tabla 5-1), así como condiciones económicas, técnicas, regulatorias y de información para impulsar un mercado de eficiencia energética, el fortalecimiento institucional, el establecimiento de procedimientos adecuados para la aplicación de incentivos, la armonización de metas, y la consolidación de una cultura de manejo sostenible y eficiente de los recursos en la cadena energética.

11. Ley 697 de 2001, mediante la cual se fomenta el uso racional y eficiente de la energía, se promueve la utilización de energías alternativas y se dictan otras disposiciones.

12. Resolución 0563/2013, por la cual se establece el procedimiento y los requisitos para evaluar y conceptuar sobre las solicitudes presentadas ante el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible con miras a obtener la exclusión de impuestos sobre las ventas IVA y/o reducción en la renta de elementos, equipos y maquinaria destinados a proyectos, programas o actividades de reducción en el consumo de energía y eficiencia energética.

13. Resolución 0186/2012, por la cual se adoptan Metas Ambientales, de que trata el literal j) del artículo 6° del Decreto 2532 de 2001 y el literal e) del artículo 4° del Decreto 3172 de 2003.

14. Por la cual se adopta el Plan de Acción Indicativo 2017-2022 para el desarrollo del Programa de Uso Racional y Eficiente de la Energía (PROURE), que define objetivos y metas indicativas de eficiencia energética, acciones y medidas sectoriales y estrategias base para el cumplimiento de metas y se adoptan otras disposiciones al respecto.

Tabla 5-1
Metas indicativas de ahorro planteadas por el PAI 2017-2022

Sector	Meta de ahorro (TJ)	Meta de ahorro (%)
Transporte	424.408	5,49 %
Industria	131.859	1,71 %
Terciario	87.289	1,13 %
Residencial	56.121	0,73 %
Total	699.678	9,05 %

Fuente: Enersinc, 2018. Basado en UPME-PAI, 2016

15. Ley 1715 de 2014, por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional
16. Lo anterior ha sido reglamentado mediante los Decretos 2469 de 2014 y 348 de 2017, la Resolución UPME 281 de 2015 y las Resoluciones CREG 024 de 2015 y 121 de 2017.17.

17. Decreto 2492 de 2014, por el cual se adoptan disposiciones en materia de implementación de mecanismos de respuesta de la demanda.

18. Resolución 025, por la cual se adopta el procedimiento que utilizará el Centro Nacional de Despacho para activar el programa de la RD en el predespacho ideal, programa que fue establecido en la Resolución CREG 011 de 2015.

19. Resolución 026, por la cual se establecen disposiciones transitorias para flexibilizar la entrada de plantas de generación al sistema.

Por su parte, la Ley 1715 de 2014¹⁵ también se enfocó en la promoción y la gestión eficiente de la energía que comprende tanto la eficiencia energética como la respuesta de la demanda. Levantó la prohibición existente hasta el momento de la venta de excedentes por parte de los autogeneradores, la cual permitió a los usuarios ser consumidores y productores de energía (prosumidores)¹⁶ a la vez. La norma plantea la continuación, actualización y seguimiento al PROURE mediante el desarrollo del plan de acción indicativo, el desarrollo de reglamentaciones técnicas y los sistemas de etiquetado e información al consumidor sobre la eficiencia energética de los procesos, instalaciones y productos, y sobre el consumo energético de los productos manufacturados. Asimismo, ha permitido el desarrollo en materia de respuesta de la demanda, a través del Decreto 2492 de 2014¹⁷ y también la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG) ha expedido reglamentación en el marco del mercado mayorista (Resoluciones 025¹⁸ y 026¹⁹ de 2016). Cabe destacar también la reglamentación para la puesta en marcha del Fondo de Energías No Convencionales y Gestión Eficiente de la Energía (FENOGE). Se plantea que el objeto de este fondo será financiar programas de Fuentes no Convencionales de Energía Renovable (FNCER) y gestión eficiente de la energía, a través de su fomento, promoción, estímulo e incentivo (Artículo 368 de la Ley 1819 de 2016²⁰, Resolución CREG 232 de 2015²¹ y Decreto 1543 de 2017²²). Por último, también es importante mencionar la reglamentación en cuanto a temas de medi-

ción avanzada (bidireccional) como facilitador de la entrega de excedentes, la gestión eficiente de la energía y la respuesta de la demanda.

En cuanto a los incentivos tributarios para la eficiencia energética, en una primera etapa, estos se viabilizaron a través de la Resolución 0186 de 2012, que adoptó las primeras metas del PROURE como metas ambientales y la Resolución 0563 de 2016 que estableció el procedimiento respectivo, aún cuando fueron muchas las limitaciones en razón a los tiempos de demora frente al estudio y aprobación de las solicitudes. En la actualidad, hay un nuevo esquema de asignación de incentivos regulado por la Resolución 1988 de 2017²³ de MinAmbiente, MinMinas y Ministerio de Hacienda y Crédito Público (MinHacienda) mediante la cual se adoptan las metas ambientales. Esta resolución determina que las nuevas medidas y acciones que dan paso a la obtención de incentivos son mucho más amplias que las establecidas anteriormente, lo cual permitirá tener un abanico más grande de proyectos.

La Resolución 2000 de 2017²⁴ de MinAmbiente establece el procedimiento para presentar la solicitud de exención de IVA ante la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA), la cual debe tener el concepto emitido por la UPME en que se certifique en cuál acción o medida se enmarca la solicitud y en qué porcentaje contribuye a la meta. La Resolución 585 de 2017²⁵ expedida por la UPME establece el procedimiento por el cual se evalúa y se emite concepto técnico sobre las solicitudes.

20. Ley 1819 de 2016, por medio de la cual se adopta una reforma tributaria estructural, se fortalecen los mecanismos para la lucha contra la evasión y la elusión fiscal, y se dictan otras disposiciones.

21. Resolución CREG 232 de 2015, por la cual se adoptan los ajustes necesarios a la regulación vigente para dar cumplimiento al Artículo 190 de la Ley 1753 de 2015.

22. Decreto 1543 de 2017, por el cual se reglamenta el Fondo de Energías No Convencionales y Gestión Eficiente de la Energía, FENOGE, adicionando una Sección 5 al Capítulo 3 del Título III de la Parte 2 del Libro 2 del Decreto Único Reglamentario del Sector Administrativo de Minas y Energía 1073 de 2015.

23. Resolución 1988 de 2017, por la cual se adoptan las metas ambientales y se establecen otras disposiciones.

24. Resolución 2000 de 2017, por la cual se establece la forma y requisitos para presentar ante la ANLA, las solicitudes de acreditación para obtener la exclusión del impuesto sobre las ventas.

25. Resolución 585 de 2017, por la cual se establece el procedimiento para conceptuar sobre los proyectos de eficiencia energética/gestión eficiente de la energía que se presenten para acceder al beneficio tributario de que trata el literal d) del artículo 1.3.1.14.7 del Decreto 1625 de 2016; con sus respectivas modificaciones.

5.1.4 Temas críticos para nuevas tecnologías en eficiencia energética

En el marco del estudio se realizó un análisis detallado de cinco desarrollos tecnológicos que se espera tengan un papel relevante al 2030 con un impacto en la demanda de energía y en los usuarios finales. Los resultados se presentan en la Tabla 5-2.

Tabla 5-2
Nuevas tecnologías analizadas, con oportunidades y barreras

TECNOLOGÍA	OPORTUNIDADES
 <p>Smart Grids:</p> <p>Se definen como redes “que incorporan las tecnologías de la información y las comunicaciones en cada aspecto de la generación, suministro y consumo de la electricidad, con el objetivo de minimizar el impacto medioambiental, [...] reducir costos y aumentar la eficiencia”</p>	<p>Para el caso colombiano, el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) identificó paquetes tecnológicos con grandes oportunidades para Colombia tales y como:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Infraestructura de medición avanzada (AMI), que permite el control de consumos de forma remota, información en tiempo real, la medición de flujos bidireccionales, la tarificación horaria y por lo tanto la gestión de la curva de demanda. • Automatización de la red de distribución: permite el control automático o remoto de la red, la automatización de subestaciones, la detección de fallas e incluso la autorecuperación. Proporciona mejoras en la continuidad del suministro y mayor eficiencia. • Recursos distribuidos en función del desarrollo tecnológico, ahora es posible aprovechar recursos energéticos a pequeña escala y en cercanías a los centros de consumo. Esto reduce las pérdidas asociadas a las redes y una mejora en la regulación de tensión.
BARRERAS	
<p>Institucionales:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Articulación entre sectores para desarrollo de redes inteligentes. <p>Económicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Costos de inversión. • Simetría en la remuneración, según escala de proyecto. <p>Regulatorias:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Propiedad de infraestructura y remuneración de inversiones. 	<ul style="list-style-type: none"> • Escalas definidas para auto-generadores. • Estándares de medición, conexión y operación. <p>Tecnología e información:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidades para operación de controles de automatización de red y análisis de datos. • Articulación de las tecnologías de redes inteligentes. • Protocolos de operación y seguridad de la información.

TECNOLOGÍA



Gestión eficiente de la demanda

OPORTUNIDADES

Para poder entender y focalizar las acciones de gestión de la demanda, en primer lugar, hay que conocer y caracterizar las curvas de demanda.

Las medidas relacionadas serían:

- Respuesta de la demanda:
- Control directo de cargas.
- Control indirecto de cargas.
- Consumo de energía:
- Eficiencia energética.
- Reducción de consumos.

BARRERAS

Institucionales:

- Articulación de los instrumentos de política y reglamentación.

Económicas:

- Costos en la infraestructura de medición.
- Costos de gestión de información y comunicación.

Regulatorias:

- Costos de infraestructura de medición.
- Costos de gestión de información y comunicación.

Tecnología e información:

- Infraestructura de medición avanzada.
- Mayor información de consumos y eficiencias.

TECNOLOGÍA



Almacenamiento de energía

La mayor penetración de fuentes solares y eólicas plantean nuevos retos en materia de almacenamiento y gestión activa de la demanda.

OPORTUNIDADES

- Las tecnologías del almacenamiento de energía están tomando cada vez más relevancia, teniendo como principales impulsores la movilidad eléctrica, la mayor participación de FNCER intermitentes y la participación de la demanda.
- Se proyecta una alta participación en el corto, mediano y largo plazo, dada la transición energética que atraviesa el planeta.

BARRERAS

Institucionales:

- Prima el criterio de costo de inversión en las compras.
- Criterios de eficiencia en entidades y edificaciones.

Económicas:

- Desconocimiento del sector financiero.

- Bancarización en función de ahorros.

Regulatorias:

- Falta normativa en construcción sostenible.
- No existe mercado para energía térmica.

Tecnología e información:

- No hay caracterización de consumos térmicos.

TECNOLOGÍA



Distritos térmicos :

Son sistemas energéticos que proveen calor y frío a edificaciones individuales dentro de una localidad o distrito de desarrollo.

OPORTUNIDADES

- Cumplimiento de metas de reducción de GEI y del uso de sustancias agotadoras de la capa de ozono (SAO).
- Ahorros energéticos entre el 25-30 % comparado con unidades individuales.
- Reducción de ruido al interior de las edificaciones, mejoras y optimización en costos de operación y mantenimiento, mejoras en los diseños arquitectónicos, tercerización de servicios, entre otras.

BARRERAS

Institucionales:

- Prima el criterio de costo de inversión en las compras.
- Criterios de eficiencia en entidades y edificaciones.

Económicas:

- Desconocimiento del sector financiero.
- Bancarización en función de ahorros.

Regulatorias:

- Falta normativa en construcción sostenible.
- No existe mercado para energía térmica.

Tecnología e información:

- No hay caracterización de consumos térmicos.

TECNOLOGÍA



Movilidad eléctrica

En vehículos eléctricos, la energía es suministrada en forma de electricidad a un motor eléctrico, con eficiencias mucho más altas al no estar gobernados por limitantes físicas de los motores de combustión.

Pueden clasificarse de acuerdo con su dependencia de la electricidad en, totalmente eléctrico o híbridos o de acuerdo con su modo en, particular (bicicletas, motos, vehículos), pasajeros (urbano, interurbano), carga, modal (metro tranvías y trenes).

OPORTUNIDADES

- El sector transporte es el mayor consumidor de energía del país (39,8 % del consumo energético), con un potencial enorme para escalar la eficiencia. Este consumo proviene principalmente del ACPM (37 %) y de la gasolina (40 %) y menos del 1 % proviene de la electricidad.
- Dada la matriz eléctrica baja en emisiones colombiana, se vislumbra la movilidad eléctrica con una disrupción de la economía y la movilidad en los próximos 15-20 años.
- Esta tecnología impactará el sector eléctrico, la movilidad urbana, el transporte de carga y pasajeros y será indispensable y crítico para una transición energética que facilite el cumplimiento de las metas de mitigación de cambio climático.
- En los últimos 2 años, varios países han hecho anuncios tendientes a la prohibición de vehículos tradicionales de combustión de diésel o gasolina en un mediano plazo (Reino Unido, Francia, Noruega, Holanda, India, Chile, Costa Rica).



Movilidad eléctrica

BARRERAS

Institucionales:

- Falta política de electro-movilidad.
- Articulación sectorial.
- Articulación nacional y local.

Económicas:

- Costos de inversión.
- Costos de la infraestructura.
- Costos transaccionales.

Regulatorias:

- Gestión de la demanda del transporte eléctrico.
- Reglamentos y estándares.

Tecnología e información:

- Vida útil y autonomía de las baterías.

Fuente: Enersinc, 2018

5.2 Recomendaciones de política

Con base en el diagnóstico y el análisis realizados por este estudio en la Misión, se elaboró una serie de propuestas de política pública para la consolidación de un crecimiento verde en materia de energía.

5.2.1 Gestión eficiente de la demanda de energía

Las estrategias en torno a la gestión eficiente tienen como objetivo involucrar a la demanda a través de la participación; la autogeneración de energía con fuentes renovables; la conformación de clústeres de energía térmica y eléctrica; el desarrollo de redes internas por ejemplo en zonas francas o en zonas de desarrollo industrial que ofrezcan el servicio de energía térmica o eléctrica como parte de los servicios energéticos de un tercero a un grupo específico de clientes; la competencia mino-

rista y la prestación del servicio de manera neutral. De igual forma, se busca fortalecer el rol de la demanda mediante el desarrollo de reglamentos técnicos, normas de etiquetado, actualizaciones de procedimientos para compras eficientes y fácil acceso a los incentivos tributarios existentes.

La primera línea estratégica presenta las acciones para configurar una demanda activa en su participación en la cadena energética, entre las cuales se tienen:



- Masificar la medición inteligente (AMI).
- Implementar tarifas horarias para usuarios finales.
- Establecer al agente agregador de demanda.



- Implementar el mercado minorista para todos los usuarios.
- Separar completamente las actividades de comercialización y distribución.
- Promover la autogeneración y la entrega de excedentes.
- Promover la participación de demanda como agente activo dentro de la cadena de servicio.



- Promover el desarrollo de clústeres de energía térmica y eléctrica.

En la segunda línea estratégica se plantearon las acciones para una demanda eficiente y moderna, en la que se facilite el acceso a tecnologías eficientes:



- Facilitar el acceso a los incentivos para compra de equipos eficientes.
- Impulsar compras oficiales eficientes en costo total de infraestructura más operación.
- Desarrollar líneas de financiación para la demanda y autogeneración a través de fondos verdes.

Para el desarrollo de las dos líneas estratégicas anteriores se requiere de una tercera, que permita el acceso a la información suficiente y actualizada para una demanda activa, para lo que es necesario contar con nuevos y más completos reglamentos y esquemas de etiquetado.





5.2.2 Movilidad sostenible

En función de los diagnósticos realizados en este estudio, se priorizó una línea estratégica adicional relacionada con movilidad sostenible, debido al alto consumo de hidrocarburos y a las altas emisiones de CO₂ y de material particulado contaminante del aire, que se proyectan en el mediano plazo en este sector. Gracias a la simulación de escenarios realizados bajo la Misión, se encontró que las accio-

nes orientadas a una movilidad más sostenible son las que más impacto tendrían. Por lo anterior, se formularon y diseñaron cuatro estrategias con sus respectivas acciones para la movilidad sostenible.

La primera estrategia es priorizar la movilidad masiva y la formulación e implementación de un Plan Maestro de Transporte Intermodal, en la que se plantearon las siguientes acciones:



- Adecuar la red básica férrea y fluvial existente de los proyectos priorizados.
- Apoyar el transporte público masivo de pasajeros en ciudades como proyectos verdes, con tasas preferenciales, nuevos cupos de crédito y reducir costos en aranceles de importación, IVA y renta.
- Electrificación de trenes existentes.

En la segunda estrategia se planteó una política de electrificación del transporte, con estas acciones:



- Movilidad eléctrica para el sector oficial, con la adquisición de autos eléctricos para funcionarios públicos.
- Comprar exclusivamente buses eléctricos en los sistemas masivos de transporte público cofinanciados con recursos de la nación.
- Otorgar condiciones especiales a fabricantes de vehículos eléctricos, como beneficios tributarios para importación de componentes y beneficios locales para ubicación de plantas en zonas estratégicas.
- Otorgar incentivos a los operadores de las redes eléctricas para instalar estaciones de carga rápida urbanas e interurbanas con retorno de largo plazo para los operadores de flotas de carga y pasajeros que quieran electrificarse.
- Otorgar nuevos cupos solo para taxis eléctricos.

En la tercera estrategia, se relacionan los instrumentos complementarios a la política de electrificación del transporte nacional de la siguiente manera:



- Avanzar en la regulación asociada a la movilidad eléctrica como el precio de la electricidad para recarga, al igual que para las electrolinerías y puntos privados.
- Generar instrumentos tributarios y financieros para resolver la dificultad de la inversión inicial. Este incluye un plan de amortización frente al ahorro de combustible, un sistema electrónico de recaudo en la carga, y el desarrollo de instrumentos tributarios a través de la facturación de la electricidad.

5.3 Metas e indicadores

La consultoría propuso una serie de metas alineadas con los objetivos y compromisos adquiridos por el país en materia de cambio climático y desarrollo sostenible. Dichas metas fueron estimadas con el modelo EnergyPlan, en el cual, uno de los parámetros empleados fue la reducción de emisiones de CO₂ para el 2030. En las simulaciones se encontró que la contribución de las metas planteadas en su conjunto aportaría

una reducción del 23 % de las emisiones de CO₂ para el 2030 respecto al Business As Usual (BAU) en los sectores de transporte y energía. Adicionalmente, las metas y estrategias propuestas por la Misión contribuyen al cumplimiento del Objetivo de Desarrollo Sostenible n.º 7. La Tabla 5-3 presenta las metas e indicadores en materia de eficiencia energética y la Tabla 5-4 las metas específicas para movilidad sostenible.

Tabla 5-3
Metas e indicadores en materia de gestión eficiente de la energía

Estrategia	Indicador	Metas		
		2022	2026	2030
Demanda activa	% de usuarios urbanos con infraestructura de medición avanzada (AMI).	30 %	60 %	95 %
	% de usuarios rurales con AMI.	15 %	30 %	50 %
	Generación distribuida instalada.	120	240	1.200
Demanda eficiente y moderna	Proyectos con concepto favorable de UPME o ANLA (según competencia) para el acceso eficaz a incentivos a la eficiencia energética.	35	55	55
	Aporte a la meta de ahorro del PROURE.	3 %	5 %	5 %
Demanda Informada	Reglamentos técnicos nuevos.	2	2	2
	Reglamentos técnicos revisados y actualizados.	3	5	5

Fuente: Enersinc, 2018

Tabla 5-4
Metas e indicadores en materia de movilidad sostenible

Estrategia	Indicador	Metas		
		2022	2026	2030
Priorizar la Movilidad Masiva y el Plan Maestro de Transporte Intermodal	Número de pasajeros que utilizan transporte público / Número de personas que se movilizan.	15 %	30 %	45 %
	Red férrea electrificada.	55 km	120 km	300 km
	% flota de vehículos oficiales eléctricos.	15 %	25 %	50 %
Política de Electrificación del Transporte Nacional	% de buses eléctricos adquiridos por licitación.	30 %	50 %	100 %
	Número de profesionales y técnicos capacitados por el Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA) en movilidad eléctrica.	300	1.500	5.000
	Número de vehículos eléctricos particulares.	500.000	800.000	1.100.000
	Número de taxis eléctricos nuevos.	1.200	5.000	50.000
Instrumentos complementarios a la política de electrificación del transporte	% de avance de la regulación de tarifas de recarga y remuneración de electrolineras.	80 %	100 %	100 %

Fuente: (Enersinc, 2018)



6 INTENSIDAD EN EL USO DE MATERIALES Y ECONOMÍA CIRCULAR

El crecimiento eficiente en el uso de recursos es una de las trayectorias que componen el marco conceptual del crecimiento verde definido por el Instituto Global de Crecimiento Verde (GGGI) y sobre el cual se identifican los temas o áreas centrales para la implementación de una política de crecimiento verde.

La intensidad en el consumo de materiales se enmarca en esta trayectoria, cuya evaluación evidencia desventajas competitivas frente al promedio de los países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), siendo 2,8 veces más alta en Colombia.

En 2013, el consumo de materiales²⁶ en el país fue de 2,28 Kg para producir un dólar de PIB (DNP, Fedesarrollo, GGGI y PNUMA, 2017). La Misión de Crecimiento Verde reconoció que se requiere generar un ambiente propicio para promover la transición hacia una economía circular, que impacte de manera positiva la productividad haciendo un uso eficiente de los materiales en la producción de bienes y servicios y reduciendo sus impactos ambientales en todo su ciclo de vida. Por lo cual, la economía circular fue incorporada como uno de sus ejes estratégicos.

En este sentido, en el marco de la Misión se realizó el estudio Intensidad en el consumo de materiales y economía circular con el objeto de determinar los factores que inciden en la eficiencia en el uso de materiales para diferentes sectores de la economía y también en el aprovechamiento de residuos sólidos. Dicho estudio, propuso las acciones y mecanismos para impulsar una economía circular en el mediano y largo plazo, los cuales se presentan de manera resumida en este capítulo.

26. Por materiales se entiende minerales para la construcción y la industria, metales, combustibles fósiles y biomasa.

6.1 Diagnóstico

En esta etapa del estudio se sentaron las bases del diagnóstico de los sectores manufacturero y de la construcción colombianos, en cuanto a la eficiencia en el uso de los materiales. Para ello, se analizó el comportamiento de la transformación de materia en torno a cinco

flujos de materiales priorizados, que consideró todo el ciclo de vida incluyendo sus etapas de transformación de recursos, producción industrial, consumo de productos y activos de construcción, fin de vida (posconsumo) y recuperación posconsumo.

6.1.1 Identificación y priorización de materiales clave

Con el fin de priorizar los materiales objeto de este estudio, se adoptó una metodología basada en el análisis de seis criterios que abarcaron características fundamentales de diagnóstico y transición a modelos efectivos de cierre de ciclos y simbiosis industrial.

Los dos primeros criterios analizan la relevancia de las actividades económicas en la riqueza del país, y están relacionados con: i) valor agregado de las actividades manufactureras a la macroeconomía colombiana y asociación de materiales clave para cada actividad; y ii) impacto en las importaciones y relación con los materiales por actividad. Los siguientes cuatro criterios son de carácter técnico y se encuentran asociados a: iii) generación de residuos y subproductos industriales y de construcción; iv) tasa de valorización actual y brecha de recuperación de materiales frente a estándares internacionales; v) consideraciones de impacto evitado y contribución a la mitigación del cambio climático; y vi) valor económico latente propio de la recuperación de recursos materiales.

Los criterios de priorización se cuantificaron a partir de la información recopilada a través de estadísticas y de fuentes primarias disponibles en el país, así como del análisis de documen-

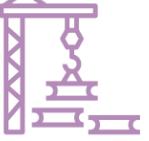
los materiales priorizados en el estudio fueron: polímeros; acero; biomateriales procedentes de la transformación de recursos agroforestales; textiles; cemento y concreto, así como materiales de base celulosa para la fabricación de productos de papel y cartón.

tación internacional para presentar los escenarios óptimos de metabolización de recursos. A la luz de la aplicación de la metodología multicriterio AHP (Analytic Hierarchy Process - Proceso de Jerarquía Analítica²⁷), los materiales priorizados en el estudio fueron: polímeros; acero; biomateriales procedentes de la transformación de recursos agroforestales; textiles; cemento y concreto, así como materiales de base celulosa para la fabricación de productos de papel y cartón.

La mayor generación de residuos se encuentra asociada a los biomateriales, seguido del cemento y concreto, como se evidencia en la Tabla 6-1.

27. El proceso de jerarquía analítica (AHP) incluye métodos de evaluación y comparación. Se requiere el desarrollo de una estructura jerárquica racional y confiable o una red de retroalimentación que incluya criterios de varios tipos de influencia, partes interesadas y alternativas de decisión para determinar la mejor opción. Saaty, T. L. (1994). How to make a decision: the analytic hierarchy process. Interfaces, 24(6), 19-43.

Tabla 6-1
Generación de residuos para los materiales priorizados

Material	Tipo de residuo asociado a la actividad	Generación (ton/año)
 Biomaterial	Bagazo ²⁸ , cachaza ²⁹ , melote ³⁰ , tusa ³¹ , fibra.	21.341.711
 Cemento, concreto	Residuos de construcción y demolición.	17.381.248
 Polímeros	Plásticos.	1.408.779
 Metales	Escorias, cascarilla, chatarra.	1.321.000
 Celulosa	Papel y cartón: fibras de celulosa, lodos de depuración y destintado y licores negros.	916.380
 Textil	Textiles.	1.836

Fuente: Tecnia, 2017

Por su parte, los biomateriales, el cemento y concreto y los textiles, son los que presentan las mayores brechas en cuanto a su potencial de aprovechamiento frente a estándares internacionales, como se presenta en la Gráfica 6-1. Para este criterio, se analizó un escenario de alta efi-

ciencia dentro de una misma actividad industrial o de forma simbiótica entre diversos sectores industriales, realizando su contraste con la tasa de reciclaje y recuperación actual calculada a partir de la cuenta de residuos del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE).

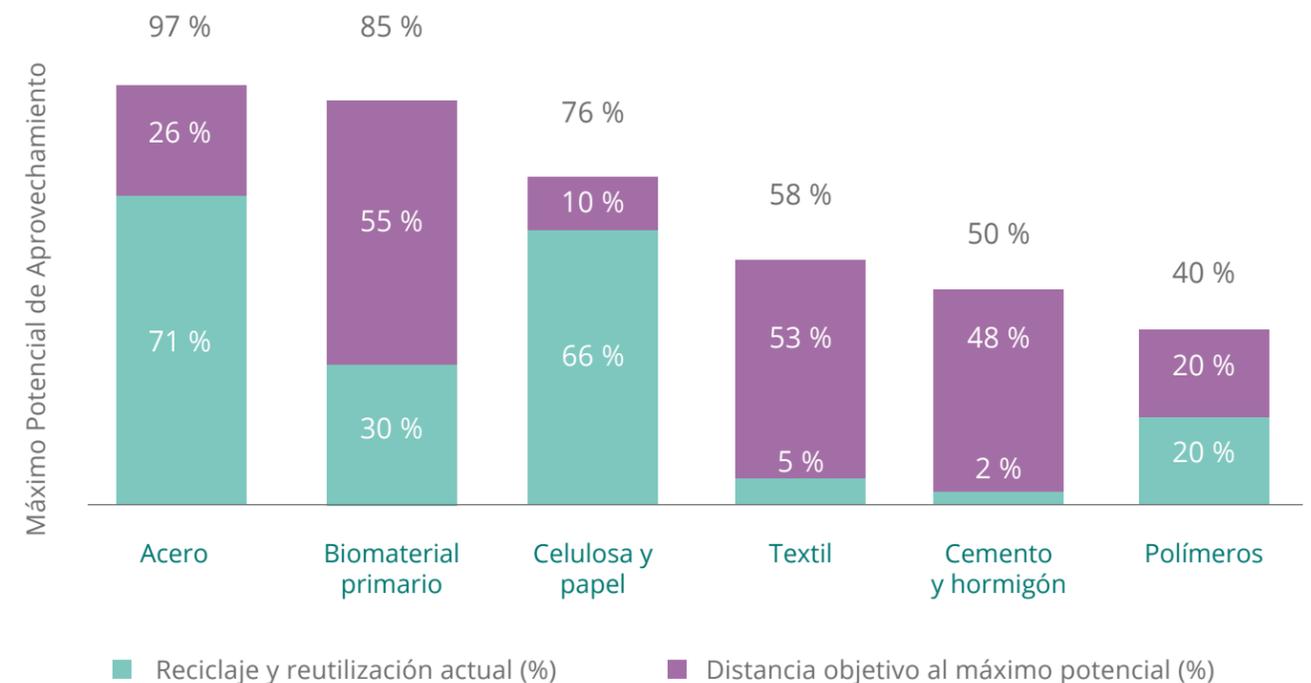
28. El bagazo es el residuo resultante de la molienda de la caña.

29. La cachaza es un subproducto de la fabricación de panela que resulta de la limpieza del jugo mediante la utilización de plantas como el cadillo, balso blanco o gusaito.

30. El melote es un subproducto de la caña que se obtiene tras la deshidratación de la cachaza.

31. La tusa es un subproducto de la cosecha del maíz que se obtiene al retirar los granos.

Gráfica 6-1
Máximo potencial de aprovechamiento de los materiales priorizados



Fuente: Tecnia, 2017

6.1.2 Análisis de flujos de materiales en Colombia

El análisis de flujo de materiales permite identificar aspectos clave como el consumo de materiales y las tasas de reciclaje e importación / exportación de materiales y residuos, teniendo en cuenta las entradas, salidas y flujos intermedios de la cadena de valor. Estos aspectos permitirán analizar posibilidades de mejora y potencialidad de la economía circular para las corrientes analizadas.

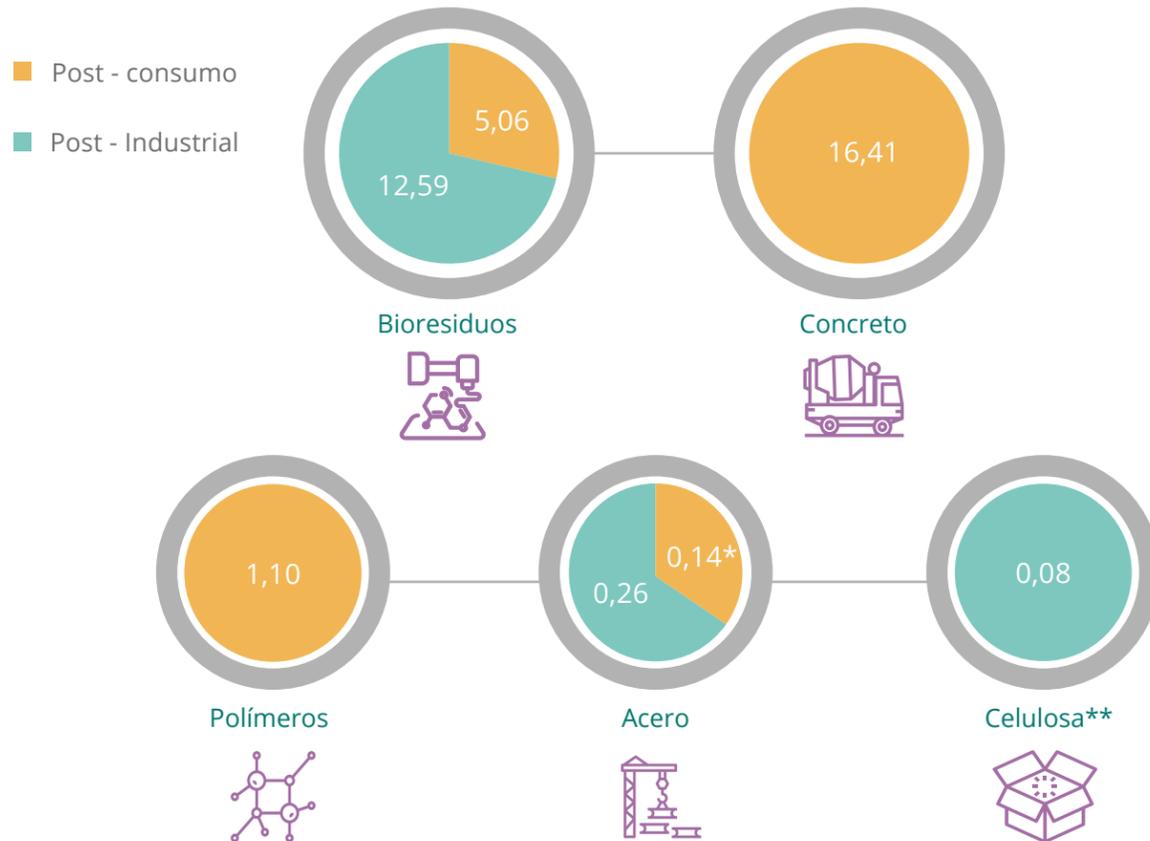
El estudio realizó el análisis de flujos de los productos seleccionados para cinco corrientes de materiales priorizados en el apartado anterior, así: i) Biomaterial primario: centrado en el principal cultivo de Colombia, el azúcar; ii) Cemento: que considere tanto la producción del cemento,

como de sus principales productos como morteros y concreto; iii) Polímeros: centrados en los 5 polímeros más consumidos en Colombia; iv) Celulosa y papel: para los principales materiales de la industria de la pulpa, el papel y el cartón; y v) Metal: el acero es la cadena de valor más representativa, integrada por empresas siderúrgicas, metalúrgicas y del sector metalmecánico. El estudio enfatizó en aquellos materiales que contaban con mayor soporte técnico e información disponible, toda vez que representaban un mayor abanico de actividades manufactureras y de construcción, por lo cual, se descartó el análisis exhaustivo de los recursos textiles.

El análisis de flujo para los materiales priorizados permitió estimar los principales puntos de pérdida de material en forma de residuos enviados a disposición final. Los resultados que se presentan en la Gráfica 6-2, indican que la pérdida de material de los bioresiduos y el cemento y concreto, es prioritaria.

Gráfica 6-2 Principales residuos enviados a disposición final

Millones de Toneladas / año



* Las escorias de Horno de Arco Eléctrico son los principales residuos enviados a disposición final.

** Los residuos post - consumo de celulosa no están cuantificados.

Fuente: Tecnalia, 2017

Igualmente, se identificó que la tasa de reciclaje posconsumo para los residuos de construcción y demolición es de cerca del 0,7 % y para la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos es prácticamente nula, lo anterior dista notablemente de sus máximos potenciales y de las referencias a países europeos. En cuanto a polímeros la tasa de reciclaje es de 35 % post-industria y de 22 % para posconsumo, que aunque es alta, puede optimizarse y generar opciones de valorización para reducir la

cantidad dispuesta en rellenos sanitarios. Para el papel, esta tasa es del 73 % post-industria y de 55 % para posconsumo, que puede mejorarse al ampliar los destinos para los subproductos de la industria papelera en otras industrias. El metal es el material que presenta las mayores tasas de reciclaje con 97 % para chatarra post-industria y 85 % posconsumo, aunque quedan potenciales de aprovechamiento en las escorias de horno de arco eléctrico y otros residuos del sector.

6.1.3

Análisis de Ciclo de Vida (ACV)

El Análisis de Ciclo de Vida (ACV) se realizó en productos relevantes a partir del cálculo de los potenciales impactos generados, con el objetivo de identificar y analizar oportunidades para reducir, recuperar y tratar residuos sólidos de productos representativos de los sectores manufactureros y de la construcción.

Posteriormente, los resultados obtenidos se compararon con un escenario optimizado en el que se implantan nuevas alternativas de gestión de residuos, como reducción, reutilización o reciclaje, basadas en las mejores prácticas internacionales. Estas hipótesis están dirigidas a modelar oportunidades de reducción de residuos no valorizados dispuestos en rellenos sanitarios, así como a promover la sustitución de materia prima virgen por materia secundaria procedente de la valorización de residuos de otras industrias, como una simbiosis industrial.

La selección de los productos representativos de los materiales priorizados se basó en tres dimensiones de decisión: materiales, medio ambiente e información. En la dimensión de materiales se consideró el volumen empleado de materiales clave, su necesidad de importación y la necesidad de renovación del producto, con base en su vida útil prevista. En la dimensión ambiental se consideró la contribución del producto al efecto invernadero, la generación de residuos sólidos y el potencial de mejora basado en las mejores prácticas existentes. Por último, se incluyó la dimensión de información para considerar la importancia fundamental de manejar datos fiables.

Aplicada la metodología, se seleccionaron cuatro productos, así: i) concreto premezclado (material: cemento y concreto); ii) botella de PET, como producto representativo de envases de PET (material: plástico); iii) barra de acero corrugado, como producto representativo producido a partir de palanquilla (material: acero) y iv) cartón de embalaje 100 % reciclado, como representación de productos de papel empaque a partir de papel reciclado (material: celulosa y papel).

El ACV indicó que las mejoras modeladas en los escenarios optimizados suponen una importante reducción de impactos ambientales asociados a los productos priorizados. Igualmente, uno de los aspectos claves que repercuten en el potencial de reducción de





impactos es la situación actual del cierre de ciclos en el país. En el caso específico del concreto premezclado, se estimó una reducción de un millón de toneladas de CO₂ equivalentes en los escenarios de economía circular analizados. De manera complementaria, la brecha de aprovechamiento del 2 % actual, frente a mejores prácticas superiores al 50 %, presenta amplias oportunidades en la valorización de residuos y en la reducción de los impactos asociados a la disposición final.

Respecto a la barra corrugada de acero, la reducción potencial de CO₂ es superior a 255 mil toneladas. Además, una buena gestión de los residuos siderúrgicos reduce en un 20 % los impactos asociados al uso de suelo, no solo por la disposición final, sino por la reducción de la demanda de recursos naturales.

El escenario optimizado para la botella PET, consideró un aumento al 50 % del contenido de resina reciclada. Con esto, se obtuvo un aumento de 20 puntos porcentuales en la tasa de reciclaje y se estimó que se evitaría la emisión de 580 kg de CO₂ por tonelada de botellas.

En cuanto al cartón de embalaje, se consideró un aumento en la tasa de reciclaje al 81 %. Adicionalmente, se planteó un escenario de aprovechamiento de las cenizas de los lodos residuales, como sustituto del clínker en la producción del cemento, evitando su producción en una magnitud de 5.000 toneladas anuales.

6.1.4

Temas críticos en economía circular

El estudio identificó como primer tema crítico el exceso de roles y competencias de los actores en la gestión de residuos, normas desarticuladas, ausencia de mecanismos de coordinación institucional, integralidad, visión sistémica, unidad de criterios y metas claras, lo cual, genera incertidumbre en la apuesta del país hacia la transición a una economía circular y transmite señales confusas a los operadores económicos y a la sociedad en general sobre el camino que ha de seguirse respecto de los objetivos a largo plazo (Tecnalia, 2018a).

Adicionalmente, los procesos administrativos de vigilancia y control de la gestión de residuos tienen poca eficacia y las escasas estadísticas oficiales de flujo de materiales y generación de residuos de la industria manufacturera, presentan inconsis-

Se presenta una baja implementación del ecodiseño por parte de los sectores productivos para reducir la intensidad del uso de los materiales y los impactos ambientales en su ciclo de vida

tencias respecto a las estimaciones sectoriales. Por otra parte, se presenta una baja implementación del ecodiseño por parte de los sectores productivos para reducir la intensidad del uso de los materiales y los impactos ambientales en su ciclo de vida, además, los modelos de gestión y de mercado siguen basados en negocios de economía lineal. Existen pocos estudios específicos que definan y cuantifiquen el impacto de la transición a la economía circular en las diferentes cadenas de valor y sobre nuevos modos de caracterización y conversión de los residuos o productos descartados en un activo. Los patrones de consumo muestran baja conciencia de sostenibilidad y pocos hábitos dirigidos a la prevención y reutilización. Posterior al consumo, la separación y clasificación en la fuente, en general se considera baja, con evi-

dentes fallas culturales en el manejo de residuos para potenciar su valorización.

Los sistemas de recogida selectiva de productos posconsumo y los sistemas de tratamiento cuentan con limitados recursos económicos e incentivos a inversiones estratégicas públicas o privadas o mediante esquemas colaborativos para desarrollar su infraestructura y logística, que actualmente no es suficiente en cantidad y efectividad.

En algunos casos, esta recuperación de materiales presenta niveles de informalidad y reducida tecnificación e innovación, lo que deriva en fallas de logística inversa³² con altos costos, bajo rendimiento e inestabilidad para el suministro continuo y con calidad para los encadenamientos productivos, especialmente para plásticos, celulósicos y metales.

Finalmente, se identificó la reducida formación sectorial en materia de cierre de ciclos frente a aspectos administrativos, nuevos procesos, eco-productos y tecnologías de separación y tratamiento de materias primas secundarias, así como la escasa formación de capacidades técnicas en diferentes profesiones. De igual modo, no hay suficientes incentivos para la investigación y demostración de soluciones de economía circular para los materiales objetivo, acordes con los requerimientos del país frente a la competitividad y productividad del sector productivo.

6.2 Recomendaciones de política

La transición de una economía lineal a una economía circular requiere de una actividad coordinada entre las instituciones de orden nacional, regional y municipal, los sectores económicos y el conjunto de la sociedad, con cambios en todas las fases del sistema de producción y consumo.

Con base en el análisis de los factores normativos, institucionales, técnicos, operativos y financieros, y la revisión de experiencias internacionales, el estudio presenta las siguientes recomendaciones que consideran esquemas de innovación y el enfoque de inclusión social.

32. La logística inversa es el proceso de planificación, implementación y control de forma eficiente y al costo óptimo del flujo de materias primas, materiales en curso de producción y productos acabados, así como el de la información relacionada, desde el punto de consumo hacia el punto de origen con el objeto de recuperar el valor de los materiales o asegurar su correcta eliminación. Hawks, Karen. VP Supply Chain Practice, Navesink. Reverse Logistics Magazine, Winter/Spring (2006).

6.2.1 Recomendaciones transversales

Se propone la creación de una instancia de planeación, seguimiento y control, orientada a construir las bases normativas, de administración, de seguimiento y control que favorezca la transición a una economía circular en los sectores priorizados; al igual que un sistema de información que permita cuantificar, caracterizar y analizar la evolución de la recuperación de productos y materiales. En cuanto al esquema tarifario del servicio público de aseo, propone una revisión para promover la incorporación de tratamientos complementarios al relleno sanitario.

Adicionalmente, se propone establecer alianzas entre el sector público y los sectores manufactureros y de construcción para promover espacios de articulación de lineamientos de política e identificar modelos de negocio basados en los principios de economía circular. También busca promover la evolución del diseño tradicional de los productos de materiales poliméricos y celulósicos hacia el ecodiseño entre los fabricantes e importadores, el desarrollo de la normatividad, criterios técnicos y guías para su implementación con el fin de reducir la intensidad en el uso de materiales y evitar los envases multimaterial.

6.2.2 Economía circular en los sectores manufacturero y de la construcción

Se requiere la adaptación e implementación del instrumento de responsabilidad extendida, principalmente para productos de envase y empaque y aparatos eléctricos y electrónicos (AEE) y la definición e implementación de directrices de Compras Públicas orientadas a promover el consumo de productos que incorporen criterios de ecodiseño, cuenten con eco etiquetado y utilicen materiales reciclados. El estudio también identificó el potencial de simbiosis industrial entre el sector del acero y de la construcción, para lo cual propone el desarrollo de pilotos dirigidos al consumo de áridos siderúrgicos en aplicaciones constructivas, incluidas las obras públicas. Esta acción se complementa con el fortalecimiento de capacidades experimentales para caracterizar residuos de cons-

trucción y demolición, escorias siderúrgicas y la homologación de áridos reciclados.

Para la separación en la fuente y recolección selectiva de envases y empaques posconsumo, propone la dotación de equipamiento y la implementación de proyectos pilotos en las principales ciudades del país y, de manera complementaria, la implementación de tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) para la mejora continua de rutas y difusión de la información. Así mismo, propone diseñar e implementar una estrategia de sensibilización y educación ciudadana para la correcta separación en la fuente de envases poliméricos y celulósicos posconsumo.

En cuanto al cierre de ciclos, propone el diseño, construcción y operación de infraestructura para la clasificación y tratamiento de los ma-

teriales priorizados a nivel posconsumo como polímeros (plásticos), celulósicos (papel y cartón) y residuos de construcción y demolición, y a nivel post-industrial como escorias dentro de las plantas siderúrgicas, residuos agroindustriales y para la recuperación de la fibra de celulosa residual.

Igualmente, propone el desarrollo de planes específicos de investigación, desarrollo e innovación (I+D+i), que incorporen tecnologías avanzadas para el cierre de ciclos en procesos internos y la simbiosis industrial, y también para la separación de materiales recuperados en las instalaciones de aprovechamiento. En este sentido, se propone el desarrollo de estu-

dios de viabilidad y guías técnicas de manera específica para el uso de escorias y áridos siderúrgicos en aplicaciones constructivas, para el uso de agregados reciclados provenientes de los residuos de construcción y demolición y para la valorización de lodos papeleros.

Por último, propone identificar las principales causas de pérdida y desperdicio de alimentos en Colombia, que permitan modificar la regulación y adoptar las medidas e instrumentos adecuados en las diferentes etapas de la cadena de producción y distribución del sector agropecuario para promover la eficiencia en la producción y transformación de alimentos, mejoras en la distribución y en la comercialización.



6.3 Metas e indicadores

Para definir las metas e indicadores, se ha considerado la situación actual en Colombia y las experiencias de otras economías, así como sus mecanismos de medición y seguimiento. Se proponen en la Tabla 6-2 una serie de indicadores de seguimiento, así como unas metas de cumplimiento a corto, mediano y largo plazo para desarrollar la economía circular en Colombia a 2030.

Tabla 6-2
Metas e indicadores para la transición hacia un modelo de economía circular propuestos para los sectores manufactureros y de construcción en Colombia.

Estrategia	Indicador	Línea base Valor actual Colombia	Metas		
			2022	2026	2030
Reducción de la extracción/compra de materias primas	Consumo de materias por habitante (Ton/hab).	7 Ton/hab (2010)	=	=	-5 %
	Productividad en el uso de materiales no energéticos (\$/Ton).	N.D.	15 %	30 %	50 %
Incrementar la reutilización de productos y reciclaje de materiales	Productos preparados para su reutilización (%).	~0 % (2017)	0,2 %	0,4 %	0,7 %
	Tasa de aprovechamiento de residuos sólidos generados.	<15 % (2017)	15 %	20 %	25 %
	Disposición final de residuos (% sobre el total de residuos generados).	95 % (2017)	85 %	80 %	75 %
Mitigación del cambio climático	Emisiones totales de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en el sector de los residuos (CO ₂ -eq.).	13,71 Mill. Ton CO ₂ eq (2010)	-5 %	-10 %	-16 %
	Emisiones totales de GEI en el sector de la agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra (CO ₂ -eq.).	130,36 Mill. Ton CO ₂ eq (2010)	-1 %	-2,5 %	-5 %
Consumo responsable	Generación de residuos posconsumo domiciliario (Kg/hab.).	0,28 Kg/hab (2014)	=	-2 %	-5 %
Socioeconómicos	Empleos formales relacionados con la economía circular (% población activa).	<0,5 % (2017)	0,5 %	0,6 %	1,2 %
	Inversión destinada a la Economía Circular (% PIB).	0 % (2017)	0,3 %	0,6 %	1 %

Fuente: Tecnalía, 2018b

7 BIOECONOMÍA

En el 2018, la bioeconomía presentó un crecimiento a nivel mundial de 12,3 % en el sector biofármacos, 8,2 % en cosmeceútica, 7,3 % en alimentos médicos y 14,1 % en biofertilizantes (Transparency Market Research, 2013). En el caso colombiano, se evidencia un alto potencial representado en sus 62.829 especies registradas, 1.500 grupos de investigación en áreas relacionadas con la bioeconomía, una generación de biomasa residual del sector primario superior a 180 millones de toneladas y 3,9 millones de toneladas cosechadas de especies vegetales nativas (BioinTropic, EAFIT y SILO, 2018a).

La Misión de Crecimiento Verde estableció a la bioeconomía como una de las apuestas productivas para generar nuevas fuentes de crecimiento económico de alto valor agregado a nivel nacional e internacional, a partir del uso sostenible de nuestra gran riqueza ambiental. En este sentido, se realizó el estudio “Bioeconomía como fuente de nuevas industrias basadas en el capital natural de Colombia”, en el cual se priorizó a los sectores agrícola y pecuario, alimentos procesados y bebidas, salud, químico, farmacéutico, y cosmético y aseo³³, como estratégicos para impulsar la bioeconomía en el país.

Igualmente, se identificaron los factores críticos para la bioeconomía y se formularon las estrategias y recomendaciones de política a corto, mediano y largo plazo, las cuales fueron evaluadas mediante un análisis de impacto económico. El estudio prevé que, con una inversión de recursos públicos, equivalente a 7,1 billones de pesos en quince años, se puede lograr un efecto positivo importante en exportaciones, empleo y generación de valor agregado.

33. De estos sectores priorizados se excluyó al sector energía, dado que este se analizó en el estudio de eficiencia energética y energías renovables de la Misión de Crecimiento Verde.



7.1

Diagnóstico

A nivel mundial se han presentado múltiples fenómenos que afectan la biodiversidad con grandes impactos sobre este capital natural, de los que se destacan la contaminación, la deforestación, el cambio climático, la resistencia a los antibióticos, el riesgo de pandemias, la seguridad alimentaria y energética, entre otros.

Estos retos están llevando a los países e instituciones a replantear sus esquemas económicos y de política para encontrar nuevas fuentes de crecimiento que sean más sostenibles y con el desarrollo de mejores prácticas que reduzcan los impactos ambientales y el cambio climático. En ese sentido, algunos países han desarrollado estrategias de bioeconomía en función de sectores potenciales que les permitan diversificar sus economías, aumentar su crecimiento económico y hacer un uso sostenible de su capital natural.

Por ejemplo, Alemania y España siguen la línea estratégica trazada por la Unión Europea (UE) centrada en el uso de biomasa, mientras que Estados Unidos tiene un fuerte enfoque en el sector sanitario. Por otro lado, Costa Rica y Argentina se centran fundamentalmente en el uso de la biodiversidad, aunque aún en una fase incipiente. Todas estas estrategias tienen en común un fuerte apalancamiento en investigación, desarrollo e innovación (I+D+i), una relativa especialización sectorial, una importante participación del sector privado, así como una coordinación entre diferentes políticas y actores para alcanzar este propósito.

Con el objetivo de dar un enfoque con mayor precisión al estudio para el caso colombiano, se definió la bioeconomía como “Una estrategia de crecimiento económico que gestiona de manera eficiente y sostenible la biodiversidad y la biomasa residual para generar nuevos productos, procesos y servicios de valor agregado, basados en el conocimiento y la innovación, que permitan apalancar el crecimiento, el desarrollo y el progreso en las regiones de Colombia” (BioinTropic, EAFIT y SILO, 2018a).

Como condiciones generales para su desarrollo en Colombia se consideraron las capacidades científicas preexistentes, la tipología de los recursos biológicos y de biomasa, la capacidad estratégica de las empresas y los objetivos socioeconómicos perseguidos. Estos aspectos se desarrollan a continuación.

7.1.1 Capacidades científicas preexistentes

Para finales de 2017 se tenía estimado que las ventas globales en biotecnología alcanzarían los USD 414.500 millones

En cuanto a las capacidades científicas, se analizó el trascendental rol que tiene la biotecnología como herramienta de innovación en el marco de la bioeconomía. Para ello, se analizaron experiencias internacionales y fue así como se identificó el creciente número de empresas de biotecnología en diversos países, entre estos, Estados Unidos (1.367), España (2.831), Francia (1.950), Corea (939), Alemania (709) y Reino Unido (614). En cuanto a los países de América Latina, México, es el que tiene los mayores avances con 406 empresas (OECD, 2015). También se analizó el dinamismo en este tipo de mercados y se identificó que para finales de 2017 se tenía estimado que las ventas globales en biotecnología alcanzarían los USD 414.500 millones, con

tasas de crecimiento promedio anual superiores al 10 % (Transparency Market Research, 2013).

En Colombia existen alrededor de 1.500 grupos de investigación en áreas relacionadas con la bioeconomía (623 en áreas de biodiversidad y biotecnología), de los cuales el 32 % se encuentran en Bogotá, el 13,3 % en Medellín, el 9,6 % en Cali y el 44,4 % en el resto del país.

La mayor cantidad de grupos y centros de investigación relacionados con la bioeconomía trabajan en los sectores de salud humana, químico, agrícola y pecuario, por lo que también la mayor cantidad de publicaciones científicas en los últimos diez años está relacionada con los sectores de química, energía, agrícola y pecuario.

En cuanto a la investigación en recursos genéticos, a 2017 el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MinAmbiente) concedió 149 contratos de acceso a recursos genéticos, de los cuales ocho son contratos marco, 133 son contratos individuales de investigación y ocho tiene fines comerciales. A esa fecha, solo habían sido concedidas 14 patentes asociadas a estos contratos.

7.1.2 Recursos biológicos y biomasa

Dado que Colombia es uno de los países con mayor biodiversidad del planeta, tiene todo el sentido darle un espacio importante dentro de la economía nacional al aprovechamiento sostenible de su biodiversidad. Hasta el momento, se tiene registro de 62.829 especies silvestres en Colombia (SIB, 2017), que se traducen en un altísimo potencial de especies nativas que pueden ser aprovechadas, y un total de 3.926.770 toneladas cosechadas de especies vegetales nativas que integran a comunidades rurales en las cadenas de valor. Entre estas especies, se destacan plantas vasculares como *sacha inchi*,

achiote, *asaí*, *arazá* y varias especies de palma.

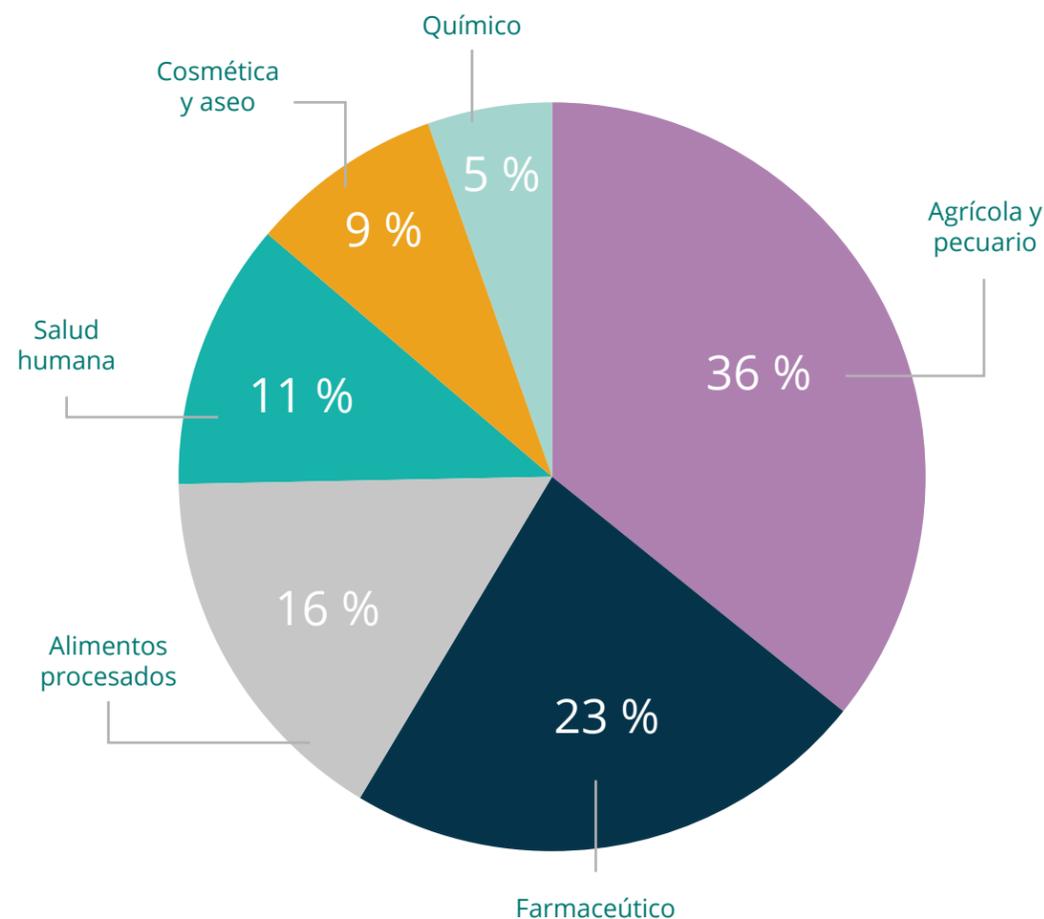
Por su parte, el potencial agrícola de especies vegetales comerciales y tradicionales en Colombia registra 8.646.654 toneladas de cultivos agroindustriales, con 4.908.426 de tubérculos y plátano, 1.554.186 de hortalizas y 2.208.532 de frutales (DANE, 2014). Asimismo, el sector primario se destaca como generador de biomasa residual en términos de toneladas/año de biomasa producida: 71.943.162 en cultivos agrícolas, 3.446.348 de bovinos, 2.803.111 de porcinos y 105.418.066 de biomasa residual avícola (Ministerio de Minas y Energía, 2010).

7.1.3 Capacidad estratégica de las empresas

En cuanto al tejido empresarial, el mercado biotecnológico en Colombia está distribuido entre las compañías desarrolladoras y las compañías usuarias. Las primeras son emprendimientos emergentes de las universidades o independientes y tienen baja participación de corporativos nacionales e internacionales. En cuanto a las compañías usuarias, estas se destacan por poseer procesos biotecnológicos parciales o usar insumos derivados de ellos para la producción y

comercialización de productos en sus segmentos de atención. Solamente el 0,5 % de las empresas en sectores con potencial para la bioeconomía en el país, como el agrícola y pecuario, alimentos procesados, químicos, farmacéutico, cosmética y aseo, y salud humana, son bio-innovadoras, como se observa en la Gráfica 7-1, lo cual indica que, aunque hay avances en el tema, se requiere de apuestas a corto y mediano plazo para lograr un mayor desarrollo.

Gráfica 7-1
Empresas bioinnovadoras en sectores priorizados en Colombia



Fuente: BioinTropic, EAFIT y SILO, 2018a

La mayor cantidad de empleos calificados con respecto al total de empleos en los sectores mencionados anteriormente pertenece al sector salud humana (49 %), seguido por alimentos procesados (15 %), químicos (7 %), farmacéutico (7 %) y agropecuario (3 %). A nivel de patentes concedidas por

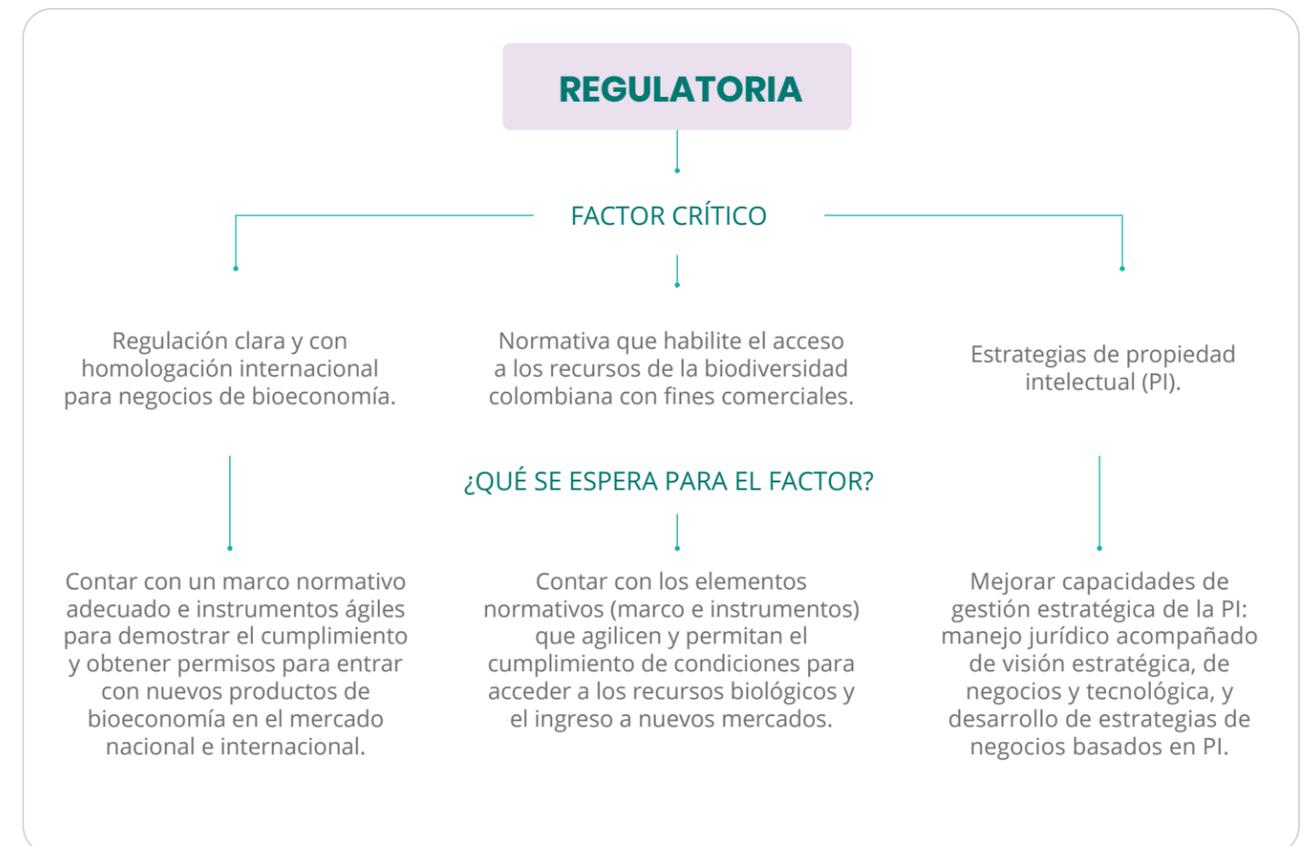
la Superintendencia de Industria y Comercio (SIC) en los sectores relacionados con la bioeconomía y biotecnología, en su mayoría se encuentran en el sector de salud humana (83), farmacéutico (81), alimentos procesados (80) y agropecuario (70) (BioinTropic, EAFIT y SILO, 2018b).

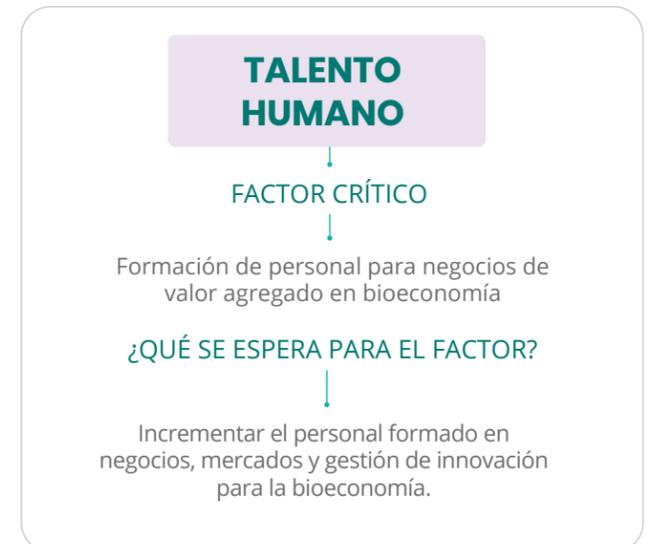
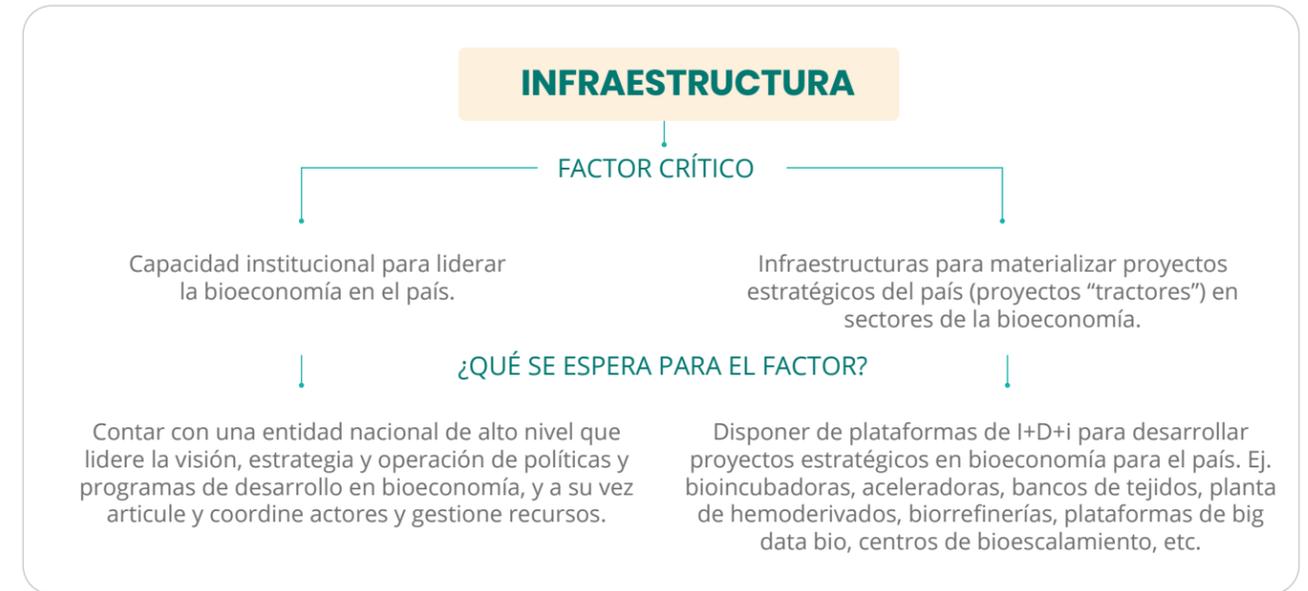
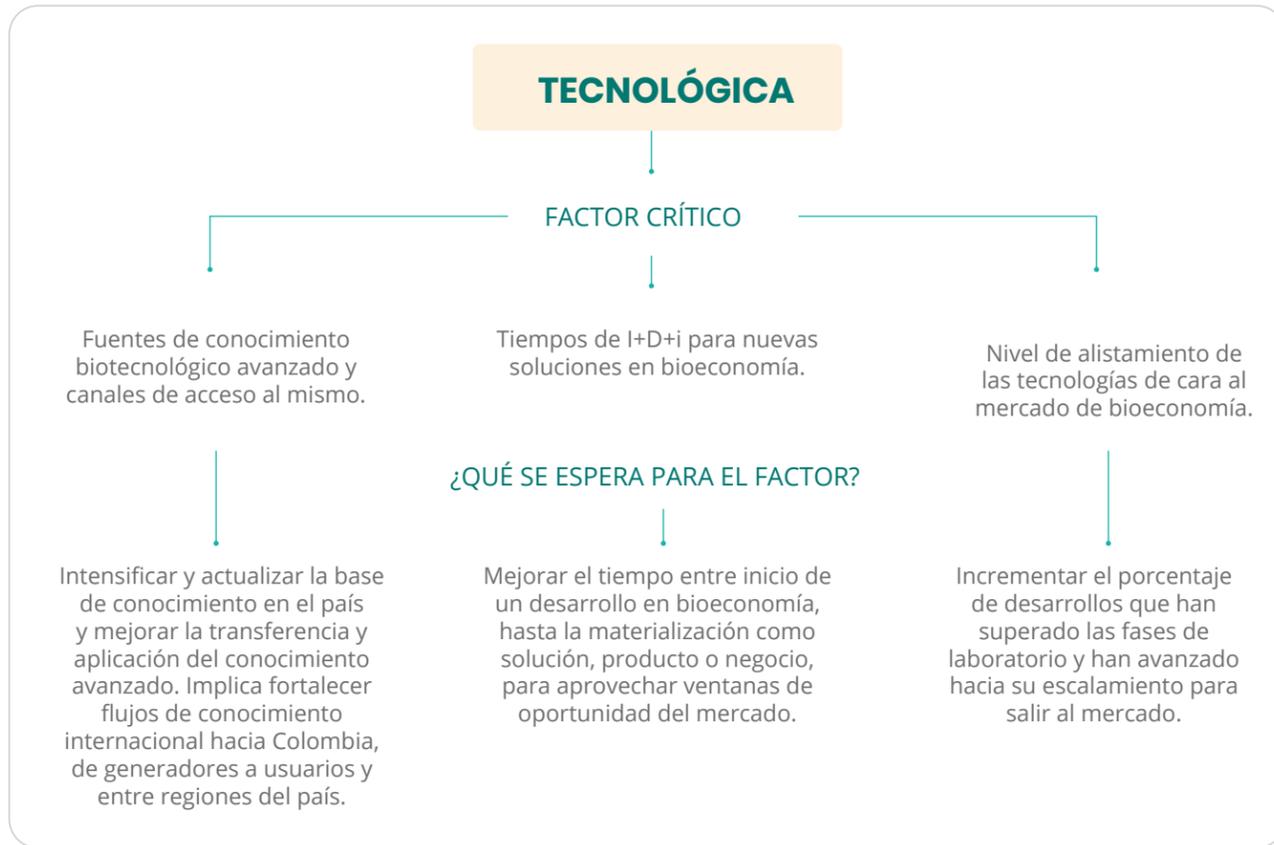
7.1.4 Temas críticos para la bioeconomía

En el contexto de los sectores potenciales analizados (agrícola y pecuario, alimentos procesados y bebidas, salud, químico, farmacéutico, cosmético y aseo), se analizaron los principales factores críticos, entendidos como las brechas o barreras para dinamizar

la bioeconomía, que se identificaron mediante consulta a expertos y se validaron y priorizaron con actores relevantes. La Tabla 7-1 presenta los factores clasificados en seis dimensiones, y las expectativas de cambio en cada una de estas.

Tabla 7-1
Factores críticos por dimensión, priorizados para la bioeconomía en Colombia.





Fuente: BioinTropic, EAFIT y SILO, 2018b

Adicional a esto, se identificó como prioritario, tanto a nivel nacional como regional, reducir las brechas entre las fases de investigación y la innovación en las empresas. Estas brechas son visibles en el denominado "valle de la muerte" en el que se encuentran un conjunto de dificultades al tratar de convertir una invención en una aplicación concreta. En muchos casos, esta brecha termina impidiendo que las iniciativas se conviertan en nuevos productos o negocios.

De otra parte, una necesidad muy importante y latente que tiene el país es la de construir bases de datos con información actualizada y per-

tinente desde los diversos aspectos que requiere la bioeconomía para hacer futuros seguimientos. Es el caso de la clasificación tradicional de actividades económicas (CIIU) o cuentas nacionales que, según el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), no distinguen si el producto es BIO o No BIO, de modo que todo está en unas grandes cuentas y, por lo general, este tipo de productos se clasifican en "otros productos", "otros servicios" o se ubican en otras actividades profesionales, científicas y técnicas, por ser industrias basadas en el conocimiento, por lo que al día de hoy no está cuantificado.



7.2 Recomendaciones de política

Tras priorizar los factores movilizados de la bioeconomía colombiana, el estudio definió un conjunto de objetivos y estrategias que constituyen una propuesta integral de lineamientos para la bioeconomía. Para explorar las estrategias y demarcarlas en el contexto colombiano, se tomaron como insumos los resultados de la priorización de sectores y de factores críticos, así como del estado de la situación, para identificar necesidades de intervención. Tras ello, se analizaron referentes internacionales de políticas afines, se consultó a expertos in-

ternacionales y se discutió con distintos actores involucrados.

De esta manera, se planteó el objetivo principal de desarrollar un modelo de bioeconomía en Colombia basado en la I+D+i y en el capital natural del país que contribuya a la diversificación del aparato productivo, al incremento del valor agregado de los productos nacionales y a un crecimiento sostenible e incluyente. A continuación, se presentan las líneas estratégicas planteadas en el estudio (BioinTropic, EAFIT y SILO, 2018b).

7.2.1 Fortalecimiento de capacidades institucionales

La primera línea estratégica es definir un esquema institucional que permita liderar los lineamientos, coordinar las estrategias y acciones, hacer seguimiento al avance en los objetivos de bioeconomía y movilizar el compromiso de los

diferentes actores alrededor de la bioeconomía, para lo cual se proponen las siguientes acciones:

En primera instancia, consolidar una institucionalidad en el Gobierno nacional y regional para liderar la bioeconomía. Para esto, es necesario

crear un comité nacional de bioeconomía en el que participen todos los actores involucrados en aspectos ambientales, sociales y económicos como MinAmbiente, Ministerio de Comercio, Industria y Turismo (MinCIT), Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MinAgricultura), el Departamento Nacional de Planeación (DNP) y el Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación (Colciencias), entre otros. Así mismo, es prioritario consolidar un fondo de recursos estable y crear una red de gestores regionales.

En segunda instancia, establecer un sistema integral de seguimiento, evaluación y comunicación de los avances en la política de bioeco-

nomía, para lo que es importante centralizar la información con inclusión de actividades Bio, definir una batería de indicadores a mediano y largo plazo, y diseñar un plan de comunicaciones dirigido al público.

En tercera instancia, poner en marcha un sistema de coordinación con stakeholders en el sector productivo y la ciudadanía para la orientación de las metas del país, incluyendo como acciones como la creación de plataformas de coordinación intersectorial, la elaboración de planes regionales en el marco de la especialización inteligente y el establecimiento de una plataforma de interacción con ciudadanos.

7.2.2 Fortalecimiento de capacidades en I+D+i

El estudio recomendó como segunda línea estratégica, diseñar e implementar programas y mecanismos que permitan fortalecer las capacidades de las entidades de I+D+i en bioeconomía y facilitar la colaboración y la transferencia de conocimientos y tecnologías entre las mismas. Para esto se propone en primer lugar, incrementar la viabilidad financiera de nuevas empresas con orientación hacia la bioeconomía y fomentar el crecimiento de las existentes, mediante la creación de beneficios tributarios a start-ups, el desarrollo de un fondo de fondos para capital de riesgo especializado y el fomento de pequeñas y medianas empresas (PYMES) de bioeconomía.

Igualmente, se recomienda posicionar a Colombia como jugador clave en el sistema internacional de I+D+i en bioeconomía, para lo cual, es prioritario apoyar la participación de entidades en proyectos internacionales y consolidar un repositorio genético de referencia mundial.

Por último, se propone promover la transferencia de tecnología, mediante leasing y financiación blanda para activos tecnológicos, la creación de un fondo para pruebas de concepto, el mejoramiento de las capacidades para pruebas de validación y escalamiento y la formación de gestores de valorización tecnológica.



7.2.3 Desarrollo de mercados

Se planteó como tercera línea estratégica, desarrollar el mercado de productos biobasados y mejorar la competitividad en sectores relacionados con la bioeconomía, con tres estrategias asociadas.

La primera, consolidar la demanda pública por productos de alto contenido bio y bienes y servicios sostenibles, mediante el impulso de compras públicas de tecnologías verdes innovadoras y el desarrollo de un programa de retos de bioeconomía a nivel regional.

La segunda, fortalecer la demanda privada por productos de alto contenido bio y bienes y servicios sostenibles, para lo cual, se requiere desarrollar una marca país BIO, implementar un programa de innovación abierta con grandes empresas, promover un portafolio nacional de productos BIO y crear una feria de bioeconomía.

Finalmente, desarrollar regulaciones y estándares internacionales que favorezcan innovaciones en bioeconomía, a través de:



Establecer mesas técnicas especializadas en legislación para innovación en bioeconomía.

Diseñar un programa de seguimiento de calidad a trámites regulatorios.



Crear *SandBox* para promover la I+D+i en bioeconomía.

Instruir masivamente sobre los trámites de acceso a recursos genéticos y de acceso al mercado.

7.2.4 Desarrollo de proyectos estratégicos

La última línea estratégica es implementar proyectos estratégicos (“tractores”) en sectores prioritarios que permitan demostrar el potencial transformador de la bioeconomía y que tengan un

efecto multiplicador en el mediano y largo plazo. Para esto se requiere conformar y gestionar un portafolio permanente de proyectos estratégicos de bioeconomía regional y nacional, así:



Proyectos de grandes infraestructuras:

bioincubadoras, centros de validación y escalamiento, biorefinerías, entre otros.



Proyectos de transformación del modelo productivo:

economía circular con biomasa residual, entre otros.



Proyectos de impulso desde la demanda:

compra pública de soluciones para enfermedades tropicales, nutrición, big data para el sector agropecuario, entre otros.



Proyectos de I+D+i para retos de la bioeconomía:

genoma humano Colombia, bioprospección asociado a expediciones BIO, medicina personalizada, cambio climático, entre otros.

7.2.5 Análisis de impacto económico

Finalmente, mediante un modelo de equilibrio general computable se simuló la evolución de la economía durante 15 años, incorporando 28 sectores (incluidos los seis priorizados en el estudio) y asumiendo que las políticas implementadas para impulsar la bioeconomía logran resolver las fallas de mercado en un escenario caracterizado por bajos crecimientos en la productividad, debidos a la escasez de emprendimientos (propio de economías con bajas externalidades tecnológicas), externalidades de información (que dificultan el descubrimiento de oportunidades) y externalidades de coordinación (relacionadas con mercados incompletos y con carencias de infraestructura).

Adicionalmente, el análisis consideró como meta un aporte del 2,1 % de la bioeconomía al PIB en 2030, asumiendo que la bioeconomía

aportaría el 50 % de la producción agropecuaria formal, el 10 % de la producción de químicos, el 4 % de servicios de salud y de farmacéuticos y cosméticos, y el 6 % de la producción de alimentos relacionada con biotecnologías.

Bajo estas condiciones se obtuvo que, con una inversión de recursos públicos, equivalente a 7,1 billones de pesos (corrientes del año 2015) en un periodo de 15 años, se generarían los siguientes beneficios en la economía: exportaciones adicionales por 7.429 millones de dólares en el periodo de proyección, un PIB adicional anual que alcanza los 2,1 billones de pesos en 2030 y 60 mil empleos anuales adicionales. El efecto incremental incluso aportaría ingresos fiscales adicionales por 1,5 billones de pesos, que financiarían el 22 % del gasto en que se incurre (BioinTropic, EAFIT y SILO, 2018b).



7.3 Metas e indicadores

En la Tabla 7-2 se presentan los indicadores y metas planteados para cada una de las líneas estratégicas, con base en los lineamientos de política propuestos en el estudio.

Tabla 7-2
Indicadores y metas para los lineamientos del componente de Bioeconomía

Línea estratégica	Indicador	Línea base	Metas		
			2022	2026	2030
Esquema institucional	Recursos públicos asegurados para el apoyo a la bioeconomía (millones de pesos).	No disponible	300.000	600.000	1.200.000
	Porcentaje de los indicadores de seguimiento de la política recogidos dentro del capítulo de bioeconomía del Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología (OCYT).	NA	35 %	100 %	100 %
	Plataformas de coordinación implementadas.	NA	6	12	18
	Planes y acuerdos suscritos, refrendados y acompañados en regiones.	NA	16	24	32

Línea estratégica	Indicador	Línea base	Metas		
			2022	2026	2030
	Número de empresas bioinnovadoras.	305	394	473	639
	Publicaciones científicas colombianas en disciplinas de bioeconomía en el primer cuartil.	No disponible	base*1,05	(base*1,05)*1,1	((base*1,05)*1,1)*1,15
Programas y mecanismos para fortalecer capacidades I+D+i	Registros de patentes solicitadas por residentes en oficina nacional y Tratado de Cooperación en materia de patentes en bioeconomía.	No disponible	base*1,3	(base*1,3)*1,45	((base*1,3)*1,45)*1,6
	Modelos de utilidad en bioeconomía.	No disponible	base*1,3	(base*1,3)*1,45	((base*1,3)*1,45)*1,6
	Número de spin-offs y start-ups en bioeconomía.	No disponible	base*1,15	(base*1,3)*1,2	((base*1,15)*1,2)*1,35
	Número de licenciamientos o venta de tecnologías del conocimiento dentro de los centros de innovación y Oficinas de Transferencia de Resultados de la Investigación (OTRIS).	No disponible	base*1,15	(base*1,3)*1,2	((base*1,15)*1,2)*1,35

Línea estratégica	Indicador	Línea base	Metas		
			2022	2026	2030
	Porcentaje de las compras públicas que incorporan criterios verdes.	No disponible	5 %	10 %	15 %
Mercado de productos biobasados	Valor total de la producción de bienes y servicios de bioempresas.	No disponible	7 %	15 %	19 %
	Nuevas leyes o normas que contribuyan al desarrollo de la bioeconomía.	No disponible	6	9	12
	Recursos totales invertidos (millones de pesos).	No disponible	30.000	90.000	120.000
	Número de infraestructuras puestas en operación en el marco de la política.	0	2	3	4
Proyectos estratégicos	Valor total de las compras públicas de tecnologías innovadoras de bioeconomía.	No disponible	15.000	30.000	45.000
	Número de proyectos de transformación del modelo productivo.	No disponible	6	12	18
	Número de proyectos de I+D para retos de la bioeconomía.	No disponible	6	12	18

Fuente: BioinTropic, EAFIT y SILO, 2018b

8 ECONOMÍA FORESTAL

Colombia es uno de los países más ricos del mundo en términos de biodiversidad, con amplias reservas de bosques, agua y recursos minerales. Sin embargo, en el país se aprovecha menos del 2 % de las áreas con alto potencial para reforestación comercial, con cerca de 310 mil hectáreas cultivadas (Profor, 2017).

La Misión de Crecimiento Verde priorizó la economía forestal debido a sus potenciales beneficios

económicos, ambientales y sociales, que permiten generar nuevas oportunidades de crecimiento económico y desarrollo a nivel nacional y regional, y contribuir a la reducción de la deforestación y de la degradación de los bosques naturales.

En este sentido, se realizó el estudio Economía forestal en el marco de la Misión de “Crecimiento Verde en Colombia”, que tuvo como objetivo identificar los determinantes que han limitado su desarrollo en Colombia y recomendar las estrategias orientadas a fortalecer tanto el aprovechamiento sostenible del bosque nativo, como de las plantaciones forestales comerciales y en general, de la cadena forestal como aporte significativo en la transición del crecimiento verde. Adicionalmente, el estudio elaboró los planes de negocio para cinco núcleos forestales regionales.



8.1 Diagnóstico

Colombia tiene más de 59 millones de hectáreas de bosque natural que cubre el 52 % de la superficie terrestre y se encuentra distribuido principalmente en la Amazonía y el Pacífico. De acuerdo con los registros de MinAmbiente, en la actualidad hay 74 Planes de Ordenación Forestal (POF) formulados, de los cuales 19 están aprobados. El número de especies forestales comercializadas es mayor a 200 (IDEAM, 2013), aunque cerca del 70 % del total de volumen comercializado se centra tan solo en 20 de estas especies. En condiciones de legalidad, el acceso a este recurso presenta dificultades por falta de información sobre su estado, falta de infraestructura vial, complejidad en los procesos administrativos y baja tecnificación. No obstante, el aprovechamiento del bosque natural, se caracteriza por tener altos niveles de informalidad y de ilegalidad.

Por otra parte, Colombia tiene más de 17 millones de hectáreas con alto potencial para reforestación comercial (UPRA, 2015). Sin embargo, a octu-

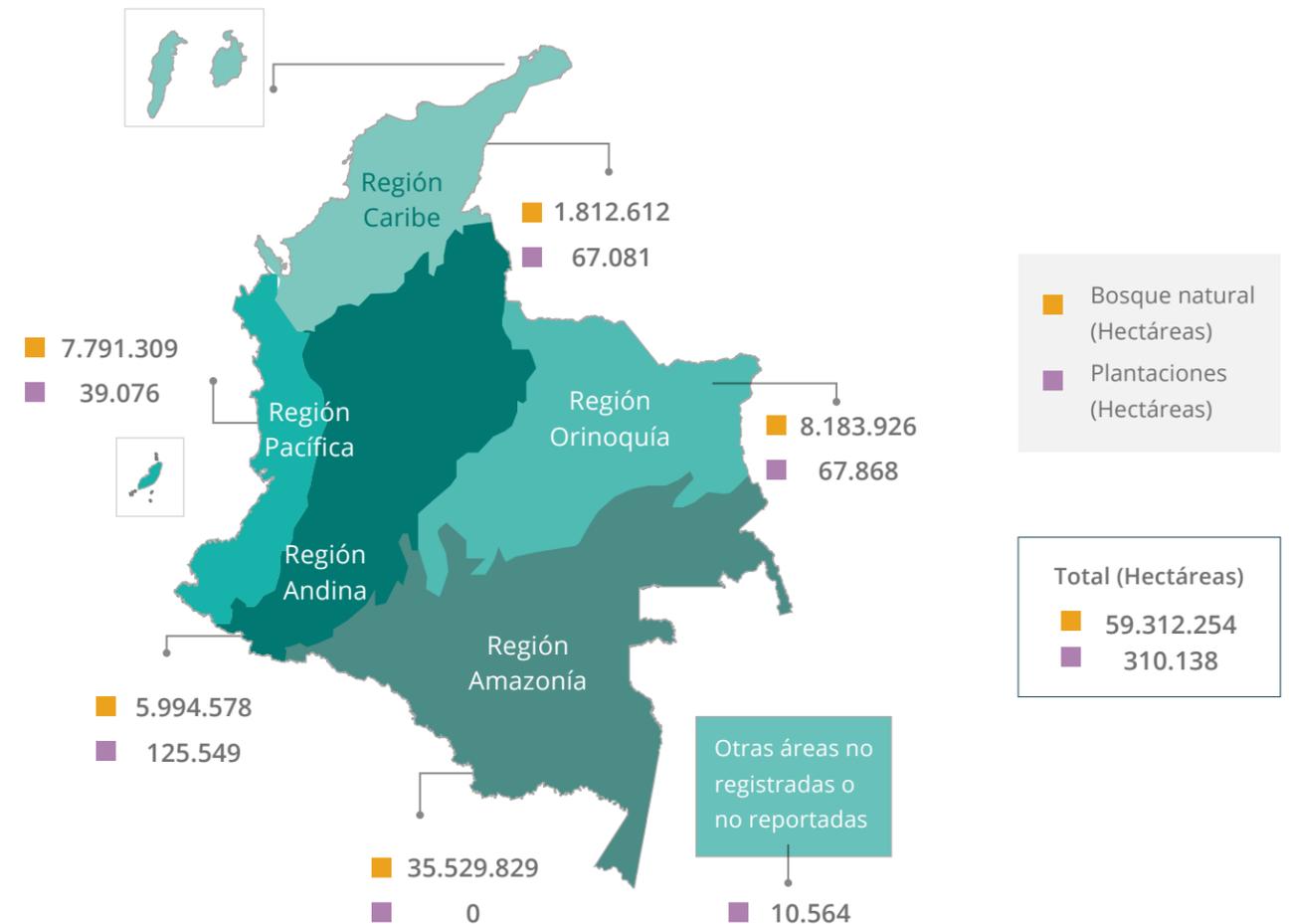
bre de 2016, solamente se encontraban registradas ante el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) 310.138 hectáreas³⁵, concentradas principalmente en los departamentos de Antioquia, Meta, Vichada, Valle del Cauca y Córdoba, con una alta fragmentación evidenciada en 11.789 predios sembrados con el 68 % menor a 15 hectáreas. Las principales especies plantadas son de los géneros *Pinus*, *Eucalyptus*, *Acacia* y la *Teca* (*Tectona grandis*).

Se estima que el sector forestal aportó el 0,79 % del PIB total para el año 2017. Sin embargo, la información estadística sobre la industria forestal es limitada y solo se tienen datos parciales del volumen de madera procesada, su fuente de procedencia y el número de empleos generados por este sector. Adicionalmente, no hay información suficiente que permita caracterizar el potencial productivo de las plantaciones existentes y de los bosques naturales.

La Tabla 8-1 muestra la distribución de las plantaciones y de la cobertura boscosa por regiones en Colombia.

35. Esta información corresponde a las plantaciones forestales comerciales registradas ante el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), de acuerdo con la base de datos ICA-FINAGRO a octubre de 2016. Hay otras fuentes de información que difieren de dicha cifra; lo cual obedece a diferentes razones como: plantaciones existentes no registradas, plantaciones protectoras productoras que tienen registro ante las CAR, plantaciones aprovechadas que no han salido del registro, entre otros. En Colombia una plantación comercial debe registrarse ante el ICA para tener el permiso de movilización, por lo cual, en términos prácticos, solo el material registrado estaría disponible para la industria.

Gráfica 8-2
Superficie de bosques naturales y de plantaciones forestales



Fuente: ONF Andina, 2018a, con base en cifras del registro de plantaciones ICA a octubre de 2016 y de bosque natural del Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMBYC), con corte a 18-11-2017 IDEAM, 2017.

En cuanto a los actores del sector se identificó, en primer lugar, al Gobierno con sus entidades estatales del ámbito nacional, representados principalmente por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MinAmbiente) y el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MinAgricultura); las entidades territoriales; las autoridades ambientales regionales y demás entidades a cargo del control y vigilancia. Adicionalmente, se cuenta con instancias de orientación y articulación del sector, creadas a lo largo de los años, tal y como, el Comité Asesor de Política Forestal, el Consejo Nacional de la Cadena Forestal, el Consejo Nacional Ambiental, la Comisión Intersectorial para el Control a la Deforestación y la Pro-

tección de Bosques, la Mesa Forestal Nacional y las Mesas Forestales Regionales.

También resultan claves, la academia, los institutos de investigación, las entidades financieras, el sector privado (empresas y gremios), las Organizaciones No Gubernamentales (ONG) y los organismos de cooperación. Vale la pena resaltar a la Federación Nacional de Industriales de la Madera (Fedemaderas), como principal agremiación del sector forestal, de madera y mobiliario, que vincula a más de 472 empresarios y productores del sector en el país. Aunque este gremio abarca la totalidad de la cadena productiva, actualmente, presenta recursos limitados que condicionan su capacidad de influencia e intervención a favor de sus miembros.

8.1.1 Marco político y regulatorio

De forma resumida, se puede considerar que la política forestal de Colombia está definida principalmente por los siguientes documentos: i) Documento CONPES 2834 de 1996 Política de Bosques; ii) Plan nacional de desarrollo forestal (2000) y Documento CONPES 3125 de 2001 Estrategia para la consolidación del plan nacional de desarrollo forestal; iii) Estrategia nacional de prevención, seguimiento, control y vigilancia forestal (2010); iv) Plan de acción para la reforestación comercial (2011); v) Acuerdo de competitividad de la cadena productiva forestal, madera, tableros, muebles y productos de madera (2011); vi) Política para la gestión integral de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos (2012); vii) Pacto intersectorial por la madera legal en Colombia (2015); viii) Estrategia integral de control a la deforestación y gestión de los bosques (2017); y ix) Lineamientos de



Para el bosque nativo:

la Ley 2 de 1959³⁶, mediante la cual se establecieron siete grandes Zonas de Reserva Forestal para el desarrollo de la economía forestal y la protección de los suelos, las aguas y la vida silvestre; el Código de Recursos Naturales Renovables Decreto Ley 2811 de 1974³⁷ y el Decreto 1791 de 1996³⁸ que contiene el régimen de aprovechamiento forestal donde se incluye también el aprovechamiento de productos de la flora silvestre o productos no maderables.

política para plantaciones forestales con fines comerciales para la obtención de madera y su cadena productiva 2016-2038.

Estos documentos reflejan una buena identificación del potencial del sector forestal, así como de los procesos a mejorar para lograr una efectiva valoración y desarrollo del mismo. A pesar de estos progresos, muchos retos siguen vigentes, en parte debido a la dificultad del sector para identificar las grandes líneas estratégicas que deben guiar las acciones de las diferentes entidades públicas y privadas que intervienen en la gestión, la valorización y la conservación de los bosques.

En materia normativa, desde la primera mitad del siglo XX han sido expedidas regulaciones en materia forestal. Dentro de la abundante reglamentación afín al sector, se consideran como referencias jurídicas centrales las siguientes:



Para el bosque plantado:

la Ley 101 de 1993³⁹ Ley General de Desarrollo Agropecuario y Pesquero, donde la explotación forestal y la reforestación comercial quedaron definidas como actividades esencialmente agrícolas; la Ley 139 de 1994⁴⁰ que introdujo el Certificado de Incentivo Forestal; y el Decreto 1498 de 2008⁴¹ que reglamenta los cultivos forestales o sistemas agroforestales con fines comerciales.

36. Ley 2 de 1959, sobre economía forestal de la Nación y conservación de recursos naturales renovables.

37. Decreto Ley 2811 de 1974, por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente.

38. Decreto 1791 de 1996, por medio de la cual se establece el régimen de aprovechamiento forestal.

39. Ley 101 de 1993, Ley General de Desarrollo Agropecuario y Pesquero.

40. Ley 139 de 1994, por la cual se crea el Certificado de Incentivo Forestal y se dictan otras disposiciones.

41. Decreto 1498 de 2008, por el cual se reglamenta el parágrafo 3° del artículo 5° de la Ley 99 de 1993 y el artículo 2° de la Ley 139 de 1994.

Durante el año 2006 fue expedida la Ley 1021⁴² que buscaba promover el desarrollo sostenible del sector forestal colombiano, para lo que estableció una organización administrativa y reguló las actividades relacionadas con los bosques naturales y las plantaciones forestales; no obstante, esta Ley

fue declarada inexecutable. Posteriormente, se pretendió llenar parcialmente ese vacío jurídico a través de la Ley 1377 de 2010⁴³, que tenía por objeto definir y reglamentar las plantaciones forestales y sistemas agroforestales con fines comerciales. Sin embargo, esta también fue declarada inexecutable.



8.1.2 Asistencia técnica, investigación y desarrollo

En forma general, el sector ha contado con pocos mecanismos de transferencia de tecnología y orientación técnica, en sus diferentes eslabones. En la parte de la producción de materia prima, la asistencia técnica ha sido brindada de forma puntual, esencialmente a través de proyectos de cooperación internacional para el bosque nativo, y mediante la intervención de grandes empresas de transformación para el bosque

plantado. A través de la Ley 1876 de 2017, fueron definidas nuevas funciones, competencias y mecanismos de articulación de las entidades y organismos de coordinación del orden nacional y territorial que componen el Sistema Nacional de Innovación Agropecuaria (SNIA), al tiempo que se crea el servicio público de extensión agropecuaria en reemplazo del anterior servicio de asistencia técnica directa rural.

42. Ley 1021 de 2006, por la cual se expide la Ley General Forestal.

43. Ley 1377 de 2010, por medio del cual se reglamenta la actividad de reforestación comercial.

Dentro de los usuarios del servicio de asistencia técnica se encuentran los reforestadores, pero no hay garantía de que este renglón de producción sea efectivamente cubierto ya que pocos actores técnicos locales lo dominan. Adicionalmente, no es claro si el aprovechamiento sostenible del bosque natural será sujeto de la prestación de este servicio.

En cuanto a la investigación forestal, esta se encuentra desperdigada y mucha se ha perdido en los traslados administrativos y cambios institucionales, o tiene canales de publicación que dificultan el acceso a los resultados; por lo que no en todos los casos es posible hacer uso de los avances en investigación y tecnología, para el crecimiento de la industria y el desarrollo del sector.

El Programa de Investigación en Semillas y Especies Forestales Nativas (INSEFOR), realizó avances importantes en el mejoramiento genético y forestal, así como investigación en semillas. Esta iniciativa fue reemplazada por

convocatorias de MinAgricultura, luego por el Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación (Colciencias), para ser finalmente asignado a la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica, hoy Agrosavia), donde el aspecto forestal no tiene el suficiente peso para que sus avances aporten de manera notoria al desarrollo industrial y fortalecimiento del sector.

Por otra parte, la investigación desde la academia muestra diversos proyectos, pero como iniciativas aisladas que no obedecen a una línea estratégica ni están alineadas con las necesidades de la industria. La financiación de estas líneas de investigación es muy reducida y se orienta principalmente a sistemas agroforestales, caucho y productos no maderables, por ejemplo, en 2017 solamente el 2 % de los recursos del Fondo de Ciencia, Tecnología e Innovación del Sistema General de Regalías, fueron destinados a investigación agropecuaria o ambiental (Colciencias, 2017).



8.1.3 Financiación del sector

El principal instrumento con que cuenta el sector forestal comercial es el Certificado de Incentivo Forestal (CIF) creado por la Ley 139 de 1994. Con este incentivo se han reforestado, entre el año 1995 y 2015, 258.076 hectáreas con un total de 385.000 millones de pesos en recursos CIF. De acuerdo con los resultados de los estudios de (Profor, 2017), en el que participaron varios productores, el CIF es percibido como un instrumento importante y eficaz, y el equipo de ejecución es visto como eficiente. Sin embargo, el CIF solo cubre los primeros cinco años de mantenimiento de las plantaciones, por lo cual los productores generalmente no realizan las actividades silvícolas requeridas, al ser es-

tos cultivos de largo plazo. Estas condiciones dan como resultado hectáreas de plantaciones perdidas, en mal estado, con productos de mala calidad o rendimiento por debajo del promedio sostenible, además pequeñas plantaciones desligadas de vías de acceso y alejadas de la industria.

Otros instrumentos financieros existentes en el sector son: las exenciones de la renta a algunos ingresos obtenidos del aprovechamiento de las plantaciones forestales, deducción de algunos costos y reducción del IVA por materiales y equipos. En la actualidad no existen instrumentos financieros específicamente diseñados para el manejo sostenible del bosque nativo.

8.1.4 Mercado

El bosque natural fue la principal fuente de materia prima para la industria maderera, desde sus comienzos hasta finales del siglo XX (Tecniforest Ltda., 1999); mientras que hoy en día estudios recientes coinciden en que el consumo de madera ha ido migrando hacia la madera de plantaciones forestales y otros productos como tableros, plásticos e incluso el metal (MinAmbiente y ONFA, 2016) y (Profor, 2017). La madera que se incorpora al mercado de bosque natural proviene del aprovechamiento selectivo en las zonas del Pacífico, Magdalena Medio y Puerto Asís y en menor escala del Nordeste Antioqueño.

En cuanto a productos forestales no maderables, Colombia presenta alto potencial gracias a su biodiversidad, sin embargo, su comercio es principalmente informal sin el respaldo de estudios técnicos que garanticen la sostenibilidad del aprovechamiento o permitan caracterizar las cadenas de valor generadas. Dentro de los principales productos se pueden destacar: los alimentos (frutos, miel y cera de abejas); las artesanías; los colorantes; los ornamentales (flores y plantas vivas) y los productos que se pueden obtener de las diferentes especies de

palmas que hay en el país, tales como fibras, látex, gomas y frutos.

En el segmento industrial el sector forestal está constituido en su mayoría por micro y pequeñas empresas. El mayor número de empleos se encuentra en la gran empresa de pulpa, papel y tableros, seguido de la microempresa, que es una gran generadora de empleo en el sector. La industria se ubica en las principales ciudades del país como son Bogotá, Cali, Medellín y Barranquilla, lo que no guarda correlación con las principales ciudades donde se encuentran las plantaciones forestales o los bosques naturales. A excepción de algunas empresas forestales que tienen sus propias fuentes de materia prima como son Smurfit Kappa, Cipreses y Tablemac ubicadas en la zona andina y Refocosta en el Caribe y Orinoquía.

En Colombia los artículos de mayor importancia son los de papel, cartón y sus productos, los cuales representaron una demanda de 14.596 miles de millones de pesos en el 2015, frente a 7.534 miles de millones de pesos que representaron los muebles y 4.424 miles de millones de pesos para los productos de madera, corcho, paja y materiales trenzables.



Gráfica 8-2
Producción, exportaciones, importaciones y consumo de madera y productos de madera, para los años 2005 y 2013 (m³ de madera rolliza)



Fuente. ONF Andina, 2018a con base en Profor, 2017

*Estimado por aproximación

La producción en general de productos maderables se ha fortalecido a un ritmo menor que el consumo, situación que ha ocasionado un aumento en las importaciones y una balanza comercial negativa para el sector. Por ejemplo, en el caso de los tableros de madera; mientras que, el consumo pasó de 516.598 m³ en el año 2005 a 807.081 m³ en el 2013, la producción pasó de 378.236 m³ a 407.081 m³ en el mismo periodo; con un consecuente aumento de las importaciones de tableros de 224.160 m³ en el 2005 a 470.000 m³ en el 2013.

Este análisis muestra que Colombia tiene un consumo nacional insatisfecho que debe ser suplido por el mercado antes de entrar a competir en el ámbito internacional, sumado a que, el país tiene un bajo nivel competitivo en infraestructura, costos de producción y transporte y tasas de crecimiento.

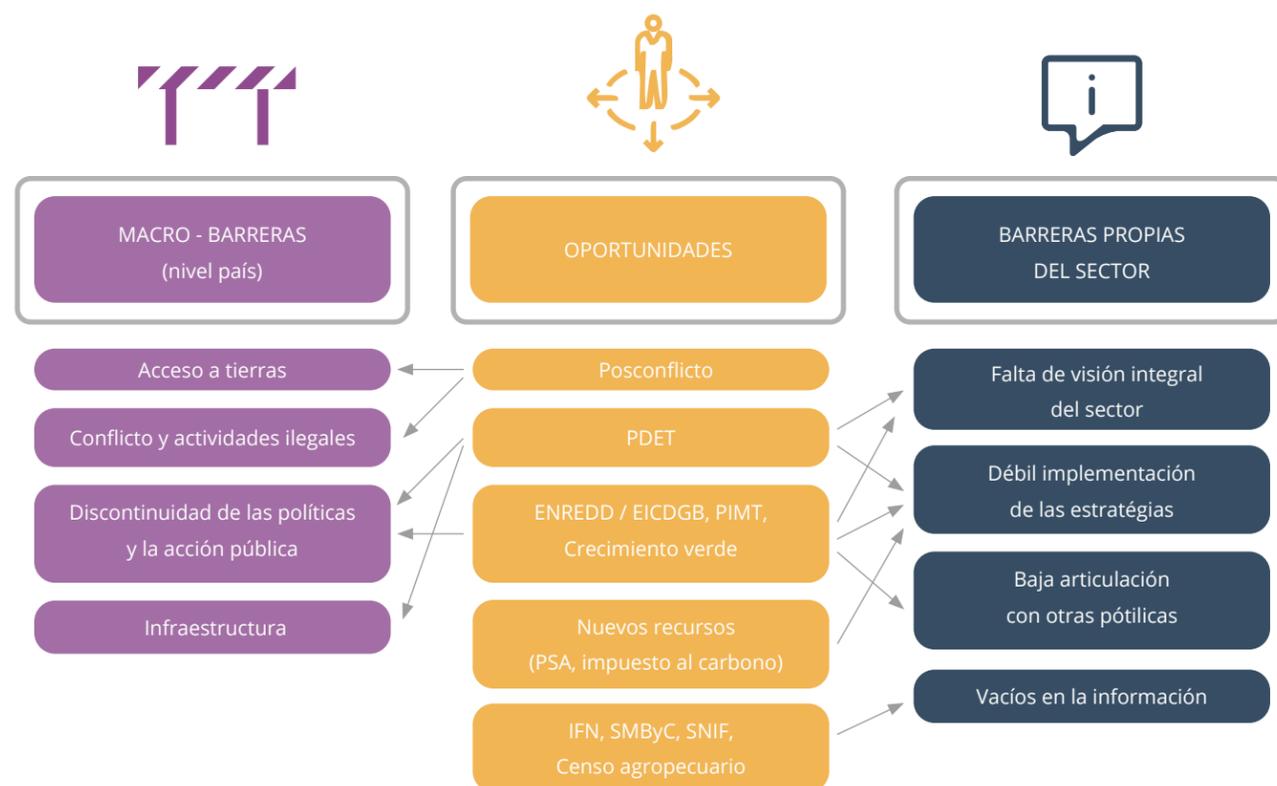
En cuanto a la generación de empleo, la actividad forestal a lo largo de toda la cadena, genera alrededor de 74.956 empleos directos formales (Confecámaras, 2016) y 280.000 empleos indirectos (MinAgricultura, 2011).

8.1.5 Temas críticos para la economía forestal

El análisis realizado por la consultoría del sector forestal identificó una serie de barreras externas e internas que limitan el desarrollo del sector. Las mayores barreras identificadas son: acceso a tierras, conflicto y actividades ilegales, discontinuidad de las políticas y la acción pública y deficiencia en infraestructura del país. No

obstante, la solución de este tipo de problemáticas sobrepasa al sector forestal y requiere del concurso del gobierno nacional en una apuesta para el desarrollo económico y social del país, especialmente del sector rural. En la Figura 8-1, se sintetizan las principales barreras y oportunidades identificadas.

Figura 8-1
Principales barreras y oportunidades para el sector forestal



Fuente: ONF Andina, 2018b

Notas: PDET: Programas de desarrollo con enfoque territorial; ENREDD: Estrategia Nacional de Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación Forestal; EICDGB: Estrategia Integral de Control a la Deforestación y Gestión de los Bosques; PIMT: Pacto Intersectorial por la Madera Legal en Colombia; PSA: Pago por servicios ambientales; IFN: Inventario Forestal Nacional; SMByC: Sistema de monitoreo de bosques y carbono para Colombia; SNIF: Sistema Nacional de Información Forestal.

Las barreras propias del sector forestal que fueron identificadas para el bosque natural muestran una tendencia hacia la restricción del aprovechamiento relacionadas con las consideraciones ambientales, la falta de capacidad técnica y limitaciones operacionales de las autoridades ambientales regionales. Desde el punto de vista económico, la inversión inicial para realizar un aprovechamiento forestal es alta, especialmente por los requisitos técnicos, por el tiempo que duran los trámites de autorización o permisos de aprovechamiento y por no existir instrumentos económicos que les permita a los usuarios de los bosques acceder a recursos para apalancar esta alta inversión, especialmente teniendo en cuenta que los bosques naturales se encuentran restrin-

gidos a zonas de difícil acceso y que la mayoría de estos han sufrido aprovechamientos selectivos de las maderas más valiosas.

Por su parte, las plantaciones forestales también presentan una serie de barreras que han impedido su posicionamiento como un sector importante para el desarrollo económico agropecuario, algunas de las cuales son de tipo técnico como la falta de investigación, asistencia técnica y dificultades logísticas. Así mismo, existen otras de tipo económico como el largo plazo del negocio forestal y la dificultad de acceder a créditos e incentivos, además de las dificultades de asociatividad que para este sector puede ser muy importante por la necesidad de producir altos volúmenes para el mercado.

8.2 Recomendaciones de política

Las propuestas planteadas son el resultado de un proceso de análisis profundo del sector forestal del país, e incluyen un proceso de socialización y trabajo con diferentes actores de la cadena en varias regiones del país. Como

resultado de este proceso, el estudio plantea recomendaciones en seis líneas estratégicas: político, normativo, institucional, instrumentos financieros, aspectos técnicos e investigación, innovación y educación.

8.2.1 Articulación de la política pública

La principal recomendación es la consolidación de una política forestal única, clara y ambiciosa para Colombia, que implica el ajuste de la Política de Bosques y del Plan Nacional de Desarrollo Forestal, para incorporar las nuevas tendencias en ciencia, tecnología e innovación, y una visión integral del aprovechamiento sostenible de las plantaciones forestales y los bosques naturales.



8.2.2 Fortalecimiento del marco normativo

Se reconoce la necesidad de establecer un marco normativo forestal claro, completo, armonizado y actualizado que brinde las mejores condiciones para el crecimiento verde y la economía forestal. La principal recomendación en este sentido es expedir una Ley Forestal que de mayor seguridad jurídica y sea incluyente, e incorpore consideraciones para un escenario de posconflicto y de control de la deforestación. Adicionalmente, como parte de las modificaciones normativas recomendadas se plantea la necesidad de actua-

lizar el Decreto 1791 de 1996 sobre el régimen de aprovechamiento forestal (compilado en el Decreto Único del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible 1076 de 2015) para armonizarlo con las nuevas disposiciones en materia de cultivos forestales comerciales, definir aspectos metodológicos de los planes de ordenación forestal y de los planes de manejo forestal sostenible, y enmarcar las modalidades de asociación entre comunidades y terceros para el aprovechamiento de los bosques, entre otros aspectos.

8.2.3 Fortalecimiento institucional

Se recomienda fortalecer la capacidad operacional pública en el tema forestal, para lo que se plantea la necesidad de armonizar y consolidar las instancias nacionales y regionales que orientan la política forestal. El estudio estructuró los siguientes tres escenarios de modificación para el fortalecimiento de la administración forestal:

Escenario 1:



fortalecimiento del modelo existente en los organismos que tienen influencia directa sobre el aprovechamiento del recurso forestal, su movilización y su primera transformación como las autoridades ambientales y el ICA, principalmente en su estructura organizacional, capacidades de los equipos técnicos y financiamiento.

Escenario 2:



nueva institucionalidad forestal a través de la reglamentación del Servicio Forestal Nacional (SFN) como parte de una entidad existente, siendo el candidato más viable la Agencia de Desarrollo Rural (ADR). El SFN tendría funciones de planeación, autorización para el aprovechamiento, control y vigilancia, asistencia técnica, información y articulación regional.



Escenario 3:

SFN como entidad propia con una visión integral, adscrita a una administración transversal (Presidencia, Vicepresidencia o DNP) o adscrita a MinAmbiente o MinAgricultura. Sus funciones serían las descritas en el Escenario 2, para lo cual se fijaría una hoja de ruta cuatrienal acorde a cada Plan Nacional de Desarrollo.

8.2.4 Creación de instrumentos financieros

Respecto al financiamiento, la consultoría plantea la creación de un Fondo Forestal Nacional, con componentes de fondo patrimonial y de fondo extinguido, que tendría como fin la operación del Inventario Forestal Nacional, así como la elaboración y actualización de los instrumentos forestales y de su institucionalidad.

Otra de las recomendaciones, es contar con una oferta de financiación para los planes de ma-

nejo forestal sostenible, la cual se plantea como un subsidio reembolsable que servirá para promover la elaboración de planes de manejo forestal técnicamente bien elaborados y con facilidades de pago para los usuarios. Finalmente, se recomienda la creación de zonas con ventajas tributarias para los clústeres forestales, lo que podría adelantarse mediante zonas francas permanentes o con las Zonas más Afectadas por el Conflicto Armado (ZOMAC).

8.2.5 Investigación, innovación y educación

En cuanto a la investigación, innovación y educación se plantea la necesidad de ampliar y robustecer el alcance de la información forestal del país, mediante la consolidación del inventario forestal nacional, el fortalecimiento del Sistema Nacional de Información Forestal

(SNIF), la armonización de la información cartográfica relacionada con el sector forestal y el fortalecimiento de los sistemas para conocer el consumo diferenciado entre la madera proveniente de bosque natural y plantaciones forestales comerciales.



8.3 Metas e indicadores

La Tabla 8-2 presenta las metas e indicadores propuestas por el estudio de economía forestal, las cuales parten de las recomendaciones descritas anteriormente.

Tabla 8-1
Metas e indicadores para el impulso de la economía forestal en Colombia

Línea estratégica	Indicador	Línea base	Meta		
			2022	2026	2030
Política pública	Política forestal publicada.	Sin LB	1 (2020)	---	---
	Marco de seguimiento y evaluación de la política forestal establecido, actualizado para el año inicial y disponible en línea.	Sin LB	1 (2020)	---	---
	Metas cuantificables adoptadas y publicadas, que reflejen la participación del sector forestal en el crecimiento verde del país.	Sin LB	1 (2019)	---	--
Normatividad	Ley forestal expedida.	Sin LB	1 (2022)	---	---
	Reglamentación expedida para actualizar el régimen de aprovechamiento forestal (actualización de los Decretos 1791 de 1996 y 1498 de 2008) y expedición de una resolución de MinAmbiente sobre el alcance de la zonificación.	Sin LB	1 (2022)	---	---
	Reglamentación expedida para actualizar las reglas de cálculo y atribución de la tasa de aprovechamiento forestal	Sin LB	1 (2021)	---	---
	Reglamentación expedida para actualizar el Certificado de Inventario Forestal.	Sin LB	1 (2021)	---	--

Línea estratégica	Indicador	Línea base	Meta		
			2022	2026	2030
Institucional	Resolución conjunta de MinAmbiente y MinAgricultura para la creación de la Mesa Nacional Forestal, su participación regional y la adopción del programa de la mesa.	Sin LB	1 (2019)	---	---
	Fondo forestal creado y dotado con recursos suficientes.	Sin LB	1 (2020)	---	---
	Número de hectáreas cubiertas por los planes de manejo forestal financiados ⁴⁵ .	Sin LB	125.000	375.000	750.000
Instrumentos financieros	Número de zonas ⁴⁶ apoyadas para estructurar clústeres forestales con beneficios tributarios.	Sin LB	6	4	---
	Valor de las inversiones realizadas cada 4 años por los instrumentos de financiación específicos creados y operados para pequeñas y medianas empresas de los clústeres forestales (inversiones menores a 500.000 USD/ empresa).	Sin LB	1 millón de USD	2 millones de USD	3 millones de USD
Aspectos técnicos	Número de hectáreas de bosque natural aprovechadas sosteniblemente con asistencia técnica.	Sin LB	125.000	500.000	1.250.000
	Número de hectáreas de bosque con Plan de Ordenación Forestal elaborados.	Sin LB	2.985.000	5.910.000	6.910.000
	Número de hectáreas de bosque con Plan de Ordenación Forestal actualizados.	Sin LB	3.507.371	5.645.893	7.074.980
	Número de hectáreas de bosque con Plan de Manejo Forestal Sostenible, según nuevas orientaciones técnicas.	Sin LB	125.000	375.000	750.000

Fuente: ONF Andina, 2018b

45. Planes de manejo forestal nuevos para 1.250.000 hectáreas entre 2019 y 2030, de los cuales 25 % incluyen productos no maderables.

46. Zonas más afectadas por el conflicto armado en Colombia (ZOMAC) y zonas francas permanentes.

9 FUENTES NO CONVENCIONALES DE ENERGÍA RENOVABLE (FNCER)

El sector energético ha sido reconocido como uno de los más relevantes dentro del crecimiento verde a nivel global, en función de su alta contribución a la problemática de cambio climático. Las políticas en numerosos países se han centrado en modificar su matriz energética a través de diversas estrategias, que incluyen el aumento de la participación de las FNCER⁴⁷ en la generación de electricidad con el fin de reducir la huella de carbono del sector.

Las FNCER son además una oportunidad para diversificar la matriz energética, contribuir a la seguridad energética del país y generar nuevos negocios y empleos a partir del uso de estas tecnologías, cuyos precios son cada vez más competitivos en los mercados. No obstante, la capacidad instalada de generación con FNCER en Colombia representa solamente el 2 % de la capacidad instalada total del país (Enersinc, 2017a).

Por lo tanto, la Misión de Crecimiento Verde realizó el estudio Energías Renovables y Eficiencia Energética para el Crecimiento Verde en Colombia con el fin de analizar el contexto mundial y nacional en cuanto al desarrollo de las FNCER, en el marco de la oferta energética de nuestro país. En este, se realizó la revisión de estudios previos, el análisis de barreras que enfrenta el país en la materia, la consolidación y análisis de las políticas vigentes, el desarrollo de posibles escenarios de penetración de las FNCER y el desarrollo de recomendaciones de política y de cambios regulatorios para incentivar el incremento de estas fuentes renovables no convencionales.

9.1 Diagnóstico

La matriz de generación eléctrica colombiana muestra un alto componente de energía renovable, tomando en cuenta que cerca del 70 % de la capacidad instalada es hidroeléctrica. No obstante, y a pesar del alto potencial de recursos renovables no convencionales en el país, tal como el solar y el eólico (Tabla 9-1), las FNCER

solo representan una proporción muy pequeña en la matriz eléctrica (Gráfica 9-1).

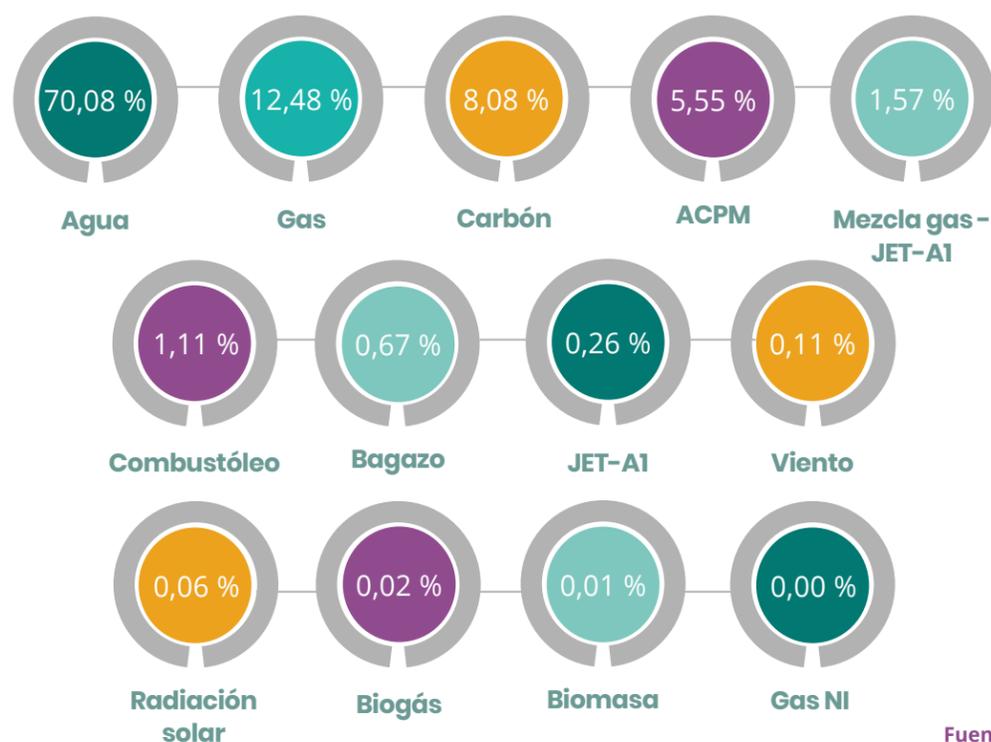
Lo anterior, a pesar de que en los últimos años se presenta una tendencia decreciente en los costos de generación con FNCER y al enorme interés de inversionistas privados por estructurar proyectos en este sector.

Tabla 9-1
Potenciales FNCER

FUENTE	POTENCIAL	
 SOLAR	Urbano en techo de principales ciudades	→ 1.886 MW
	Irradiación promedio	→ 4,5 kWh/m ² /día
 EÓLICO	Costa Norte	→ 20.000 MW
	Santanderes	→ 5.000 MW
	Boyacá	→ 1.000 MW
	Risaralda - Tolima	→ 1.000 MW
	Huila	→ 2.000 MW
Valle del Cauca	→ 500 MW	
 BIOMASA	Residuos agrícolas	→ 33.350 TJ/año
	Residuos pecuarios	→ 117.748 TJ/año
	Otros residuos	→ 410 TJ/año
 GEOTERMIA	---	→ 1.000-2.000 MW

47. De acuerdo con la Ley 1715 de 2014, por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional, se consideran FNCER la biomasa, los pequeños aprovechamientos hidroeléctricos, la eólica, la geotérmica, la solar y los mares.

Gráfica 9-1 Capacidad instalada por tecnología en la matriz eléctrica



Fuente: UPME, 2017

La Misión identificó al menos 20 estudios realizados en años anteriores por diversas entidades nacionales e internacionales con el objetivo de identificar las principales barreras, proponer incentivos, analizar diferentes alternativas y escenarios de penetración, así como costos de im-

plementación de FNCER. En este sentido, este estudio estableció puntos de análisis en común para todos los documentos revisados, y a partir de esta síntesis se establecieron conclusiones convergentes, en cuanto a las alternativas y los costos y beneficios de estas tecnologías.

9.1.1 Alternativas de FNCER

En cuanto a la participación de FNCER en la matriz eléctrica, la mayoría de los estudios consultados coinciden en que el mayor potencial lo tienen la energía eólica y la energía solar fotovoltaica. En el caso de la energía eólica, se identifica un potencial importante de desarrollo de proyectos a gran escala especialmente en la zona norte del país.

En el caso de la energía solar, se resalta su gran potencial dentro de las alternativas de penetración de FNCER, particularmente a peque-

ña escala tanto como generación distribuida en el Sistema Interconectado Nacional como en zonas no interconectadas. Lo anterior, se explica por la reducción de costos de la tecnología y por el abundante recurso solar que se tiene en el país.

También identifican como alternativas, la participación de la energía de biomasa, y la energía geotérmica, aunque con un menor potencial de crecimiento en el mediano plazo comparado con la eólica y la solar.

9.1.2 Costos y beneficios de implementación de FNCER



Costos de implementación

La estimación de costos de proyectos se presenta como uno de los aspectos más complejos en los 20 estudios revisados, ya que en general ninguno de estos plantea con precisión los costos de implementación de las alternativas de FNCER. Este es el caso del plan de desarrollo para las FNCER de la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME), en el que se indica que los costos de inversión varían desde de 1.385 US\$/kW para parques eólicos de 100 MW y hasta 7.000 US\$/kW para centrales solares fotovoltaicas interconectadas a la red (UPME, 2010).



Beneficios ambientales

Los principales beneficios ambientales se enfocan en la reducción de emisiones de CO₂, aunque varios estudios coinciden en que particularmente, para la matriz eléctrica, las emisiones no son un driver crítico debido a la gran participación de recurso hídrico y bajo factor de emisiones global.

El estudio realizó un análisis de ciclo de vida de la matriz de generación eléctrica colombiana, en el que se plantearon diferentes escenarios de penetración de las FNCER. En todos los escenarios se proyectó un aumento de la demanda respecto al escenario Business as usual (BAU), sin embargo, dada la configuración de la matriz energética y la alta participación de las energías renovables, este aumento de la demanda no se ve reflejado en un incremento de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) y por el contrario en todos los escenarios se presenta una reducción (33 % para el escenario de baja penetración y 40 % para el de alta penetración).





Beneficios económicos

Los escenarios del Plan de Expansión de la UPME 2016, reflejan una reducción del precio marginal por la participación de las FNCER en la canasta eléctrica. En general, con la reducción de costos de estas tecnologías se puede competir en el mercado eléctrico, se pueden lograr contratos en el largo plazo con precios competitivos y se puede aumentar el número de agentes que participan, creando mejores condiciones de mercado y, por lo tanto, optimizando la formación de precios. La diversificación, también puede reducir los precios en periodos de hidrología crítica. Se plantean otros beneficios como la creación de empleo, el desarrollo de nuevos negocios, el fortalecimiento del capital humano y la atracción de nuevos inversionistas.

Los precios de proyectos otorgados mediante esquemas de mercado tipo subastas y que se espera entren hacia 2020 son de 30 USD/MWh para energía eólica y ligeramente por encima para energía solar fotovoltaica, llegando así a precios altamente competitivos con tecnologías tradicionales (IEA, 2017).



Beneficios energéticos

Como principal beneficio se identifica la diversificación de la matriz energética, que a su vez traería como beneficio una mayor seguridad del suministro con fuentes locales, un aumento en la cobertura y la prestación del servicio en zonas no interconectadas, y una reducción de la vulnerabilidad ante el cambio climático al depender no solo del recurso hídrico. No obstante, hay diferentes opiniones frente al impacto en la confiabilidad al introducir fuentes renovables intermitentes, por lo que algunos expertos mencionan la complementariedad de recursos como uno de los beneficios.



Beneficios sociales

En cuanto a generación distribuida, se presenta un beneficio cultural cuando se logra una mayor concientización al consumidor frente al uso de energías limpias, bajas en carbono y un mayor entendimiento del usuario final con esta cadena de generación, producción y consumo.

9.1.3 Políticas que regulan los aspectos relacionados con FNCER

El marco regulatorio, institucional y de política para el sector energético colombiano tiene su base en las Leyes 142⁴⁸ y 143⁴⁹ de 1994, las cuales regulan los aspectos relacionados con la prestación del servicio público de energía eléctrica y el funcionamiento de un mercado competitivo de energía, propenden por el manejo eficiente y sostenible de los recursos energéticos del país y asignan las respectivas competencias institucionales en la materia.

Desde inicios de este siglo, Colombia comenzó a direccionar su política energética hacia la promoción de FNCER. Con la adopción de la Ley 697 de 2001⁵⁰ y decretos posteriores, se establecieron las bases del marco legal para este tema, con esquemas de incentivos y un programa para definir estrategias y estructurar proyectos relacionados con el aprovechamiento de fuentes alternativas, denominado Programa de Uso Racional y eficiente de la energía y demás formas de energía no convencionales (PROURE).

Sin embargo, el hito más importante en esta materia es la Ley 1715 de 2014⁵¹ que declara de utilidad pública e interés social la promoción, estímulo e incentivo al desarrollo de actividades de producción y utilización de FNCER, y regula su in-

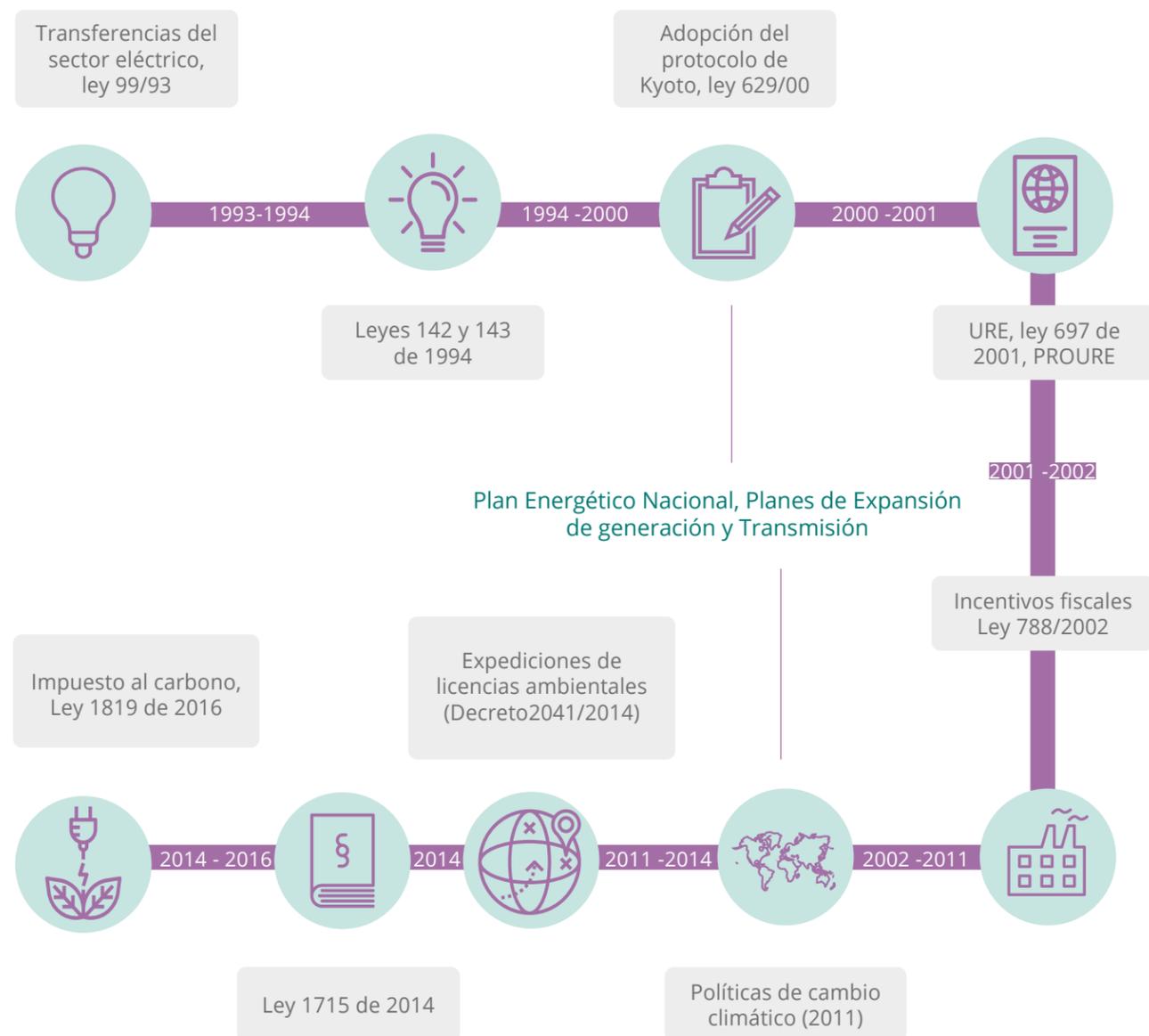
tegración al sistema energético nacional. Esta Ley promueve la inversión en producción de energía limpia y la penetración de las FNCER en el mercado energético nacional, contempla nuevos incentivos financieros, y dirige a las autoridades competentes para que desarrollen la regulación técnica y económica que elimine las barreras existentes.

En general, las Leyes 697 de 2001 y 1715 de 2014 se expidieron en armonía con las Leyes 142 y 143 de 1994, con un enfoque de eficiencia y competitividad en el abastecimiento de energía, en el que se establecen instrumentos fiscales y de financiación junto con desarrollos regulatorios para incentivar una mayor participación de las FNCER. Adicionalmente, la agenda de sostenibilidad al 2030 (Objetivos de Desarrollo Sostenible), cambio climático y protección ambiental, han contribuido a que el país desarrolle una visión orientada hacia una mayor sostenibilidad en el sector. El cumplimiento de estas políticas y compromisos se apoyan necesariamente, entre otras acciones, en un mayor uso de las energías renovables y una gestión eficiente de los recursos energéticos.

La Figura 9-1 muestra un panorama resumido de las principales políticas que se han establecido para incentivar el uso de FNCER.



Figura 9-1
Listado de políticas y normas relacionadas con FNCER



Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018, Estrategia de Crecimiento Verde, ODS, OCDE

Fuente: Enersinc, 2017a

48. Ley 142 de 1994, por la cual se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios y se dictan otras disposiciones.
 49. Ley 143 de 1994, por la cual se establece el régimen para la generación, interconexión, transmisión, distribución y comercialización de electricidad en el territorio nacional, se conceden unas autorizaciones y se dictan otras disposiciones en materia energética.
 50. Ley 697 de 2001, mediante la cual se fomenta el uso racional y eficiente de la energía, se promueve la utilización de energías alternativas y se dictan otras disposiciones.
 51. Ley 1715 de 2014, por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional.

9.1.4 Temas críticos para la penetración de FNCER

Para fomentar el desarrollo de las FNCER en Colombia, el estudio identificó las barreras que han impedido alcanzar una mayor tasa de penetración en los últimos años, y que deberían

superarse si se quiere alcanzar las metas trazadas al 2030. Las barreras identificadas que impactan el desarrollo de proyectos de FNCER, se resumen de la siguiente manera:



Institucionales:

Intervención de muchas instituciones:

los trámites en los que participan diversas entidades con miradas diferentes hacen difícil la ejecución de proyectos FNCER.

Desarticulación institucional:

mientras en algunas entidades gubernamentales existe una visión favorable frente a las FNCER, en otras aún subsisten dudas, lo cual dificulta la toma de decisiones.

Falta de liderazgo institucional:

es necesario un mayor liderazgo institucional por parte del Ministerio de Minas y Energía (MinEnergía) para definir, promover y desarrollar políticas que impulsen las FNCER.

Falta de interés de los operadores de la red de distribución

para conectar a terceros, por lo que se hace evidente la falta de reglamentación para que tanto operadores como usuarios puedan tener reglas claras.



Económicas:

Percepción de altos costos:

los costos de las FNCER han descendido en los últimos años, pero para el caso de pequeños emprendimientos en el sector residencial y comercial todavía la inversión inicial puede ser elevada. Existe la percepción generalizada de que estos costos siguen siendo elevados.

Dificultades en el financiamiento y percepción de riesgo:

estas tecnologías no son suficientemente conocidas en Colombia, lo que genera mayor percepción de riesgo por parte de las entidades financieras y dificulta el financiamiento de los proyectos.

Condiciones del mercado:

en el mercado de generación existe una alta concentración y algunas empresas tienen un poder dominante en el mismo, lo que dificulta la entrada de nuevos agentes que compitan.

No valoración de externalidades positivas:

una de las principales ventajas de las FNCER es que no generan emisiones de gases de efecto invernadero. Sin embargo, esto no se traduce en ventajas económicas ni tampoco en reducción de trámites de los respectivos permisos ambientales.

**Regulatorias:****Definición del cargo por confiabilidad:**

con referencia a la remuneración de las FNCER, es importante que se revise la metodología de cálculo de la energía firme para el cargo por confiabilidad (EN-FICC), de manera que se pueda reconocer la firmeza que estas aportan al sistema durante períodos críticos de suministro en función de los ciclos climáticos y dada complementariedad con otros recursos de generación.

No hay contratos de largo plazo:

las FNCER (solar y eólica) no cuentan con un "cargo por confiabilidad" representativo, por lo cual requieren contratos de largo plazo que garanticen ingresos futuros y faciliten su financiación.

Tratamiento de las desviaciones en el despacho:

no se encuentra definido el tratamiento de la generación variable respecto al riesgo de desviaciones del despacho programado y la exposición a las penalizaciones asociadas.

No hay regulación para la venta de excedentes en generación distribuida.

No existe un modelo definido para la generación distribuida y la actuación de los "prosumidores" en el mercado de energía.

Ausencia de normatividad técnica para conexión de plantas eólicas:

el Código de Operación, expedido por la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG) en 1995, define los requerimientos técnicos para la conexión y operación de plantas de generación al sistema interconectado nacional, el cual se pensó en las tecnologías existentes en la época.

**Tecnológicas y de información:****Falta de personal capacitado:**

la demora que el país ha tenido en la introducción de las tecnologías de FNCER, con respecto a otros países, ha hecho que en la actualidad no exista el personal capacitado requerido.

Infraestructura de transporte:

aunque existe un trato uniforme para toda la generación, la conexión de proyectos de renovables puede requerir refuerzos importantes de la red de transmisión, por la distribución y concentración en zonas específicas del país.

Falta de medición del recurso potencial:

si bien la UPME ha hecho esfuerzos por medir el potencial de generación eólica en el país y ha elaborado un mapa de radiación solar, aún falta mucha información confiable con mediciones adecuadas de velocidad del viento y radiación en todo el territorio.

9.1.5 Escenarios de penetración

En este estudio se proyectaron los escenarios de FNCER para lo cual se utilizó un modelo de planeación energética (EnergyPlan) con una metodología Top-Down, para lo que se reconoció que el sector energía es transversal a muchos sistemas, fuentes y usos finales.

**Escenario bajo**

Baja penetración de FNCER y de vehículos eléctricos. Este escenario se planteó con la menor penetración de FNCER, pero con una baja demanda de energía eléctrica en comparación con los otros escenarios, a causa de una baja sustitución del transporte a tecnología eléctrica. En este sentido, con la sustitución en transporte prácticamente nula, la penetración de FNCER en la matriz eléctrica podría significar un sobrecosto ocioso para la demanda eléctrica actual, dado que la demanda también sería más baja que lo planeado.

**Escenario medio**

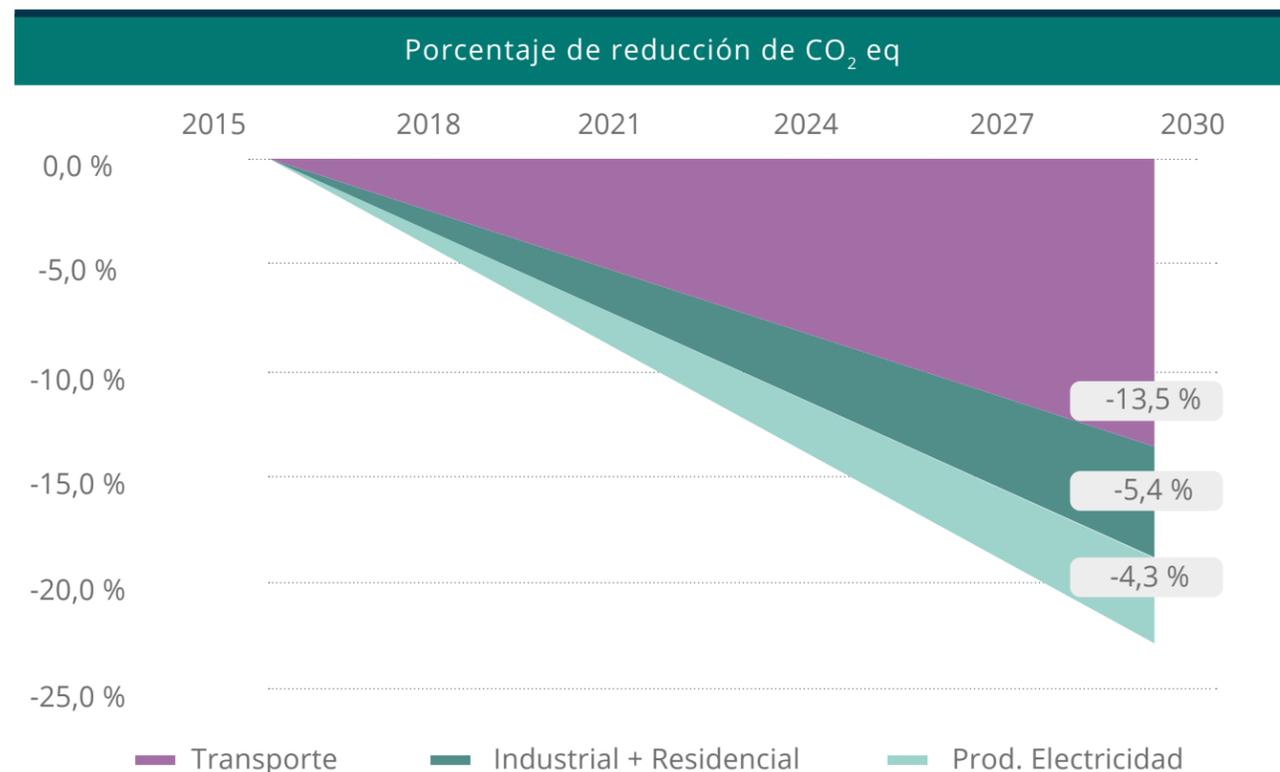
Penetración moderada de FNCER, de vehículos eléctricos y almacenamiento. Respecto al escenario UPME 2016-2030, se proyectó para este escenario una menor entrada de plantas a carbón en 364 MW y la incorporación de 200 MW de almacenamiento eléctrico. Respecto a la demanda, se sustituyen 192.000 taxis, 14.000 camiones de carga y 7.200 buses urbanos de combustibles fósiles (ACPM, gasolina y gas natural vehicular) a eléctricos. También se proyectó una reducción de 1,7 TWh/año de la demanda industrial por eficiencia energética.

**Escenario alto**

Alta penetración de FNCER, entrada masiva de movilidad eléctrica, generación distribuida y almacenamiento. Respecto al escenario UPME 2016-2030, se proyectó una menor entrada de plantas a carbón en 764 MW y la incorporación de 400 MW de almacenamiento eléctrico. Los resultados del escenario alto permiten una reducción de 23,2% de las emisiones del sector energético respecto al BAU (ver Figura 9-2).

Figura 9-2
Supuestos y resultados del Escenario alto

Escenario Alto vs. BAU 2030				
Tipo de generación	+/- Capacidad MW	Movilidad eléctrica	% Flota	Número
Capacidad hidro con embalse	0	Vehículos y taxis eléctricos	11,79%	900.000
Capacidad hidro sin embalse	195			
Capacidad gas / líquidos	-185	Motos eléctricas	4,27%	350.000
Capacidad carbón	-996			
Capacidad eólica	1.026	Buses eléctricos	74,30%	35.400
Capacidad solar	1.200			
Biomasa + otros	648	Camiones eléctricos	37,15%	100.000
Capacidad geotérmica	150			



Fuente: Enersinc, 2018

9.2 Recomendaciones de política

Con base en el diagnóstico y análisis realizados por este estudio en la Misión, se formularon una serie de propuestas de políticas y acciones para incentivar las FNCER, para superar las barreras señaladas con miras a apuntar hacia el uso eficiente y sostenible de los recursos energéticos, a potenciar su contribución a la competitividad y crecimiento económico del país, y a aprovechar las fortalezas del sector energético para que Colombia sea líder en el desarrollo de las FNCER en el contexto regional (Enersinc, 2018).

Las acciones propuestas se agrupan en tres líneas estratégicas. La primera línea estratégica consiste en medidas dirigidas a promover

la inversión por parte de agentes privados en proyectos de generación con FNCER. La segunda línea estratégica la conforman las acciones para el fomento de la integración de las FNCER en el mercado de energía nacional, y la tercera línea estratégica agrupa instrumentos que soportan la sostenibilidad de las FNCER.

La primera línea estratégica enfrenta la problemática que encuentran los potenciales inversionistas en plantas de generación con FNCER, que dificulta y hace riesgoso el desarrollo de estos proyectos en Colombia, desde el punto de vista de su estructuración, financiación y construcción. Las acciones que componen esta línea son:



La realización de subastas para la contratación por anticipado de energía a largo plazo en el mercado energético mayorista (MEM).



La adopción de ajustes en la metodología para el cálculo de la Energía Firme remunerada mediante el mecanismo del Cargo por Confiabilidad (ENFICC).



La racionalización de los requisitos y procedimientos que deben cumplirse para que se apruebe la construcción de los proyectos.

Por otro lado, además de que sea factible realizar las inversiones en instalaciones de generación con FNCER, la viabilidad de los proyectos depende de que estas plantas puedan efectivamente participar en las actividades del mercado de energía. Por consiguiente, la segunda línea estratégica está dirigida a acciones que habilitan la conexión y operación de estas plantas al Sistema

Interconectado Nacional (SIN) y por tanto la integración de las FNCER al MEM. Las propuestas que hacen parte de esta línea se relacionan con normas y reglas para facilitar el despacho de la generación variable en el mercado de energía, para reglamentar el acceso y conexión de las plantas al sistema de transmisión nacional, y para modernizar el funcionamiento del MEM.

Adicionalmente, se propone adoptar varias medidas para racionalizar los requerimientos y trámites exigidos a nuevos proyectos de FNCER sobre todo en materia de evaluación y licenciamiento ambiental, en términos de simplificación de requisitos como el Diagnóstico Ambiental de Alternativas, agilización de procedimientos de trámite y unificación por parte de las autoridades ambientales, claridad de criterios de aprobación y uso de auto regulación.

Finalmente, además de incentivar el desarrollo de proyectos de generación de FNCER en el país y facilitar la participación de estas plantas en el MEM, es importante propiciar la sostenibilidad de sus operaciones sin depender de reglas específicas. En este sentido, la tercera línea estratégica busca que existan en el mercado de energía nuevos recursos que puedan ser utilizados por la generación de FNCER como soporte de su operación continua. Para esto, se propone:



Desarrollar los mercados de servicios complementarios en el MEM.



Habilitar la utilización comercial de dispositivos de almacenamiento de energía.



Contar con un esquema de transacciones de certificados de energía renovable.

9.3 Metas e indicadores

Las metas propuestas en el estudio están alineadas con los objetivos y compromisos adquiridos por el país. Dichas metas fueron estimadas con el modelo EnergyPlan, en el cual, uno de los parámetros empleados fue la reducción de emisiones de CO2 para el 2030. En las simulaciones se encontró que la contribución de

las metas planteadas aportaría una reducción del 23 % de las emisiones de CO2 para el 2030 respecto al BAU en los sectores de transporte y energía. Adicionalmente, las metas y estrategias propuestas por la Misión contribuyen y se alinean con el cumplimiento del Objetivo de Desarrollo Sostenible n.º 7.

Tabla 9-2
Metas e indicadores para la penetración de FNCER en Colombia

Estrategia	Indicador	Metas		
		2022	2026	2030
General	Capacidad instalada en MW de FNCER en el SIN.	300	600	2.400

Estrategia	Indicador	Metas		
		2022	2026	2030
Promoción de la inversión en proyectos de generación con FNCER	Energía adjudicada en GWh/año de FNCER en subastas de largo plazo.	100	200	1.000
	Porcentaje de participación de FNCER en las obligaciones de energía firme.	3 %	5 %	15 %
	Relación entre el tiempo promedio de aprobación de licencias ambientales de FNCER o licencias aprobadas de proyectos FNCER en meses, respecto a la capacidad del proyecto en MW.	9 meses	6 meses	3 meses
	Número de solicitudes de conexión al SIN de plantas de FNCER aprobadas al 2030.	1.200	2.000	5.000
Productos y tecnologías de apoyo a las FNCER	Capacidad comercial en MW de almacenamiento de energía en el SIN.	10	20	400
	Subastas primarias de Certificados de Energía Renovable (CER) realizadas.	1	2	4

Fuente: Enersinc, 2018



10

FORMALIZACIÓN EMPRESARIAL Y CRECIMIENTO VERDE

Desde la óptica del crecimiento verde, la informalidad se convierte en una barrera importante para el desarrollo sostenible, ya que las empresas informales suelen estar altamente relacionadas con una baja productividad en el uso de los recursos, con el uso de tecnologías anticuadas y con la degradación ambiental.

Asimismo, la informalidad incide negativamente en el cumplimiento de normas ambientales, de calidad y de seguridad en la producción, lo cual resta competitividad al aparato productivo nacional, y genera menores puestos de trabajo decentes para los ciudadanos.

En este contexto, la Misión de Crecimiento Verde realizó el estudio Formalización Empresarial y Crecimiento Verde en Colombia con el fin de examinar las relaciones entre la economía informal y el crecimiento verde en el país, y proponer acciones de política para superar las altas tasas de informalidad, que permita al mismo tiempo un crecimiento económico más sostenible, con mayor productividad y con mejores condiciones de inclusión social. Este estudio se enfocó en cinco sectores específicos: minería, agricultura, silvicultura, construcción y residuos. El presente capítulo resume los principales resultados.

10.1 Diagnóstico

El estudio parte de explorar el concepto de informalidad, ya que no existe una definición universal del mismo. Generalmente se hace referencia a informalidad cuando las firmas o individuos que realizan actividades legales no se encuentran bajo la órbita del Estado. En este caso puntual, la informalidad se mide como la falta de cumplimiento de determinadas normas, obligaciones e incluso mejores prácticas. En el marco de este estudio se consideraron varios tipos de informa-

lidad: i) la informalidad empresarial, derivada de requisitos que deben cumplir las firmas en el ámbito empresarial e incluyen el registro, la contabilidad y el pago de impuestos; ii) la informalidad laboral, asociada a normas de protección al trabajador como las cotizaciones a seguridad social; iii) la informalidad ambiental, relacionada con el conjunto de normas orientadas a proteger el medio ambiente; y iv) la informalidad de títulos de propiedad y de derechos de explotación.

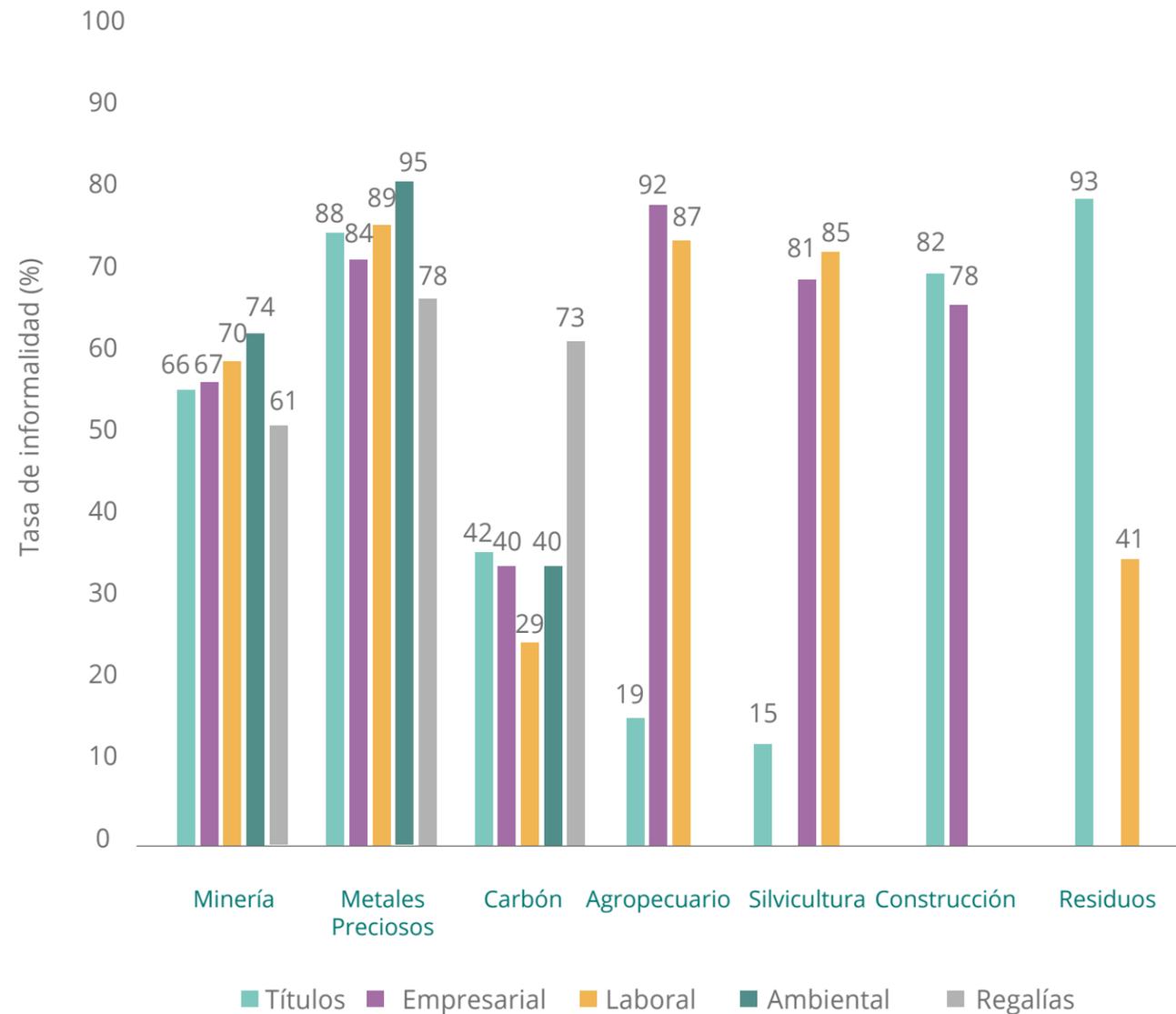
10.1.1 Medición de la informalidad

Para medir la informalidad en los sectores de minería, agricultura, silvicultura, construcción y residuos, se usaron datos ajustados del Censo Minero (CM), el Censo Nacional Agropecuario (CNA) y la Gran Encuesta Integrada de Hogares (GEIH). La unidad de análisis de las estimaciones fue la unidad productiva y se es-

tablecieron límites a la muestra de ocupados, de los empleadores y de aquellos trabajadores cuenta propia que afirman tener un negocio para la GEIH, a unidades que tienen productores residentes para el CNA y a las unidades activas para el CM. Los resultados se observan en la Gráfica 10-1.



Gráfica 10-1
Tasas de informalidad anual por sector

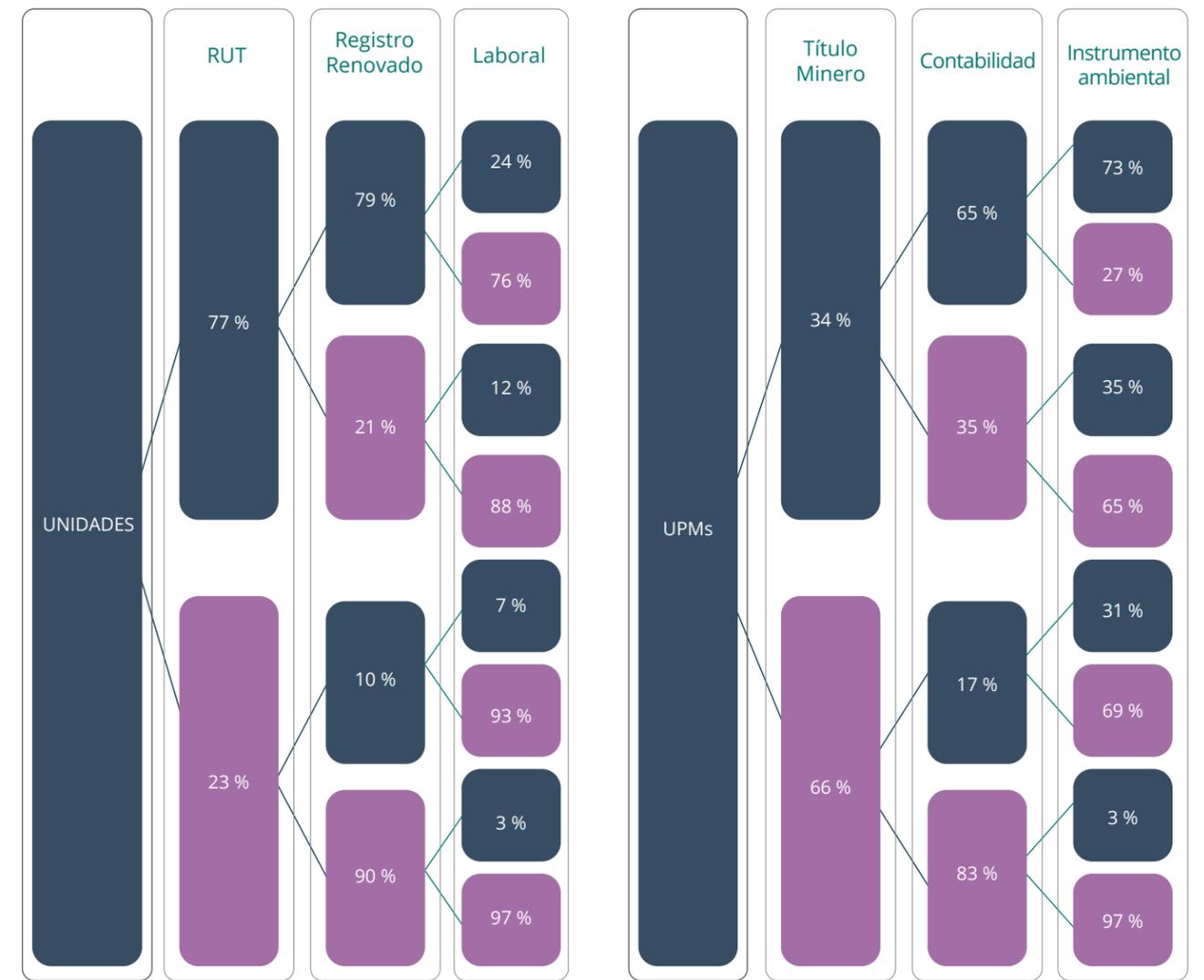


Fuente: Fernández, 2017. Basado en datos de GEIH (muestra empleadores y tienen negocios, 2014-16), Encuesta de Microestablecimientos (2014-16), CM (minas activas, 2010-11), CNA (unidades con productor residente, 2014) y Censo de las Unidades Económicas de Reciclaje en Bogotá (2011-13).

Los resultados muestran que las altas tasas de informalidad son un fenómeno generalizado en los sectores seleccionados. Igualmente, de la información analizada se desprenden dos conclusiones interesantes. La primera, asociada a la relación entre medidas de informalidad, nos permite entender que la informalidad no

actúa como un proceso binario, sino más bien como una escalera en la cual las unidades que se encuentran en los eslabones más altos de formalización, cumplen a su vez con un porcentaje mayor de normas, que las que se encuentran en los eslabones bajos, como se muestra en la Gráfica 10-2.

Gráfica 10-2
Probabilidades condicionadas de la informalidad



Fuente: Microestablecimientos 2013-2016

Fuente: Censo Minero

- Formal
- Informal

- Formal
- Informal

La segunda conclusión, se asocia a la heterogeneidad de la informalidad, en donde el nivel de informalidad tiene una fuerte relación con el tamaño de la empresa y el sector al que pertenece. En la pequeña minería, las causas de la informalidad están relacionadas con bajos niveles de producción y escasas alternati-

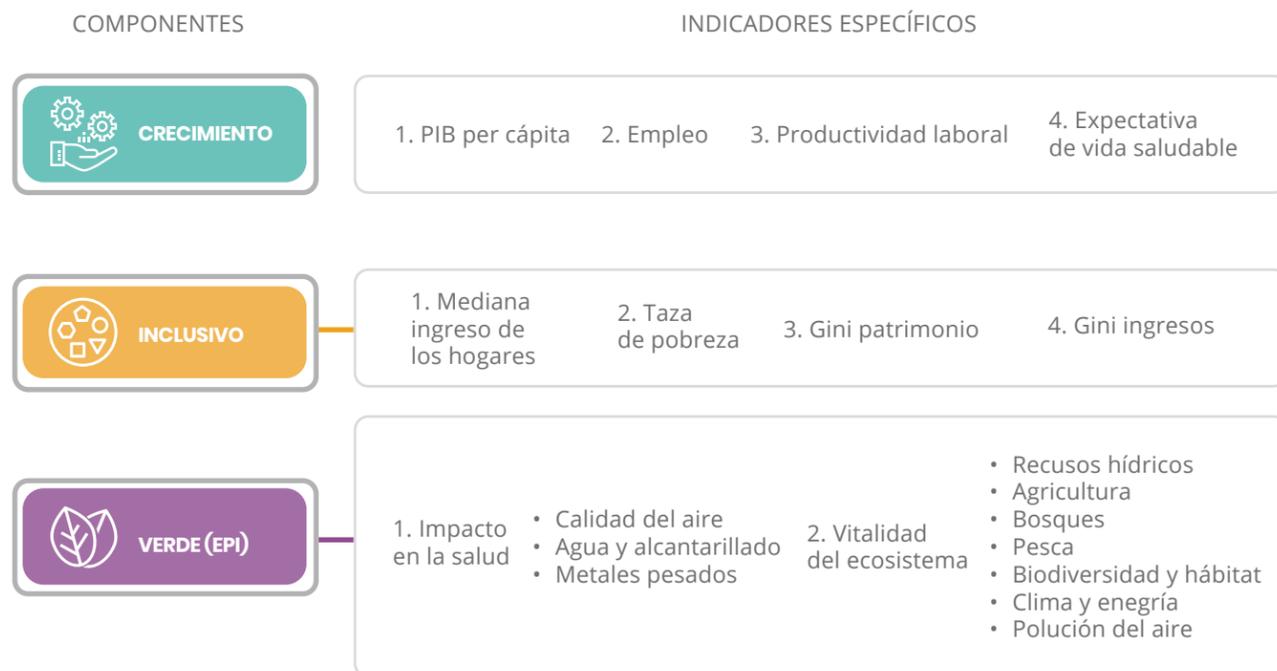
vas de ingresos. En las firmas medianas, está relacionada con los tiempos para resolver los trámites, los costos de formalización y los constantes cambios en la legislación. Finalmente, en la minería ilegal/criminal las causas están más relacionadas a una institucionalidad débil y dificultades para acceder al área de extracción.

10.1.2 Medición del crecimiento verde inclusivo

El crecimiento verde inclusivo es un concepto relativamente novedoso y su medición aún no está estandarizada. El estudio realizó una aproximación usando un índice creado por el Foro Económico Mundial (World Economic Forum, 2017), que incluye los componentes de crecimiento, inclusión y sostenibilidad, y

modificó el tercer componente para incluir el *Environmental Performance Index* (EPI), un índice de desempeño ambiental desarrollado por la Universidad de Yale (Yale University, 2016). El resumen de los componentes agregados y sus índices respectivos se muestra en la Figura 10-1.

Figura 10-1
Índice compuesto para la medición del crecimiento verde inclusivo

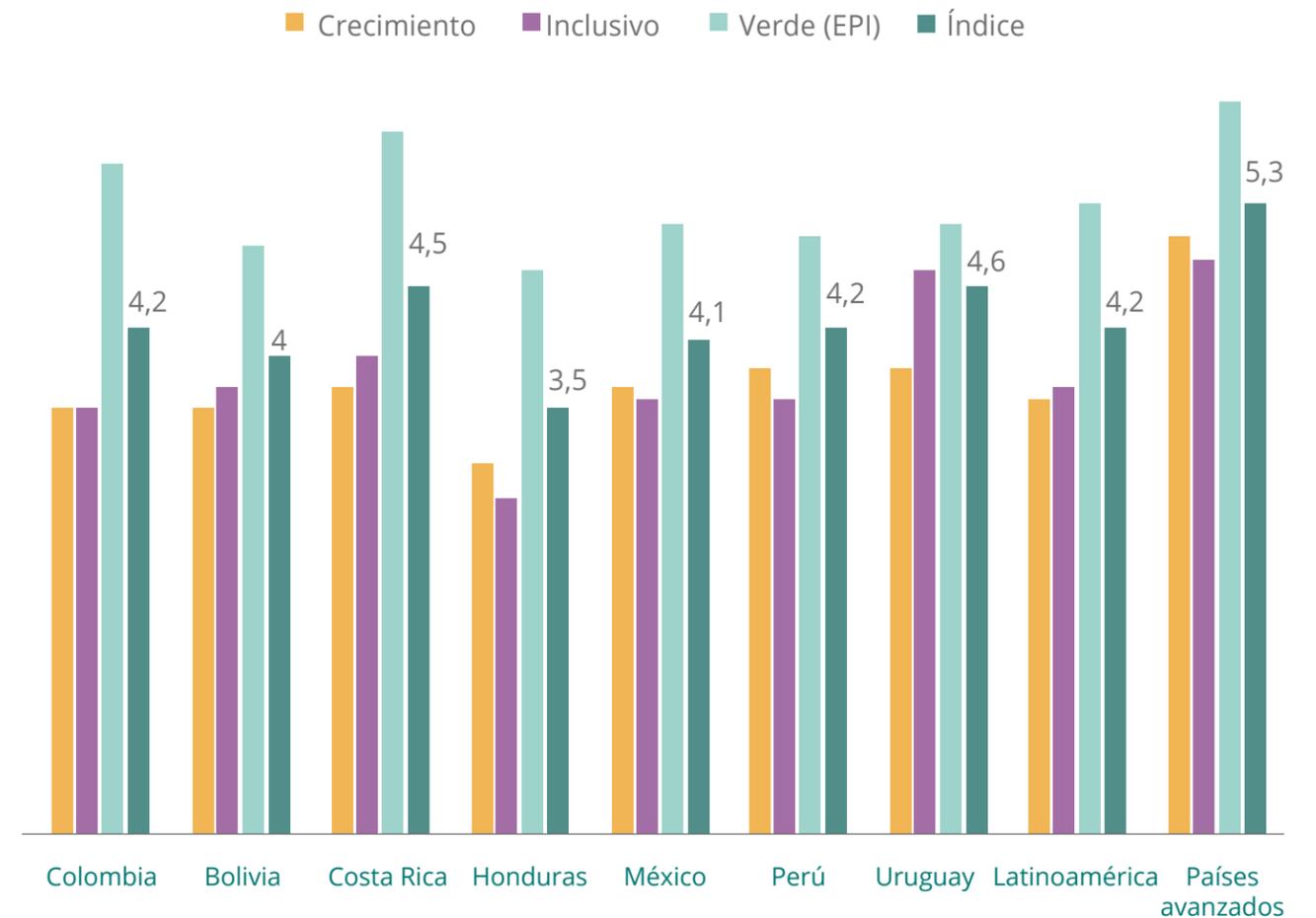


Fuente: Fernández, 2018 con base en World Economic Forum, 2017 y Yale University, 2016



De acuerdo con el cálculo del índice realizado por el estudio en países de América Latina, Colombia se encuentra en un nivel medio de crecimiento, bajo en inclusividad y relativamente alto en desempeño ambiental, como se observa en la Gráfica 10-3.

Gráfica 10-3
Desempeño en crecimiento verde inclusivo en países de América Latina



Fuente: cálculo de Fernández, 2018 con base en World Economic Forum, 2017 y Yale University, 2016

Nota 1: si bien la gráfica muestra los resultados de 7 países de América Latina, el promedio se realiza sobre dieciséis países incluyendo Brasil, Argentina, Venezuela, Panamá, Chile, Paraguay, El Salvador, Nicaragua y Guatemala.

Nota 2: países avanzados se refiere al promedio de las regiones de Europa y América del Norte.

Por otra parte, se resalta la dificultad para analizar la relación entre informalidad y crecimiento verde inclusivo, debido a que no es posible establecer una relación a priori entre las dos variables. Una estimación empírica de la relación del índice de crecimiento verde inclusivo con las tasas de informalidad o las tasas de

trabajo independiente, como aproximación al concepto de informalidad en cada país, concluye que, los países con mayor crecimiento verde, o que tienen un crecimiento compatible con una mayor inclusividad y un mejor cuidado del medio ambiente, tienden a ser más formales (Fernández, 2018).

10.1.3 Relación entre el crecimiento verde inclusivo y la informalidad en los sectores priorizados por el estudio

A través de la GEIH, el CM y el CNA se obtuvieron indicadores de desempeño comparables con los distintos componentes del índice mencionado anteriormente, permitiendo realizar una aproximación a la medición del desempeño de los sectores priorizados. De la Tabla 10-1 a la Tabla 10-3 se muestran los indicadores seleccionados y las columnas "formal" e "informal" permiten comparar el comportamiento para cada indicador.

Tabla 10-1
Indicadores de productividad usados por el estudio de formalización y crecimiento verde inclusivo

VARIABLES UTILIZADAS	Formales	Informales	Diferencia	Diferencia (ATT)	T-Stat	N formales	N Informales
Ganancias netas empleador / cuenta propia	1,28	0,65	0,63	0,43	9,78	1,875	18,909
Productividad carbón	0,57	0,27	0,3	0,26	2,52	1.456	583
Productividad oro	0,02	0,06	-0,05	0,01	0,34	322	2,94
Productividad café	1,06	1,03	0,03	0	1,01	11,65	112.339
Productividad maíz	3,35	3,21	0,14	0,09	6,15	7.405	73.324
Productividad arroz	3,63	2,86	0,77	0,1	1,51	1.245	11.971
Productividad plátano	5,64	5,25	0,39	0,09	6,51	15.313	137.972
Productividad caña	9,55	9,65	-0,1	0	0,02	502	3.134
Productividad madera	8,77	8,46	0,32	0,27	0,87	257	1.504
Productividad ganado	1,22	0,86	0,36	0,23	2,7	25.225	143.227

Fuente: Fernández, 2018

Nota 1: los valores resaltados en morado corresponden a una productividad menor en sectores formales frente a los informales.

Nota 2: ATT: efecto promedio del tratamiento en la población tratada (average treatment effect on the treated). T-Stat: estadístico T. N formales: número de observaciones formales. N informales: número de observaciones informales.

Tabla 10-2
Indicadores de desempeño ambiental usados por el estudio de formalización y crecimiento verde inclusivo

COMPONENTE DEL EPI	Indicador utilizado por el EPI	Indicador para medir el impacto de la informalidad en el estudio	Formales	Informales	Diferencia	Diferencia (ATT)
Indicadores para medir el impacto de la calidad del aire en la salud	Calidad de aire en los hogares	Calidad del aire en negocios / viviendas.	-0,01	2,0 %	5,8 %	-0,04
	Polución del aire	Quema como práctica principal de manejo de basuras en negocios / viviendas.	1,1 %	6,0 %	-0,05	-0,01
	---	Deseo de cambiar de trabajo por razones ambientales en negocios / viviendas.	1,4 %	3,2 %	-0,02	-0,02
Indicadores para medir el impacto de la calidad del agua en la salud	Deficiente calidad del agua y del alcantarillado en los hogares	Deficiente calidad del agua en negocios / viviendas.	2,3 %	2,2 %	0	0
	---	Deficiente calidad del alcantarillado en negocios / viviendas.	4,2 %	13,1 %	-0,09	-0,04
	---	No disponibilidad del servicio de agua en las minas.	67,0 %	92,3 %	-0,26	-0,12
	---	No disponibilidad del servicio de alcantarillado en las minas.	80,8 %	97,4 %	-0,17	-0,1

COMPONENTE DEL EPI	Indicador utilizado por el EPI	Indicador para medir el impacto de la informalidad en el estudio	Formales -Informales -Diferencia -Diferencia (ATT)			
	Indicadores para medir el impacto de los metales pesados en la salud	Exposición al plomo	Uso de mercurio en las minas.	-0,01	2,0 %	5,8 %
---		Uso de cianuro no acompañado de programas de salud ocupacional en las minas.	1,1 %	6,0 %	-0,05	-0,01
---		Uso de explosivos o reactivos no acompañado de programas de salud ocupacional en las minas.	1,4 %	3,2 %	-0,02	-0,02
---		Uso de explosivos o reactivos no acompañado de programas de salud ocupacional en las minas.	1,4 %	3,2 %	-0,02	-0,02

COMPONENTE DEL EPI	Indicador utilizado por el EPI	Indicador para medir el impacto de la informalidad en el estudio	Formales -Informales -Diferencia -Diferencia (ATT)			
	Indicadores para medir el impacto del manejo del agua en el ecosistema	Nivel de tratamiento de aguas residuales	No tratamiento de aguas residuales en el agro.	74,2 %	78,4 %	-0,04
---		Sin protección adecuada de las fuentes de agua en el agro.	16,0 %	18,3 %	-0,02	0
---		Sin permisos de vertimientos en las minas.	83,0 %	98,8 %	-0,16	-0,13
---		Sin permisos de captación de aguas o estudios hídricos en las minas.	79,3 %	98,5 %	-0,19	-0,15
---		Realización de actividades de sacrificio, curtiembres y artesanías in situ en el agro.	0,6 %	2,1 %	-0,02	0
---		Hogares / viviendas que tiran basura a fuentes de agua.	0,2 %	0,3 %	0	0

COMPONENTE DEL EPI	Indicador utilizado por el EPI	Indicador para medir el impacto de la informalidad en el estudio	Formales -Informales -Diferencia -Diferencia (ATT)			
	Indicadores para medir el impacto de las prácticas agropecuarias en el ecosistema	Exposición al plomo	Uso de fertilizantes químicos.	30,5 %	30,0 %	0,01
---		Utilizó control químico o plantas genéticamente modificadas para controlar plagas.	32,4 %	30,5 %	0,02	0,02
---		Practica la alimentación continua del ganado.	13,3 %	12,9 %	0	-0,02
---		Uso de quemas para preparar suelos.	1,0 %	2,5 %	-0,015	0
---		No realiza prácticas de conservación de suelos.	34,1 %	38,9 %	-0,05	0
---		Inadecuada disposición de desechos químicos.	69,7 %	87,2 %	-0,175	-0,11
---		Inadecuada disposición de desechos agropecuarios.	30,9 %	43,5 %	-0,126	-0,03
---		Asistencia en prácticas agropecuarias y ambientales.	76,9 %	77,0 %	0	-0,02
---		Manejo de desechos en hogares rurales.	35,3 %	65,9 %	-0,31	-0,25

Indicador utilizado por el EPI	Indicador para medir el impacto de la informalidad en el estudio	Formales -Informales -Diferencia -Diferencia (ATT)			
Pérdida de la cobertura de árboles	Extrajo minerales de bosques naturales y páramos (agro).	0,1 %	0,1 %	0	0
---	La mina no tiene permiso de aprovechamiento forestal, ni practica actividades de reforestación.	83,4 %	98,8 %	-0,15	-0,12
---	Transformó, tumbó o taló el bosque natural o el páramo para sus cultivos o plantaciones (agro).	62,7 %	58,2 %	0,05	0
---	Utiliza sistemas de mecanización y/o beneficio como buldóceres y retroexcavadoras, sistemas de molienda y de trituración.	15,4 %	14,4 %	0,01	0,05
---	No tiene obras de control ambiental	85,0 %	99,3 %	-0,14	-0,11



COMPONENTE DEL EPI

Indicadores para medir el impacto del manejo del agua en el ecosistema

Indicador utilizado por el EPI	Indicador para medir el impacto de la informalidad en el estudio	Formales -Informales -Diferencia -Diferencia (ATT)			
Estatus del acervo de peces	Desempeño ambiental del sector de la pesca.	32,0 %	33,0 %	-0,01	0,01
Nivel de peces pescados por el país	Uso de dragas.	50,0 %	2,5 %	-0,02	0
Áreas marinas y terrestres protegidas	Extrae fauna de bosques naturales o páramos.	11,0 %	18,8 %	-0,08	-0,01
Índice de protección y de hábitat de las especies	Realiza actividades en parques naturales.	0,4 %	0,6 %	0	0
Emisión de dióxido de carbono (total y sector energético), metano, óxido de nitrógeno, carbón negro, óxido de sulfuro y óxido nitroso	Utiliza ACPM o gasolina como insumo en la mina.	22,7 %	17,9 %	0,05	0,06
---	No utilizó energías verdes en la producción agropecuaria.	8,4 %	7,4 %	0,5	0,01



COMPONENTE DEL EPI

Indicadores para medir el impacto del manejo de la pesca en el ecosistema



COMPONENTE DEL EPI

Indicadores para medir el impacto del cuidado de la diversidad y el hábitat en el ecosistema



COMPONENTE DEL EPI

Indicadores para medir el impacto del clima, la energía y la polución en el ecosistema

 <p>COMPONENTE DEL EPI</p> <p>Indicadores para medir el impacto de la contaminación del aire en el ecosistema</p>	Indicador utilizado por el EPI	Indicador para medir el impacto de la informalidad en el estudio	Formales -Informales -Diferencia -Diferencia (ATT)
	Emisión de óxido de sulfuro y el óxido de nitrógeno	No disponemos de indicadores adecuados para medir el impacto de la informalidad en este Componente.	* * * *

Fuente: Fernández, 2018

Nota 1: los valores resaltados en morado corresponden a un desempeño ambiental significativamente menor. Aquellos indicadores no resaltados indican que no hay una diferencia significativa entre el desempeño de formales e informales.

Nota 2: ATT: efecto promedio del tratamiento en la población tratada (average treatment effect on the treated).

Tabla 10-3
Indicadores de inclusividad usados por el estudio de formalización y crecimiento verde inclusivo

VARIABLES UTILIZADAS	Formales -Informales -Diferencia -Diferencia (ATT) - T-Stat - N formales - N Informales						
Estabilidad en el trabajo (hog/viv)	0,79	0,74	0,05	0,06	5,38	2	21
Satisfacción con el trabajo (hog/viv)	0,88	0,8	0,08	0,09	9,98	2	21

Fuente: Fernández, 2018

Nota: ATT: efecto promedio del tratamiento en la población tratada (average treatment effect on the treated). T-Stat: estadístico T. N formales: número de observaciones formales. N informales: número de observaciones informales.

El análisis de la información presentada anteriormente permite llegar a las siguientes conclusiones preliminares:



Productividad:

las unidades formales son, en general, más productivas que las informales a excepción de los casos de la caña y el oro (resaltados en rojo en la Tabla 10-1). Estas diferencias entre formales e informales están probablemente relacionadas con diferencias en el sector, la escala, la geografía y los ingresos.



Desempeño ambiental:

las unidades formales, en general, tienen un mejor desempeño a excepción de temas como el uso de energía verde en la producción agropecuaria o el uso de fertilizantes, en donde un mayor acceso a financiamiento por parte de los formales probablemente facilite el uso de insumos con mayor impacto ambiental.



Inclusividad:

las unidades formales sienten que son menos pobres, sus trabajadores reciben más ingresos y perciben más estabilidad y satisfacción con el trabajo que las informales.

De acuerdo a las mediciones de informalidad obtenidas para los sectores minería, agricultura, silvicultura, construcción y residuos, analizados por el estudio, se concluye que: i) la informalidad laboral, empresarial y ambiental en Colombia es alta, particularmente en el sector de agricultura; ii) la informalidad en la minería es relativamente menor que en el resto de secto-

res, especialmente la informalidad laboral en la explotación de carbón, probablemente por los riesgos que implica esta actividad; iii) la informalidad empresarial en los sectores seleccionados es alta en comparación con el promedio para la economía, y iv) la informalidad ambiental es alta pero imposible de comparar entre sectores por las limitaciones en la información.

10.1.4 Temas críticos para la formalización empresarial

El estudio estableció las siguientes conclusiones a partir de la validación del diagnóstico, identificando los temas críticos de la formalización para

el crecimiento verde. Estos temas críticos se analizaron para la generación de recomendaciones de política presentadas en el capítulo siguiente.



Tamaño de la informalidad:

la economía colombiana es altamente informal, independientemente del indicador y la encuesta utilizada. La tasa de informalidad empresarial es de 63 % y la informalidad laboral para todas las unidades productivas se estima en 85 %.



Relación entre tasas de informalidad:

la escogencia de cuál normativa cumplir por parte de las firmas obedece a cierto orden, donde los primeros pasos están dados por el registro mercantil y el Registro Único Tributario (RUT), en los microestablecimientos urbanos, y por el título minero y el registro de contabilidad, en las unidades mineras.



Causas de la informalidad:

las causas de la informalidad varían de acuerdo con el tamaño y sector. En términos generales, la informalidad en unidades de subsistencia tiende a estar relacionada con fallas en la educación y niveles muy bajos de productividad; en las unidades de mayor tamaño, está relacionada con problemas en la normatividad, la falta de incentivos a la formalidad y las debilidades en el control institucional; y en las actividades ilegales/criminales de mayor escala aparecen otras causas, como la falta de control de las autoridades y el lavado de activos.



Relación de la informalidad con el desempeño ambiental:

en general, las unidades informales tienen un menor desempeño ambiental que las formales. Sin embargo, en algunos indicadores que implican actividades sencillas de cuidado del medio ambiente, el comportamiento entre formales e informales es similar.



Relación de la informalidad con el crecimiento verde inclusivo:

en general, se observa una relación entre la formalidad y todos los componentes del crecimiento verde inclusivo. El que no existan diferencias significativas entre el desempeño del sector formal e informal, indica que puede ser necesario crear incentivos adicionales para mejorar el comportamiento en la formalidad. Adicionalmente, al desagregar a nivel de tamaño, en general, las firmas pequeñas cuentan con indicadores más altos de productividad e inclusión social.



Determinantes de la informalidad y su relevancia para establecer recomendaciones de política:

el análisis desarrollado de los determinantes de la informalidad y comportamiento del desempeño ambiental, productividad e inclusividad, confirman los resultados obtenidos. Sin embargo, estas correlaciones no permiten realizar inferencias de causalidad.

10.2 Recomendaciones de política

A continuación, se presentan las principales recomendaciones de política derivadas del estudio, orientadas a promover la formalización y un mejor desempeño productivo y ambiental.

10.2.1 Asociatividad, apadrinamiento y aumento en la escala de producción

Los resultados de la consultoría señalan que, la asociatividad, el pertenecer a organizaciones industriales y en general, tener una mayor escala de producción, están relacionadas con un mejor comportamiento ambiental y laboral. Dado lo anterior, se sugiere:



Realizar el seguimiento a los subcontratos de formalización minera:

estos subcontratos diseñados para prestar al pequeño minero un instrumento para operar legalmente, son de gran interés porque formalizan al pequeño productor y facilitan la transferencia de tecnología y buenas prácticas de producción y comercialización.



Promover plantas de beneficio comunal para minería y agricultura:

implementar un modelo en el cual el productor minero o agricultor lleve la materia prima a una planta de beneficio comunal, que se encargue de su transformación. En adición a las ventajas de asociatividad, estas permiten un mayor control de la etapa de beneficio, donde se producen los mayores riesgos ambientales y laborales.



Construcción de vivienda de interés social a gran escala:

la construcción informal de vivienda está determinada por la falta de programas accesibles de vivienda social (Bonet, Pérez y Chiriví, 2016). La construcción de vivienda de interés social garantiza un uso más eficiente de los recursos y tiene un mejor desempeño en términos de manejo de residuos y uso de energía (Menéndez, 2013).



Implementar un programa de manejo de residuos a gran escala:

el esquema de pequeña escala ha alcanzado tasas muy bajas de reciclaje, por lo cual se plantea un sistema de manejo de residuos a gran escala, donde los recicladores puedan ser incluidos en condiciones favorables por una entidad centralizada, con metas más elevadas de productividad y reciclaje.

10.2.2

Sellos ambientales y laborales

El estudio propone generar beneficios que incentiven el mejor desempeño de las firmas, a través de sellos ambientales y laborales, que permitan reducir la incidencia de la informalidad y mejorar el comportamiento ambiental, generando a su vez motivación hacia la formalización a lo largo de la cadena productiva. El programa de sellos debe favorecer principalmente a las unidades pequeñas con dificultades para demostrar el carácter laboral y ambientalmente responsable de su producción.

Para lograrlo, el papel del gobierno es prioritario e incluye la definición de la normatividad que acompañe la política de sellos, la definición

de subsidios o esquemas de financiación, la promoción de compras públicas de productos certificados y blindar los sellos del lavado de dinero y los grupos ilegales.

Esta propuesta también sugiere analizar a profundidad la conveniencia de adoptar estos sellos según la actividad económica, realizar una asesoría en comercialización de productos con contenido de responsabilidad ambiental y laboral, aumentar la demanda mediante acuerdos con grandes compradores, establecer reglas sobre productos certificados en las compras públicas y fomentar el conocimiento y la cultura del uso de sellos en los consumidores.



10.2.3

Incentivos al ingreso de unidades productivas a la escalera de la formalización

Uno de los hallazgos más interesantes de la consultoría es que las unidades que han dado los pasos iniciales hacia la formalidad son más propensas a llegar a estadios más altos de formalización y cumplir con los estándares ambientales y laborales.

Por lo tanto, se recomienda facilitar el proceso y disminuir los costos de obtener el registro mercantil, o el requerimiento del RUT, para

la realización de algunos trámites. En el caso de la agricultura, se recomienda hacer seguimiento a los programas que buscan reducir la informalidad de títulos, como el "Catastro Multipropósito", que cuenta con ventajas adicionales desde el punto de vista ambiental como el permitir valorar predios con un valor ecológico. En el caso de la minería, se propone fortalecer el Registro de Barequeros.

10.2.4

Simplificar el cumplimiento de la normativa ambiental

El estudio resalta la conveniencia de facilitar los trámites ambientales, por lo que sugiere apoyar la labor de simplificación normativa que ha venido realizando el gobierno en los sectores minero, agropecuario y construcción.

En el campo agrícola se recomienda homogeneizar los permisos requeridos por las Corporaciones Autónomas Regionales, sus requisitos y el

control de su cumplimiento, así como asegurar una mayor capacidad técnica de los funcionarios que otorgan los permisos. En el sector minero, se recomienda crear un esquema de transición en los procesos de delimitación de zonas aptas para minería, que se ajuste a la realidad económica de las comunidades que tradicionalmente ejercen dicha actividad en zonas de exclusión.

10.2.5

Programas de formalización y mejoramiento del desempeño ambiental

En el diagnóstico se encontró una fuerte incidencia de la educación en la determinación conjunta de la informalidad y del índice de desempeño ambiental. Asimismo, se encontró que la baja productividad en unidades pequeñas actúa como un cuello de botella que limita mejoras en la formalidad. Por lo tanto, en estas unidades pequeñas son adecuados los programas de acompañamiento integral que incluyan componentes de educación, seguridad ocupacional, adopción de nuevas tecnologías y asistencia técnica. Igualmente, es importante enfocarse en redireccionar el crédito hacia actividades verdes, más que en restringir su acceso.

En este sentido, se recomienda ampliar el alcance del programa de formalización minera y de la reglamentación de la Ley 1876 de 2017⁵² del Sistema Nacional de Innovación Agropecuaria, para incluir un componente de formalización laboral.

Por otra parte, considerando que entre las principales causas de la informalidad en las unidades de menor tamaño se destaca la divergencia entre los costos de entrar a la formalidad y permanecer en ella, y la baja productividad laboral, se sugiere crear una institucionalidad especial en sectores como el “rural-disperso” que reconozca que las circunstancias del campo y la ciudad son diferentes, no sólo en términos de productividad y educación, sino en lo relativo a la periodicidad de los ingresos y la distancia a centros administrativos.

Por lo anterior, se propone crear una cuasi-formalización de las unidades de subsistencia, e incluir un conjunto de instrumentos adecuados a la realidad de unidades agrícolas del sector rural disperso, como podrían ser: un salario mínimo diario para el campo, la exoneración de las contribuciones a salud para el agregado rural disperso y el establecimiento de un monotributo rural.

10.2.6

Monitoreo y control de las actividades de carácter ilegal/criminal

Las mesas de trabajo realizadas con expertos identificaron la falta de control de las autoridades y el lavado de activos como causas de ilegalidad y mal desempeño ambiental.

Para combatir estas actividades ilegales, es necesario contar con herramientas normativas y de información efectivas para poder judicializar a los responsables, suspender las actividades y realizar los respectivos decomisos en diligencias policivas. En este sentido, se reco-

mienda apoyar iniciativas legislativas que faciliten estas labores, así como establecer un sistema de información sobre actividades ilegales/criminales y de lavado de activos que unifique los esfuerzos que realizan hoy en día entidades como la Unidad de Información y Análisis Financiero (UIAF), la Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales (DIAN) y el Ministerio de Defensa Nacional, utilizando las nuevas tecnologías en materia de georreferenciación.

10.3

Metas e indicadores

Teniendo en cuenta que la consultoría de formalización y crecimiento verde inclusivo es la primera en su tipo a nivel nacional y que sus resultados y conclusiones dan unas primeras aproximaciones a cómo la informalidad puede afectar el crecimiento verde inclusivo, se resalta la necesidad de analizar con mayor detalle

todas las recomendaciones de política, antes de ser implementadas.

Dado lo anterior, el componente de formalización no presenta metas e indicadores, ya que se considera imprescindible avanzar en estudios con un mayor alcance en cada uno de los frentes analizados.

52. Ley 1876 de 2017, por medio de la cual se crea el Sistema Nacional de Innovación Agropecuaria y se dictan otras disposiciones.



11

PRODUCTIVIDAD LABORAL Y CAPITAL HUMANO PARA EL CRECIMIENTO VERDE

La baja productividad laboral se vincula a problemas de la economía para la generación de valor agregado y progreso tecnológico y a las deficiencias del capital humano en cuanto a capacidades y competencias laborales. En Colombia, los bajos salarios y la exclusión a segmentos de población del empleo formal son reflejo de la baja productividad laboral, que dificulta una mayor inclusión social. La ineficiencia e inadecuación en la disposición del recurso humano es una limitante para el crecimiento verde.

Un crecimiento verde debe involucrar acciones tendientes a elevar la productividad laboral para mejorar la calidad de vida y a fortalecer el capital humano de forma que se alcance un nivel de ingreso más alto y una mayor inclusión social. Mas aún, si se aspira evolucionar hacia sectores generadores de mayor valor agregado, el aumento en productividad y la adecuación del capital humano se convierten en estrategias fundamentales.

Por lo anterior, la Misión de Crecimiento Verde realizó el estudio “Productividad laboral y capital humano para el crecimiento verde en Colombia” con el fin de proponer lineamientos y recomendaciones para adaptar el capital humano a la transición hacia el crecimiento verde, identificando tanto la potencial escasez de competencias laborales como las restricciones a la movilidad del mercado laboral con el fin de generar impactos positivos en la productividad de la economía. El presente capítulo resume los principales resultados de dicho estudio.

11.1 Diagnóstico

Desde la perspectiva de la oferta laboral, el Sistema Nacional de Información sobre la Educación Superior (SNIES) y el Observatorio Laboral permiten caracterizar la oferta de capital humano con educación superior por núcleos de conocimiento. Los programas disponibles afines con actividades verdes en cada una de estas bases de datos se presentan de manera resumida en la Tabla 11-1.

Aunque no hay elementos para catalogar esta oferta de educación superior como suficiente o insuficiente, la información permite establecer que los esfuerzos deberán enfocarse en la revisión de los currículos y contenidos disponibles actualmente, más que en la creación de nuevos programas. Adicionalmente se resalta que, dado el bajo porcentaje de programas acreditados, el mayor reto desde la oferta de capital humano será mejorar la calidad de la oferta educativa.

Tabla 11-1
Número de programas afines con actividades verdes

Nivel de formación	Nivel de formación	Nivel de formación	Nivel de formación
 FORMACIÓN TÉCNICA PROFESIONAL	 TECNOLÓGICA	 UNIVERSITARIA	 POSGRADO
Observatorio laboral 8	Observatorio laboral 27	Observatorio laboral 32	Observatorio laboral 9
SNIES 41	SNIES 448	SNIES 524	SNIES 442

Fuente: Meléndez & Eslava, 2018c a partir de datos del año 2016 del Observatorio Laboral y el SNIES.

A pesar de la poca información disponible, se entiende que la creación de empleo y la generación de ingresos por parte de los empleados dependen de manera directa de la productividad de las actividades. Por lo que se concluyó que, para entender las posibles barreras a la incorporación de capital humano al crecimiento verde, es necesario analizar los obstáculos para el crecimiento dinámico de los sectores y actividades verdes.

En Colombia la productividad del trabajador promedio es una cuarta parte de la del trabajador promedio en Estados Unidos y una tercera parte de la del trabajador promedio europeo. La relación entre la productividad de otros países respecto a Colombia se observa en la Tabla 11-2.

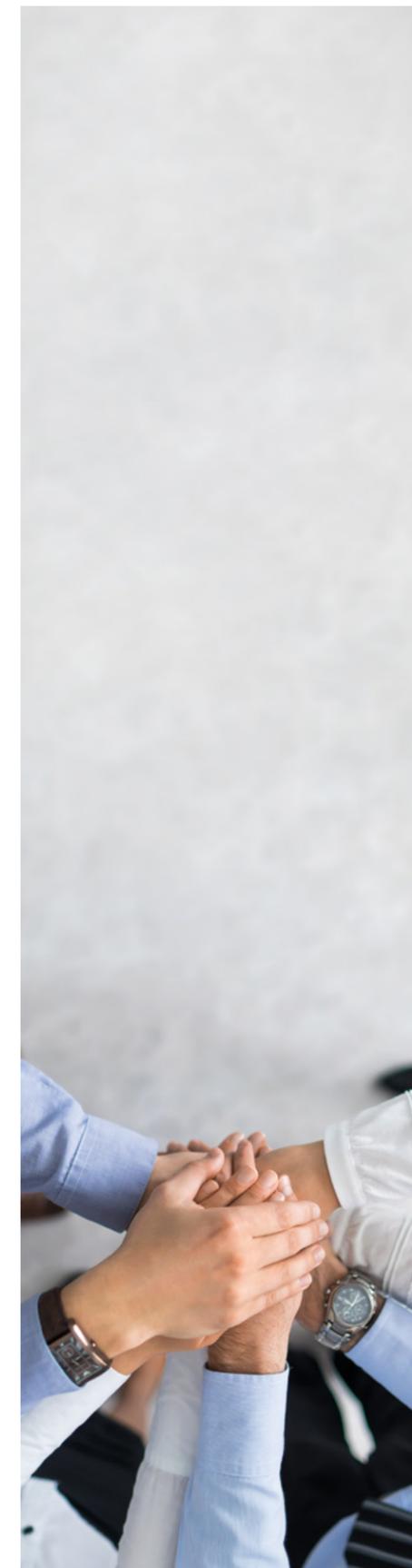


Tabla 11-2
Relación de productividad laboral (PIB por trabajador ocupado) de otros países respecto a Colombia

País o Región	Año										
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Argentina	1,7	1,8	1,7	1,8	1,8	1,8	1,7	1,6	1,6	1,6	1,6
Brasil	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,1	1,1	1,1
Chile	1,8	1,8	1,9	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
México	1,6	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
Perú	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9
Latinoamérica y el Caribe	1,2	1,2	1,2	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2	1,1	1,1
Estados Unidos	4,1	4,1	4,3	4,3	4,2	4,2	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1
Unión Europea	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,0	3,0	2,9	2,9	3,0	3,0
Mundo	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,3

Fuente: Meléndez & Eslava, 2018a tomado de Banco Mundial.

Sin embargo, es necesario tener en cuenta que para Colombia la productividad laboral no es homogénea entre ramas de actividad ni entre departamentos. Las actividades agropecuarias y de carácter rural, fundamentales en el marco del crecimiento verde, se caracterizan por una baja productividad respecto al promedio nacional, mientras que los centros poblados concentran el capital humano con mejor formación. En ese sentido, el mayor potencial de generación de empleo verde se ubica en los departamentos que están por debajo del promedio nacional en cuanto a su productividad laboral.

Adicional a lo anterior, hay una relación directa entre la productividad y la informalidad, en donde la brecha de productividad entre formales e informales es de un 30 %. Lo anterior es particularmente importante dado que, al cierre del 2016, el 63,7 % de los trabajadores ocupados eran informales. Asimismo, al igual

que la productividad laboral, la informalidad no es homogénea entre ramas de actividad ni entre departamentos.

Al respecto, el aumento de la productividad depende directamente de inversiones destinadas a mejorar la eficiencia y la calidad de los productos y servicios. A su vez, las inversiones dependen de las perspectivas de una mayor rentabilidad y de la factibilidad de ejecutarlas de acuerdo con las condiciones existentes, tales como, dinámica de demanda, reglas claras de juego, la presencia de subsidios o impuestos a la inversión o la presencia de trabas normativas, entre otras. Dado lo anterior, el estudio concluye que la posibilidad de materializar un crecimiento verde se ve amenazado por la ausencia de algunas de estas precondiciones para la inversión de alto rendimiento que caracteriza a muchas de las actividades que podrían denominarse como verdes (Meléndez & Eslava, 2018c).

Adicionalmente, el estudio estableció que el Estado colombiano deberá asumir un rol activo de promoción a los sectores y actividades verdes. En particular, es necesario el desarrollo de regulaciones que incentiven estas transformaciones, a la vez que señalen a los consumidores el alto valor social de las mismas. De igual forma, la política pública tiene también un rol prioritario en la solución de fallas de información mencionadas al inicio de este capítulo.

Desde la perspectiva de capital laboral para el crecimiento verde, la Organización Internacional del Trabajo define los empleos verdes como aquellos empleos decentes que reducen el consumo de energía y materias primas; limitan las emisiones de gases; minimizan los residuos y la contaminación; y protegen y restauran los ecosistemas (OIT, 2017). Sin embargo, el concepto de empleo verde no es absoluto, ya que hay distintas “tonalidades de verde” y

estas evolucionarán con el paso del tiempo. En ese sentido, Colombia debe establecer la definición de empleo verde que quiere adoptar como guía para la política pública en el corto, mediano y largo plazo.

Dado que es un concepto reciente, hasta el momento se tienen pocas estadísticas sobre empleos verdes, como las publicadas bajo la Iniciativa de Empleos Verdes de Naciones Unidas en el documento *Green Jobs: Towards Decent Work in a Sustainable, Low-Carbon World* (PNUD, ILO, IOE & ITUC, 2008) que estimó, por ejemplo, que por cada 6.100 buses de gas natural introducidos en Nueva Delhi en 2009 se crearían 18.000 nuevos empleos. Sin embargo, ante la dificultad de cuantificar el número de empleos verdes, Naciones Unidas optó por calificar cualitativamente el potencial de empleo verde futuro de un conjunto de sectores de actividad, como se muestra en la Tabla 11-3.

Tabla 11-3
Progresos de los empleos verdes hasta la fecha y potencial futuro

SECTOR		Potencial de creación de empleos verdes	Progreso los empleos verdes hasta la fecha	Potencial de empleos verdes a largo plazo
ENERGÍA	TEMA Energía renovable	■	■	■
	TEMA Captación y almacenamiento de carbono	■	■	■
INDUSTRIA	TEMA Acero	■	■	■
	TEMA Aluminio	■	■	■
	TEMA Cemento	■	■	■
	TEMA Pasta y papel	■	■	■
	TEMA Reciclado	■	■	■
TRANSPORTE	TEMA Automóviles con bajo consumo de combustible	■	■	■
	TEMA Transporte público	■	■	■
	TEMA Ferrocarril	■	■	■
	TEMA Aviación	■	■	■

■ Aceptable ■ Bueno ■ Excelente ■ Negativo ■ Desconocido ■ Limitado

SECTOR		Potencial de creación de empleos verdes	Progreso los empleos verdes hasta la fecha	Potencial de empleos verdes a largo plazo
EDIFICIOS	Edificios verdes	■	■	■
	Modernización	■	■	■
	Alumbrado	■	■	■
	Equipo y aparatos eficientes	■	■	■
AGRICULTURA	Agricultura sostenible en pequeña escala	■	■	■
	Agricultura orgánica	■	■	■
	Servicios ambientales	■	■	■
SILVICULTURA	Reforestación / Forestación	■	■	■
	Agrosilvicultura	■	■	■
	Ordenación forestal sostenible	■	■	■

■ Aceptable ■ Bueno ■ Excelente ■ Negativo ■ Desconocido ■ Limitado

Fuente: Meléndez & Eslava, 2018^a, tomado de (PNUD, ILO, IOE & ITUC, 2008)

Por último, el estudio reportó que en Colombia la información disponible no permite hacer medición de la actividad verde de manera efectiva, pues las clasificaciones de actividad económica con que se recolectan y publican las estadísticas sobre empleo, ingresos y valor agregado, no permiten llegar al nivel de detalle necesario para separar los sectores verdes de los demás.

Adicionalmente, se encontró que no se recoge información sobre los esfuerzos de protección al medio ambiente por parte de sectores que tradicionalmente no son considerados verdes, y que los sistemas de información asociados a la oferta y demanda laboral requieren de ajustes que permitan identificar competencias y requerimientos específicos para el crecimiento verde.

11.1.1 Temas críticos de productividad laboral y capital humano para el crecimiento verde

Al plantear una transición al crecimiento verde se identificó la necesidad de garantizar la formación de capital humano hacia el mismo, con el consecuente resultado de generar empleos verdes. Lo que no resulta tan evidente, es que la generación de este tipo de empleos dependerá de manera directa de la dinámica y productividad de los sectores y actividades verdes, por lo cual intervenir para minimizar los obstáculos al crecimiento de sectores y actividades verdes es fundamental para garantizar una incorporación efectiva del capital humano al crecimiento verde.

Igualmente, se establece que las mejoras en la productividad dependerán de las inversiones que se hagan para mejorar los niveles de eficiencia y de calidad de los productos y servicios. Sin embargo, estas inversiones están condicionadas a una expectativa de retorno de la inversión y a un entorno adecuado para dichas inversiones, haciendo referencia a las reglas de juego, la reglamentación, los beneficios tributarios, entre otros.

Dado lo anterior, existen tres precondiciones para el surgimiento y consolidación de sectores y actividades verdes: i) la existencia de demanda por productos y servicios de alto valor ambiental; ii) iniciativa empresarial con capacidad e interés para identificar esas oportunidades y explotaras; y iii) un marco y unas prácticas

regulatorias que incentiven tanto la demanda como el emprendimiento verde.

Desde la perspectiva laboral, las empresas grandes y medianas tienen la capacidad de generar acciones de formación dirigidas a garantizar las habilidades y competencias requeridas para el crecimiento verde en sus trabajadores. Sin embargo, gran parte de las actividades productivas en Colombia se ejercen desde microempresas o la informalidad, que no cuentan con la capacidad de formación, por lo cual, el rol del estado será fundamental para cerrar la brecha entre oferta y demanda laboral.

Adicionalmente, el estudio resalta que, aunque la transición al crecimiento verde presenta problemas particulares, la problemática del mercado laboral no es la misma para todos los sectores que potencialmente aportarían al crecimiento verde. A su vez, muchas de las dificultades que enfrentan algunos de ellos son ineficiencias del mercado laboral que afectan por igual a otros sectores.

Dado todo lo anterior, una conclusión principal, es que la política pública de generación de empleo de calidad asociado con la transformación verde debe incorporar componentes explícitos del impulso a la actividad económica de los sectores verdes y a la transformación enverdecadora en otros sectores, no solo iniciativas activas de política laboral.



11.2 Recomendaciones de política

El estudio generó diferentes recomendaciones discriminadas en cuatro líneas estratégicas, las cuales se presentan a continuación (Meléndez & Eslava, 2018b).

11.2.1 Recomendaciones transversales

El estudio propone las siguientes recomendaciones transversales para apalancar el desarrollo de capital humano para el crecimiento verde:



Establecer una definición de empleo verde, que permita su adaptación en el corto, mediano y largo plazo, de acuerdo con la dinámica de crecimiento de los sectores y actividades que apalancen el crecimiento verde.



Avanzar en la medición del “PIB verde”, que permite analizar el flujo de producción teniendo en cuenta los daños ambientales generados en la producción de los bienes y servicios que se miden en el PIB.



11.2.2 Monitoreo y seguimiento

Se requiere contar con estadísticas que permitan hacer seguimiento a la evolución de actividades productivas sostenibles y empleos verdes asociados. Por lo tanto, en el corto plazo se requiere producir estadísticas estandarizadas y oportunas que permitan medir adecuadamente, tanto el avance de los sectores con potencial de crecimiento verde y de las actividades efectivamente verdes en estos y otros sectores, como el costo ambiental de las que no lo son. Para ello se deben dar los siguientes pasos:



Adaptar el sistema de clasificación de la actividad económica (CIIU), para que sectores estratégicos para el crecimiento verde sean identificados con códigos de actividad refinados, de manera que se puedan separar en la producción de estadísticas de interés.



Producir estadísticas sobre nivel y calidad del empleo, así como actividad económica, en los sectores identificados como estratégicos para el crecimiento verde.



Sistematizar la inclusión de preguntas sobre empleo e inversión en gestión de recursos y protección del medio ambiente en las encuestas económicas del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), siguiendo el modelo de la Encuesta Ambiental Industrial y producir las estadísticas relacionadas.



Divulgar los indicadores asociados a empleos verdes, así como la información que viene produciendo la Cuenta Satélite Ambiental, a cargo del Grupo de Indicadores y Cuentas Ambientales del DANE.



Dar al Grupo de Indicadores y Cuentas Ambientales del DANE el liderazgo de la inclusión de herramientas de medición de actividades verdes, no solo en la Cuenta Satélite Ambiental, sino en otros instrumentos estadísticos ya existentes en cabeza de la entidad, como las encuestas empresariales y las encuestas de hogares.

11.2.3 Creación de condiciones para el florecimiento del empleo verde desde la demanda

El Estado tiene un rol fundamental en el futuro desarrollo de política pública que incentive las transformaciones del sector productivo hacia el crecimiento verde, motive a los consumidores a valorar los bienes y servicios con alto componente ambiental, remueva obstáculos al crecimiento verde presentes en la regulación y solucione las

fallas de información que afectan el surgimiento y consolidación de las actividades verdes.

En este sentido, las siguientes recomendaciones se enfocan en la importancia de fortalecer la demanda laboral y el talento empresarial para potenciar el empleo verde, a través de la política pública:



Realizar un inventario crítico de los marcos normativos y la regulación que aplica en la actualidad al desarrollo de actividades verdes con el fin de eliminar las regulaciones que hoy las dificultan o limitan.



Guiar la introducción de regulaciones que incentiven la demanda por bienes y servicios amigables con el ambiente y su oferta.



Modificar o complementar los marcos normativos para dar señales claras sobre la conveniencia y viabilidad de entregar incentivos directos a nuevas actividades verdes, de carácter temporal y mientras los negocios se establecen y generan una demanda.



Diseñar una agenda de política dirigida a educar al empresariado y a emprendedores para que la incursión en actividades verdes y la transformación de sus procesos productivos con miras a la reducción de su huella ambiental sean alternativas más atractivas.

11.2.4 Creación de pre-condiciones de la oferta

A continuación, se enumeran las recomendaciones dirigidas a asegurar procesos de formación de capital humano requerido para la transición al crecimiento verde, las cuales reconocen que para fortalecer la oferta de este capital se requieren intervenciones desde la edad escolar, para lo que se propone:



Ajustar los contenidos del pensum (no su composición) para generar conciencia sobre cómo las decisiones empresariales, laborales y de consumo de las personas pueden tener mayor o menor huella ambiental, e impacto positivo o negativo sobre el aprovechamiento de los recursos locales para la generación sostenible de ingresos y bienestar.



Ajustar los currículos de formación y actualización de los maestros que les permita desarrollar herramientas pedagógicas efectivas para incentivar en los niños un espíritu crítico frente al conocimiento.



11.2.5 Asegurar una institucionalidad que fomente la adaptabilidad de la oferta

La política pública de empleo verde debe dirigirse a fomentar la capacidad de adaptación y respuesta a una demanda cambiante de competencias y habilidades. En este sentido, dos competencias particularmente importantes para la transición al crecimiento verde son la capacidad de propiciar la multidisciplinariedad y la capacidad de adaptarse a nuevas tecnologías.

En primero lugar, es fundamental fomentar un canal de interacción ágil entre el sector de la formación de capital humano y el sector empresarial, de modo que el primero pueda ajustar su oferta de formación a las necesidades del segundo de manera oportuna. Las mesas sectoriales son un buen punto de partida, pero deben reformarse en las siguientes direcciones para mejorar su efectividad:



Deben confluír en ellas el sector de la formación de capital humano y el sector empresarial.



Sus resultados deben servir para informar no solo a los representantes del sector de la formación de capital humano que participan en ellas, sino a todas las instituciones de educación superior, públicas y privadas.



Debe haber un alto componente de especificidad territorial, para que se fomente la pertinencia de la oferta de formación a las demandas específicas de cada territorio.

Las conclusiones de las mesas sectoriales se deben complementar con información sistemática generada por el Servicio Público de Empleo (SPE), para lo cual se recomienda integrar la información de vacantes reportada al SPE con la de las plataformas privadas, para asegurar que la oferta sea lo más completa y actualizada posible, procurando la cobertura en todo el territorio na-

cional y optimizando el uso de los recursos para aumentar las probabilidades de empleo. En segundo lugar, es importante desarrollar cursos de actualización y certificaciones en manejo de tecnologías con alto impacto en la sostenibilidad ambiental y procesos de reentrenamiento del talento humano que ya superó la etapa de formación formal.

En tercer lugar, es imperativo revisar y ajustar el proceso de acreditación de la educación superior para que asegure estándares mínimos de calidad de la formación. Se deben incorporar las habilidades necesarias para el crecimiento verde, de manera transversal y multidisciplinaria en los diferentes programas y perfiles asociados a este tema.

En cuarto lugar, se propone impulsar la reforma institucional de la formación para el trabajo, para asegurar una oferta adaptable a las nuevas necesidades. Para ello se recomienda reformar

el Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA), para que esté en capacidad de responder a los retos que plantea el tránsito a un modelo de crecimiento verde. Entre otras cosas, se recomienda concentrar al SENA exclusivamente en la oferta de formación de capital humano; ajustar la oferta de programas y concentrarla en los que son pertinentes dando flexibilidad para ajustar sus contenidos; y asegurar la oferta basada en la ventaja comparativa de los municipios de acuerdo con sus particularidades.

11.3 Metas e indicadores

Teniendo en cuenta que los resultados y conclusiones de este estudio generan una primera aproximación en relación con los requerimientos de capital humano para el crecimiento verde y que es necesario contar con mayor información para la toma de decisiones en la materia, se resalta la necesidad de analizar con mayor detalle todas las recomendaciones de política, antes de ser implementadas. Dado lo anterior, este componente no presenta metas e indicadores, ya que se considera imprescindible avanzar en estudios con un mayor alcance en cada uno de los frentes analizados.



12

CRECIMIENTO VERDE Y ESTRATEGIAS DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN (CTI)

Como lo explica la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), avanzar hacia un modelo de crecimiento verde requiere de la innovación no solamente en lo ambiental, sino también en lo económico y social (OCDE, 2015). En tal sentido, se reconoce que la innovación es una condición habilitante para avanzar en nuevas formas de producción y gestión que permiten obtener ganancias de productividad, generar empleos de calidad y reducir los impactos ambientales sin comprometer el desarrollo de las generaciones futuras.

Por lo tanto, la CTI es una herramienta esencial para alcanzar el objetivo de un crecimiento económico sostenible, resiliente ante los desastres y el cambio climático, así como para la promoción de la competitividad económica a partir de las ventajas de Colombia en materia de biodiversidad (OCDE, 2011).

Este capítulo presenta los instrumentos existentes para el desarrollo de la CTI en el país y posteriormente, recoge las propuestas relacionadas con las políticas y estrategias en la materia entregadas en la Misión de Crecimiento Verde para los diferentes ejes estratégicos: productividad del agua, productividad del suelo, eficiencia energética, economía circular, bioeconomía, economía forestal y energías renovables no convencionales. Adicionalmente, recoge las recomendaciones de la consultoría "Crecimiento verde, ciencia, tecnología e innovación" realizada en la primera fase de la Misión de Crecimiento Verde.

12.1

Diagnóstico

12.1.1

Estado de la ciencia, tecnología e innovación en crecimiento verde

La producción intelectual y de conocimiento de Colombia en áreas científicas y tecnológicas es baja respecto a la comunidad internacional. Las áreas en las que se realiza investigación en el país son: i) las ciencias naturales y exactas, que abarca el 28 % de los proyectos, con un 10 % para proyectos específicos de ciencias biológicas que pueden estar relacionados con el crecimiento verde; ii) las ciencias sociales y humanidades, que abarca el 35 % de los proyectos con algunas ramas relacionadas con crecimiento verde; iii) la ingeniería y tecnología, que abarca aproximadamente el 19 % de los proyectos de investigación, sin mucho énfasis en las ingenierías relacionadas con crecimiento verde (agrícola, forestal, agroindustrial, alimentos, agronómica, pecuaria, ambiental, minas y metalurgia); iv) las ciencias agrícolas, que cuentan tan solo con el 6 % de los proyectos de investigación a pesar de su potencial impacto en el crecimiento verde; y v) las ciencias médicas y de la salud, que abarcan aproximadamente el 15 % de la investigación⁵³ (Alarcón, 2016).

Igualmente sucede con patentes y derechos de autor. Para 2014, de las 258 patentes que científicos residentes en Colombia presentaron para aprobación en áreas como ingeniería, química farmacéutica y biotecnología, tan solo 8 patentes (3 %) fueron presentadas para esta última área en particular. Los científicos no residentes en el país también presentaron patentes para estas áreas

en Colombia. De las 2.000 patentes presentadas, 238 fueron para biotecnología (12 %), de las cuales 94 obtuvieron aprobación⁵⁴ (Alarcón, 2016).

El conocimiento en Colombia se produce principalmente en Bogotá, Antioquia y el Valle del Cauca, que acogen el 76 % de los grupos de investigación de alto nivel y generan el 64 % del conocimiento. La investigación es efectuada principalmente dentro de las instituciones de educación superior, dado que es allí en donde trabajan el 87 % de los investigadores. Por su parte, las empresas acogen a menos del 2 % de los investigadores (el gobierno, aproximadamente el 7 %) por lo cual se realiza muy poca investigación a nivel empresarial y la que se realiza está enfocada principalmente en las áreas de ciencias médicas y de la salud (Alarcón, 2016).

Entre 2005 y 2014, Colciencias financió 927 proyectos de investigación en áreas relacionadas al crecimiento verde como energía, innovación agropecuaria, biotecnología, ambiente, biodiversidad y hábitat, mar y recursos hidrobiológicos, por un valor total de 546.750 millones de pesos. Los proyectos en estas áreas han sido menores respecto a otras áreas como salud (825 proyectos), con aproximadamente el 22 % de la financiación de Colciencias. Solamente, el área de desarrollo tecnológico e innovación industrial, también relevante al crecimiento verde, ha tenido un nivel de inversión comparable con el de salud (Alarcón, 2016).

53. Presentación *El Estado de la Ciencia en Colombia*, Colciencias. 26 Mayo 2015, Foros Semana.

54. Indicadores de Ciencia y Tecnología en Colombia, 2015. Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología.

En cuanto a la transferencia de conocimiento y tecnología, en general no existe un puente robusto a través del cual se pueda transferir conocimiento hacia el sector productivo y empresarial principalmente por la falta de infraestructura de Transferencia de Conocimiento y Tecnología, y capacidad del sector productivo y empresarial para absorber el conocimiento y la tecnología. Tomando como ejemplo el sector agropecuario, según datos del Censo Nacional Agropecuario en 2014, el 90,5 % de productores agropecuarios afirmó no recibir ninguna asistencia técnica para actividades agropecuarias (Alarcón, 2016).

12.1.2 Instrumentos de política y financieros existentes para CTI y crecimiento verde

La Misión de Crecimiento Verde realizó la identificación de diferentes instrumentos existentes a nivel nacional que tienen potencial para la promoción de CTI para el crecimiento verde, los cuales se describen a continuación:

12.1.2.1 Instrumentos de política y normativos



Política Nacional de Desarrollo Productivo

La política fue adoptada en el Documento CONPES 3866 de 2016 y estableció acciones para focalizar esfuerzos y recursos en tecnologías habilitantes prioritarias de acuerdo con las capacidades de investigación construidas en el país, así como a los desafíos económicos y sociales. Las áreas identificadas para investigación y desarrollo relacionadas con el crecimiento verde son energías renovables, agroenergías, salud y alimentos; y, como tecnologías transversales se priorizaron biotecnología, nanotecnología y tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC).



Ley 1838 de 2017 sobre empresas de base tecnológica *spin-offs*

La Ley 1838 de 2017⁵⁵ conocida como ley de *spin-offs*, dicta las normas de fomento a la ciencia, tecnología e innovación mediante la creación de empresas de base tecnológica y otros mecanismos que permiten a profesores e investigadores de universidades públicas beneficiarse financieramente de sus innovaciones. Este beneficio puede usarse dando prioridad también a ciertas tecnologías que se relacionen con el crecimiento verde y que puedan tener un impacto directo en el sector productivo.

55. Ley 1838 de 2017, por la cual se dictan normas de fomento a la ciencia, tecnología e innovación mediante la creación de empresas de base tecnológica (SPIN OFFS) y se dictan otras disposiciones.



Sistema Nacional de Innovación Agropecuaria (SNIA)

La Ley 1876 de 2017 por la cual se crea y pone en marcha el SNIA, integra bajo un mismo sistema a la investigación, la educación y la extensión agropecuaria para mejorar la productividad, competitividad y sostenibilidad del sector agropecuario. El SNIA está a cargo del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MinAgricultura) con el apoyo del Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación (Colciencias), el Departamento Nacional de Planeación (DNP) y Agrosavia. Esta última entidad, construyó el Plan Estratégico de Ciencia, Tecnología e Innovación del Sector Agropecuario 2017-2027 (PECTIA)⁵⁶ el cual contempla diferentes acciones y responsables en varios ejes del crecimiento verde.

12.1.2.2 Instrumentos financieros



Sistema General de Regalías (SGR)

La reforma al SGR en 2012 le asignó al Fondo de Ciencia, Tecnología e Innovación el 10 % de los recursos que obtiene el país por regalías de la explotación minera y petrolera. El Fondo tiene como objetivo incrementar la capacidad científica, tecnológica, de innovación y de competitividad de las regiones, mediante proyectos que contribuyan a la producción, uso, integración y apropiación del conocimiento en el aparato productivo y en la sociedad en general, incluidos proyectos relacionados con biotecnología que contribuyen al progreso social, al dinamismo económico, al crecimiento sostenible y a una mayor prosperidad para toda la población (Artículo 29 de la Ley 1530 de 2012⁵⁷). De esta forma, los proyectos del fondo de CTI pueden ser utilizados para priorizar proyectos relacionados con crecimiento verde por parte de las regiones.



Instrumentos de Colciencias

A continuación, se describen las principales convocatorias y programas que tienen relación directa con la transición hacia un modelo de crecimiento verde en Colombia:

La **Convocatoria retos país** (Convocatoria 808) tiene como objetivo fomentar la generación de conocimiento a través de proyectos de CTI que afronten retos del país, que estimulen la formación de capital humano a nivel de doctorado y deriven en productos con potencial de transferencia de resultados a diferentes grupos de interés. Esta convocatoria tiene líneas específicas de crecimiento verde y cambio climático, por lo tanto, puede aplicarse de manera transversal, con un enfoque regional en los temas priorizados por la Misión.

56. <https://colciencias.gov.co/sites/default/files/upload/noticias/pectia-2017-actualizado.pdf>

57. Ley 1530 de 2012, por la cual se regula la organización y el funcionamiento del Sistema General de Regalías.

El programa **Portafolio 100** (Convocatoria 764) busca cofinanciar proyectos que conduzcan a la comercialización de productos basados en el aprovechamiento sostenible de la biodiversidad, que incorporen conocimiento científico y tecnológico desarrollado localmente. Es una iniciativa con la que se puede promover directamente a empresas de base biotecnológica, por lo que se convierte en un instrumento para las empresas en el sector de bioeconomía.

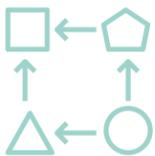
Las **Convocatorias de desarrollo tecnológico 700 y 701**, que si bien ya caducaron pueden ser reconsideradas dado su éxito para apoyar empresas del sector de la bioeconomía. La convocatoria 700 tuvo como objetivo apoyar proyectos de investigación aplicada en nuevos conceptos de tecnologías biológicas, biomédicas y energéticas de alto riesgo tecnológico y alto potencial comercial, para acelerar procesos de innovación en diferentes regiones y sectores productivos del país. Por su parte, la 701 buscó apoyar proyectos para la construcción de prototipos de tecnologías transformadoras, para su validación pre-comercial y comercial, con empresas de diferentes sectores productivos.

Colombia BIO es un programa que busca fomentar el conocimiento de la biodiversidad para contribuir a un desarrollo sostenible inclusivo. Se basa en el desarrollo de expediciones científicas que han permitido registrar nuevas especies en territorios poco explorados del país, a partir de lo cual se apalancan investigaciones de alto valor agregado, desde bioprospección hasta la obtención de productos bio-basados. La implementación de este programa ha sido de gran relevancia para impulsar la bioeconomía a nivel nacional.



Programa Colombia Científica

Es liderado por el Ministerio de Educación Nacional (MinEducación), el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo (MinCIT), el Icetex y Colciencias y busca contribuir al mejoramiento de la calidad de las Instituciones de Educación Superior, a partir de la conformación de alianzas que impulsen el desarrollo regional, social y productivo del país y la financiación de programas de I+D+i en los focos estratégicos establecidos. Su componente de ecosistema científico financia proyectos de salud, energía sostenible, bioeconomía y sociedad.



Programa de Transformación Productiva (PTP)

El programa de transformación productiva, ahora Colombia Productiva, fue creado por MinCIT en 2008 para promover la productividad y competitividad en la industria, por lo que apoya a las empresas a través de convocatorias y programas para aumentar la eficiencia en los procesos productivos y mejorar sus indicadores de desempeño. Desde el 2018 ejecuta un piloto de asistencia técnica que busca aumentar la productividad y capacidades exportadoras en 256 empresas.



Proyecto Tipo Vouchers de Innovación

Formulado por el DNP e iNNpulsa como un mecanismo de cofinanciación que busca conectar a las Mipymes con proveedores de servicios de innovación que puedan prestar a sus clientes soluciones pertinentes en esta materia.



Programas de Emprendimiento

Entre los programas de emprendimiento de mayor relevancia se encuentran Aldea de iNNpulsa, las líneas de crédito de Bancóldex Capital, el Fondo Emprender del Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA) y la Red Nacional de Ángeles Inversionistas, los cuales tienen grandes oportunidades para apalancar emprendimientos verdes con alto valor agregado y gestionar recursos para proyectos e iniciativas de crecimiento verde.

Otros programas que impulsan el emprendimiento y la innovación son el Programa Colombia se Formaliza, el Programa Punto de Contacto Empresarial, SENA Emprende Rural, las fundaciones privadas Fundación Corona y Fundación Bavaria, la iniciativa Red Clúster Colombia, el Programa SENNOVA, la Red Tecnoparque Colombia, Cenired, los Centros de Desarrollo Tecnológico y los Parques Científicos, Tecnológicos y de Innovación.



Planes y Acuerdos Estratégicos Departamentales en Ciencia, Tecnología e Innovación (PAED)

Los PAED son la hoja de ruta que definen las prioridades de los departamentos en CTI para los próximos años. Frente al crecimiento verde, se encuentra una alta priorización de sectores como el agrícola, ambiente y biodiversidad, estando el área de ambiente incluida en 14 PAED. Otras áreas importantes como energías renovables y biotecnología, agua y recursos hídricos, territorio y ambiente, ecoturismo, etno-turismo, desarrollo rural y gestión del riesgo también han sido incluidas en estos instrumentos, mientras que la adaptación climática, transporte, manejo de residuos, saneamiento, construcción sostenible y desarrollo urbano, no están actualmente priorizados por los departamentos (Alarcón, 2016).



Cooperación internacional

Se destaca el Programa Horizonte 2020 que, si bien tiene como objetivo mejorar las capacidades y la competitividad europea, puede beneficiar a Colombia ya que permite que participen empresarios e investigadores de terceros países siempre y cuando estén en un consorcio con otras dos contrapartes de la Unión Europea. Este programa apoya en particular el desarrollo de proyectos de mitigación del cambio climático.

12.2 Recomendaciones de política

12.2.1 Recomendaciones transversales

Considerando que existen grandes retos y oportunidades en el país para aumentar su crecimiento con base en la eficiencia en el uso de recursos, la efectividad en los procesos productivos y el aprovechamiento de la diversidad biológica, a conti-

nuación, se proponen algunas recomendaciones en materia de CTI generadas en el desarrollo de la consultoría “Crecimiento verde, ciencia, tecnología e innovación” realizada en el marco de la primera fase de la Misión de Crecimiento Verde.



Ampliar el conocimiento en áreas como las ciencias naturales y biológicas y otras relevantes al crecimiento verde, que aproveche las comunidades científicas internacionales y la disponibilidad de recursos para CTI del Fondo de Ciencia, Tecnología e Innovación del SGR.



Fortalecer la transferencia de conocimiento científico en áreas de CTI para crecimiento verde al sector productivo y empresarial con énfasis en el desarrollo de centros especializados y reducir los obstáculos regulatorios para la creación de *spin-offs*.



Desarrollar metodologías para cuantificar el impacto ambiental de los proyectos que se financian con recursos del Fondo de Ciencia, Tecnología e Innovación del SGR y fortalecer los componentes de CTI para crecimiento verde en la formulación y aprobación de estos proyectos.



Demostrar los beneficios de la implementación de mejores tecnologías y prácticas ambientales en el sector productivo en términos de reducción de costos y generación de nuevos mercados y productos, para lo cual se pueden impulsar herramientas de INNpulsas como “Mentalidad y Cultura” o “Vouchers Empresariales”, que pueden tener un enfoque de “Vouchers Verdes”.



Realizar inteligencia de mercados que permitan definir los objetivos nacionales e internacionales de acuerdo con las características de los consumidores en los cuales el país sea competitivo. La biodiversidad y la oferta de agua dulce hacen que Colombia se convierta en un actor potencialmente estratégico en el mercado global de alimentos.



Posicionar los sellos verdes como un factor de compra decisivo para los consumidores. Un sistema de Sellos Verdes públicos y ecoetiquetado, cuyos criterios y categorías estén respaldados por estudios científicos y reconocidos por el sector privado y la población en general, será un potente instrumento para fomentar la demanda de productos más sostenibles en donde la ciencia, tecnología e innovación puede desempeñar un rol estratégico.



Impulsar instrumentos como los impuestos a las emisiones y sistemas de permisos ambientales negociables que proporcionen señales de precios, generen incentivos para invertir en innovación verde y reduzcan los costos para abordar los desafíos ambientales.



Fomentar la investigación para agregar más valor a los recursos naturales y a los procesos productivos, con indicadores estratégicos que midan el impacto de las acciones de crecimiento verde en la economía, el ambiente y la sociedad.

12.2.2 Recomendaciones en CTI para los ejes temáticos de la Misión de Crecimiento Verde

Productividad en el uso del agua⁵⁸

Los principales aspectos a tener en cuenta en materia de CTI para la productividad del agua se presentan en la Tabla 12-1 (CTA, 2018b):

58. Muchas conclusiones en esta sección provienen del diagnóstico de los determinantes que inciden en la productividad del uso del agua y en la eficiencia en el tratamiento de aguas residuales y reúso del agua, realizado por el Centro de Ciencia y Tecnología de Antioquia – CTA para la Misión de Crecimiento Verde del DNP.

Tabla 12-1
Recomendaciones en CTI para la productividad en el uso del agua

SECTOR	ASPECTO
 <p>AGRÍCOLA</p>	<ul style="list-style-type: none"> • La implementación de tecnologías de uso eficiente no es costo-efectiva ya que el precio del agua es muy bajo. • La asociatividad permite incrementar la productividad y el acceso a tecnología, sin embargo, los pequeños productores no se asocian. • Los distritos de adecuación de tierras presentan una infraestructura deteriorada o que ya no es operativa, con baja eficiencia en el uso del agua. • Se requiere mayor investigación para afrontar las consecuencias de la vulnerabilidad al cambio climático. • Hay una débil transferencia de conocimiento.
RECOMENDACIÓN	
<ul style="list-style-type: none"> • Implementar tecnologías de uso eficiente que correspondan a los bajos costos del agua. • Fortalecer la adopción de mejores técnicas y prácticas que incluyen la incorporación de variedades de plantas menos demandantes de agua y la cosecha de agua. • Actualizar tecnología y maquinaria de los distritos de riego. • Crear un programa de conservación de la infraestructura de riego y uso del agua, para reducir la periodicidad en las labores de mantenimiento y conservación. 	<ul style="list-style-type: none"> • Crear estructuras para medir y controlar el uso del agua, de manera que se pueda conocer la demanda hídrica para cada cultivo y en cada lugar en específico. • Desarrollar mayor investigación sobre la vulnerabilidad del sector al cambio climático y sobre los tipos de suelo que pueden aumentar la productividad del agua. • Mejorar la capacitación de técnicos y educación a productores a través de programas y proyectos; creando una cultura de formalización y pago por el uso del agua.

SECTOR	ASPECTO
 <p>PECUARIO</p>	<ul style="list-style-type: none"> • La baja asociatividad es una barrera para el acceso a mejores tecnologías. • Gran parte de las pérdidas en el agua suministrada para beber, se dan por el mal funcionamiento de los sistemas de conducción del agua, fallas en los dispositivos y por fugas en la red de tuberías. • El clima y la variabilidad climática son factores que inciden directamente en la eficiencia y productividad del agua.
RECOMENDACIÓN	
<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollar tecnologías de acceso a sombras y sistemas silvopastoriles para mejorar la productividad del agua, a través de incentivos económicos. • Desarrollar mejores y nuevas tecnologías e innovaciones para todos los sistemas productivos. • Realizar mayor investigación en tecnologías de conducción de agua y red de tuberías que reduzcan las pérdidas en las granjas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Adoptar tecnologías de bebederos automáticos y limpieza en seco como los que ya existen para el subsector avícola. • Realizar mayor investigación sobre la vulnerabilidad del sector al cambio climático, y los efectos del aumento en la temperatura para diferentes especies animales, especialmente en la producción de carne y leche.

SECTOR	ASPECTO
 <p>AGUA POTABLE</p>	<ul style="list-style-type: none"> • El estado de las redes de distribución de agua potable es un factor importante en la prestación adecuada del servicio de acueducto. • No es suficiente el personal capacitado en la operación, mantenimiento, vigilancia, control de pérdidas, administración y cobertura del servicio de acueducto. • El reúso de agua residual tratada en el sector de agua potable no está permitido de acuerdo con la Resolución 1207 de 2014 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MinAmbiente).
RECOMENDACIÓN	
<ul style="list-style-type: none"> • Realizar mayor investigación en tecnologías de conducción de agua y red de tuberías que reduzcan las pérdidas. • Mejorar la capacitación en la operación, mantenimiento, vigilancia, control de pérdidas, administración y cobertura del servicio de acueducto, así como en las plantas de potabilización. • Realizar mayor investigación sobre adap- 	<ul style="list-style-type: none"> tación y mitigación del cambio climático que reduzca los problemas de desabastecimiento en las zonas más afectadas del país. • Modificar la Resolución 1207 de 2014 para permitir el reúso del agua residual tratada para usos no potables, y dirigir esfuerzos en investigación y desarrollo hacia la adopción y desarrollo de tecnologías para el tratamiento de estas aguas.

SECTOR	ASPECTO
 <p>SANEAMIENTO BÁSICO</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Colombia usa tecnologías obsoletas para el tratamiento de las aguas residuales de primera generación y solamente en algunos casos de segunda generación.
RECOMENDACIÓN	
<ul style="list-style-type: none"> • Aumentar la inversión en procesos tecnológicos más avanzados para el tratamiento de aguas residuales, como tecnologías de reactores anaerobios de tercera generación (reactores de manto de lodo granular expandido EGSB o reactores de circulación interna IC®), los cuales alcanzan eficiencias de remoción mayores al 90 %. 	

SECTOR

INDUSTRIAL
MANUFACTURERO

ASPECTO

- El desarrollo de innovaciones en la productividad del agua no garantiza automáticamente su adopción. Esta se ve limitada por la falta de cadenas de suministro adecuadas, asistencia técnica, mercados e incentivos.
- La industria tiene un bajo nivel de I+D+i en temas relacionados con el uso eficiente del agua.

RECOMENDACIÓN

- Desarrollar mayor investigación para aumentar la productividad del agua a múltiples escalas y en múltiples contextos. El desarrollo y adopción de estas innovaciones debe ser incorporado en los currículos actuales, así como en los programas de asistencia técnica al sector empresarial.
- Aumentar la adopción de tecnologías de producción más limpia como mejoras en el proceso, buenas prácticas operativas, mantenimiento de equipos, reutilización y reciclaje

del agua, cambios en la materia prima y cambios de tecnología, que favorezcan una mayor productividad.

- Mejorar la adopción de tecnologías a través de cadenas de suministro adecuadas, asistencia técnica, mercados e incentivos.
- Crear incentivos económicos para las industrias que implementan tecnologías ambientales innovadoras y apoyo financiero y de asesoría para las industrias que financian nuevas investigaciones.

SECTOR

MINERO

ASPECTO

- Aún cuando se han identificado tecnologías para eliminar el uso del mercurio en el beneficio del oro especialmente en la pequeña minería, los mineros creen que, al no utilizar mercurio, la recuperación de oro es menor.

RECOMENDACIÓN

- Adoptar tecnologías para reducir el uso de sustancias químicas y para el tratamiento de las aguas residuales generadas en la minería de oro y carbón, con estrategias especiales para promover la adopción en la pequeña y mediana minería.
- Desarrollar mayor investigación en tecnologías que recuperen el mercurio en el

beneficio de oro y en sistemas de tratamiento para este contaminante.

- Desarrollar mayor investigación para determinar la incidencia de los vertimientos de la carga de contaminantes químicos provenientes de la minería en las fuentes hídricas, definiendo umbrales o concentraciones máximas permitidas en cada fuente hídrica de acuerdo con los usos del agua.

Productividad en el uso de la tierra⁵⁹

El estudio de productividad en el uso de la tierra propone las recomendaciones en el marco de la CTI, como se presenta a continuación en la Tabla 12-2 (CIAT, CCAFS y CRECE, 2018c).

Tabla 12-2
Recomendaciones en CTI para la productividad en el uso de la tierra

SISTEMA PRODUCTIVO	ASPECTO
 <p>TODOS LOS SISTEMAS</p>	<ul style="list-style-type: none"> • En general se encuentra que el nivel de tecnificación de la agricultura en Colombia es bajo. • La arquitectura institucional del SNIA debe ser aprovechada para incrementar la productividad del suelo a través de herramientas de CTI.
RECOMENDACIÓN	
<ul style="list-style-type: none"> • Establecer programas pioneros de capacitación, investigación y entrenamiento en nuevas tecnologías que apunten a la optimización sostenible de los recursos para la producción y cadenas de valor agropecuarias, priorizando a los jóvenes y líderes rurales para que contribuyan al fortalecimiento de lo local como vínculo a lo global. • Fortalecer la Ley del SNIA con la perspectiva de sostenibilidad y crecimiento verde, a través de: i) incorporación en los programas de asistencia técnica de módulos sobre crecimiento verde, innovación y desarrollo de tecnologías sostenibles y mercados cambiantes orientados a la reconfiguración de las dinámicas de oferta y demanda para alcanzar sistemas alimenta- 	<p>rios sostenibles; ii) facilitación de mecanismos vinculantes entre técnicos y agricultores como socios e inversionistas en negocios agroindustriales verdes; iii) facilitación de alianzas con centros de investigación agropecuaria de excelencia nacional e internacional para cerrar la brecha entre los laboratorios y la finca.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Promover el intercambio de experiencias intra-regionales que permitan la construcción sobre lecciones aprendidas de iniciativas que promueven el crecimiento verde como el pago por servicios ecosistémicos en Costa Rica y Perú, la asistencia técnica vinculante en Nueva Zelanda, seguros agropecuarios indexados en México, entre otros.

59. Muchas conclusiones en esta sección provienen del estudio *Productividad de la tierra y rendimiento del sector agropecuario medido a través de los indicadores de crecimiento verde en el marco de la Misión de Crecimiento Verde en Colombia*, realizado por el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), el Programa de Investigación del CGIAR en Cambio Climático, Agricultura y Seguridad Alimentaria (CAAFS) y el Centro de Estudios Regionales Cafeteros y Empresariales (CRECE) para el DNP.

SISTEMA PRODUCTIVO	ASPECTO
 AGUACATE HASS	<ul style="list-style-type: none"> La asistencia técnica y el control de plagas es un factor crítico para aumentar la productividad de este subsector.
RECOMENDACIÓN	
<ul style="list-style-type: none"> Desarrollar un programa de investigación sobre las enfermedades/plagas más críticas por zonas del país que amenazan la competitividad de este subsector, incluyendo la identificación de moléculas idóneas y su protocolo de aplicación para el tratamiento de las plagas, así como la definición de umbrales de daño para toma de decisión en manejo de plagas. Desarrollar un programa de evaluación y monitoreo de los residuos de agroquímicos al nivel de finca para garantizar las normas de exportación. Desarrollar un plan de asistencia técnica específico en manejo integrado de plagas liderado por Agrosavia, que incluya manejo integral 	<p>plagas, sostenibilidad ambiental y productiva, adopción de buenas prácticas agrícolas, apoyo legal y estrategias participativas para transmitir los conocimientos a los productores como escuelas de campo para agricultores con costo diferenciado según perfil y capacidad económica.</p> <ul style="list-style-type: none"> Crear mecanismos de coordinación efectiva entre el Plan Estratégico de Ciencia, Tecnología e Innovación Agroindustrial Colombiano (PECTIA), el SNIA, el SENA, Agrosavia, ASOHO-FRUCOL y universidades para manejar la asistencia técnica en temas de crecimiento verde para el sistema productivo de aguacate Hass.

Eficiencia energética y energías renovables⁶⁰

En la Tabla 12-3 se presentan los 5 avances tecnológicos que se espera jueguen un papel relevante al 2030 y que tendrán un impacto en todo el sistema energético contribuyendo en gran medida a la consecución de las metas y compromisos internacionales del país, así

como en la modernización y crecimiento del sector energético nacional (Enersinc, 2018). De acuerdo con lo anterior, se presentan las principales recomendaciones en materia de CTI para la promoción de la eficiencia energética y de las FNCER a nivel nacional (Enersinc, 2018).

60. Las conclusiones de esta sección provienen del diagnóstico de la oferta y demanda de energía en Colombia realizado por ENERSINC para la Misión de Crecimiento Verde del DNP.

Tabla 12-3
Avances tecnológicos y recomendaciones en materia de CTI para la promoción de la eficiencia energética y de las FNCER a nivel nacional

AVANCE TECNOLÓGICO	DESCRIPCIÓN
 SMART GRIDS O REDES INTELIGENTES	<ul style="list-style-type: none"> Conjunto de recursos de energía distribuidos que afectan la forma en que se abastece y utiliza la energía, y los cuales incluyen la generación distribuida (por ejemplo, generación fotovoltaica a pequeña escala), los sistemas de almacenamiento de energía, y la gestión activa de la demanda que comprende los mecanismos de respuesta de la demanda y las medidas de conservación y eficiencia energética.
RECOMENDACIÓN	
<ul style="list-style-type: none"> Facilitar la disponibilidad de tecnología y crear un marco regulatorio que posibilite su entrada al mercado. Capacitar capital humano en la operación de los controles de automatización de la red que pueda sustituir personal poco calificado que realiza la lectura manual a personal con capacidad de análisis de la información. 	<ul style="list-style-type: none"> Construir infraestructura adecuada en medición y en estaciones de recarga para articular las iniciativas tecnológicas de redes inteligentes. Garantizar protocolos de operación y seguridad de la información, ciberseguridad, datos del consumidor, así como la propiedad de la información.
AVANCE TECNOLÓGICO	DESCRIPCIÓN
 GESTIÓN EFICIENTE DE LA ENERGÍA	<ul style="list-style-type: none"> Conjunto de acciones orientadas a asegurar el suministro energético a través de la implementación de medidas de eficiencia energética y respuesta de la demanda, es decir, los cambios en el consumo de energía eléctrica por parte del consumidor, con respecto a un patrón usual de consumo en respuesta a señales de precios o incentivos diseñados para inducir bajos consumos.
RECOMENDACIÓN	
<ul style="list-style-type: none"> Construir infraestructura de medición inteligente como mecanismo de seguimiento de tarifas y compromisos de control de cargas o ahorros pactados. Recopilar información en eficiencia y rendimientos de tecnologías, optimización de pro- 	<ul style="list-style-type: none"> cesos, y beneficios cuantitativos y cualitativos de estas tecnologías. Recopilar información sobre programas o mercados existentes para la gestión de la demanda y costos asociados a la implementación de estos sistemas y esquemas.

AVANCE TECNOLÓGICO



DISTRITOS TÉRMICOS

DESCRIPCIÓN

• Sistemas energéticos que proveen calor y frío a edificaciones individuales dentro de una localidad o distrito de desarrollo. El suministro de calor o frío se produce en una planta central y se distribuye al distrito mediante tuberías hasta los puntos de consumo de los usuarios finales en el marco de un servicio prestado por un tercero. Colombia tiene altas necesidades térmicas de enfriamiento para atender demanda residencial, comercial o industrial.

RECOMENDACIÓN

• Recopilar información acerca de la demanda de energía térmica y mediciones y caracterización para los consumos.

AVANCE TECNOLÓGICO



ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA

DESCRIPCIÓN

• El almacenamiento es un reto para las FNCER, por tanto, las tecnologías del almacenamiento de energía están tomando cada vez más relevancia. Se ve como un servicio complementario en el mediano plazo, dentro del mercado eléctrico ya existente, así como una tecnología en constante. Las tecnologías más relevantes en la actualidad son almacenamiento por hidrobombeo, almacenamiento electroquímico, almacenamiento electromecánico y almacenamiento térmico.

RECOMENDACIÓN

• Generar mayor conocimiento en las tecnologías de almacenamiento disponibles, su operación e integración en los sistemas de transmisión y distribución.

AVANCE TECNOLÓGICO



MOVILIDAD ELÉCTRICA

DESCRIPCIÓN

• El sector transporte es el mayor consumidor de energía del país, por lo cual la movilidad eléctrica será indispensable para una transición energética que facilite el cumplimiento de las metas de mitigación de cambio climático, con otros beneficios como diversificar la matriz eléctrica, mejorar la calidad de aire, reducir el ruido e impulsar modelos de ciudades sostenibles.

RECOMENDACIÓN

• Realizar mayor investigación sobre la vida útil de las baterías, aunque para usos urbanos, los rangos disponibles son adecuados para los kilómetros promedio recorridos diariamente.
 • Realizar mayor investigación sobre la autonomía de los vehículos (menor a 200 kilómetros).
 • Crear mayor infraestructura de recarga interna en edificios y viviendas.

Intensidad en el uso de materiales y economía circular⁶¹

Las principales recomendaciones en materia de CTI para la transición hacia una economía circular se presentan en la Tabla 12-4 (Tecnalia, 2018a):

Tabla 12-4
Recomendaciones en CTI para la transición a la economía circular

	ASPECTO	RECOMENDACIÓN
SECTOR TRANSVERSAL 	<ul style="list-style-type: none"> El desarrollo y adquisición de tecnología e infraestructura para la gestión de materiales es fundamental para su uso eficiente y la competitividad de la industria. 	<ul style="list-style-type: none"> Implementar tecnologías para la gestión de residuos de construcción y demolición. Realizar proyectos de I+D+i nacionales y/o regionales para el desarrollo o adaptación de procesos y tecnologías avanzadas de separación de productos poliméricos posconsumo. Desarrollar estudios para aprovechamiento de materiales específicos con alto potencial de reciclaje y simbiosis industrial.
	<ul style="list-style-type: none"> La separación y recolección selectiva es fundamental, ya que constituye el paso previo para cualquier tratamiento de reciclaje o valorización, que permita recuperar materiales o energía de los residuos o para su adecuada gestión. 	<ul style="list-style-type: none"> Desarrollar tecnologías para caracterización especializada de residuos y reducción de costos en logística. Implementar centros de acopio con tecnologías de separación y compactación. Desarrollar estudios de viabilidad específicos para la separación, recolección y tratamiento de materiales contenidos en los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (polímeros y metales). Desarrollar estudios de viabilidad específicos para la implementación de tratamiento de escorias siderúrgicas y lodos papeleros. Realizar estudios de viabilidad de tecnologías para la recuperación de materiales de los residuos agroindustriales, como la recuperación de principios activos o bioelementos para su uso en sector de alto valor agregado (farmacéutica, cosmética, alimentación). Realizar estudios específicos de ecotoxicidad y peligrosidad de subproductos industriales y de construcción.
	<ul style="list-style-type: none"> Los programas de subvenciones de I+D+i orientados a favorecer la economía circular son fundamentales para desarrollar y demostrar soluciones innovadoras de optimización de procesos y productos en los sectores manufactureros y de construcción. 	<ul style="list-style-type: none"> Crear nuevas herramientas para medir la circularidad de los productos y materiales. Realizar un estudio de posicionamiento del país ante el suministro de materias primas críticas y oportunidades derivadas, relacionado con residuos de aparatos eléctricos y electrónicos y productos de alto valor tecnológico. Fomentar el ecodiseño de productos manufacturados y alternativas para maximizar el valor de los materiales. Promover nuevos servicios basados en la tecnología digital: mantenimiento, seguimiento de operaciones y durabilidad de productos y realizar análisis de comportamientos de consumo.

⁶¹ Las conclusiones en esta sección provienen del estudio en la intensidad de utilización de materiales y economía circular en Colombia para la Misión de Crecimiento Verde realizado por TECNALIA y financiado por el Banco Mundial.

Bioeconomía⁶²

Las principales recomendaciones en materia de CTI para el desarrollo de la bioeconomía a nivel nacional, se resumen en la Tabla 12-5.

Tabla 12-5
Recomendaciones en CTI para el desarrollo de la bioeconomía

SECTOR	ASPECTO	RECOMENDACIÓN
<p>TODOS LOS SECTORES</p> 	<ul style="list-style-type: none"> No existe suficiente información estadística sobre la bioeconomía. Hay capacidades en el país para la investigación y el desarrollo empresarial del sector. El sector con mayor potencial de desarrollo es la biotecnología verde, orientada a la producción agrícola y pecuaria, seguido de la biotecnología blanca, orientada a las soluciones para la industria. La oferta de la biotecnología en Colombia todavía no es corporativa. Colombia tiene mano de obra calificada que podría trabajar en el sector de la bioeconomía, así como investigaciones publicadas. 	<ul style="list-style-type: none"> Incluir en la Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica (EDIT) preguntas sobre con bioeconomía para sectores priorizados. Se sugiere utilizar como base la encuesta de la OCDE sobre innovación tecnológica en las empresas, en su módulo de uso de biotecnología (https://www.oecd.org/sti/inno/33706907.pdf). Diseñar una estrategia para que los productos biotecnológicos tengan un marcador que permita identificarlos dentro de su sector como producto BIO, para poder, en el futuro, realizar el análisis de datos económicos. Homologar las variables de actividades de CTI (ACTI) de las encuestas de innovación para los sectores manufacturero y de servicios, e incluirlos en las encuestas del sector agrícola que no las contemplan. Evaluar la clasificación de los grupos de investigación que realiza Colciencias, ya que no está dividida por sectores económicos sino por áreas de conocimiento. Mejorar las estadísticas de la biomasa generada por el sector industrial y de servicios.

62. Las conclusiones en esta sección provienen del estudio *La bioeconomía como fuente de nuevos emprendimientos basados en el capital natural de Colombia*, realizado por BIOINTROPIC para la Misión de Crecimiento Verde del DNP.



Economía forestal⁶³

En materia de CTI, la economía forestal a nivel nacional debe tener en cuenta las consideraciones (ONF Andina, 2018a) y recomendaciones (ONF Andina, 2018b) que se presentan en la Tabla 12-6.

Tabla 12-6
Recomendaciones en CTI para promover el sector forestal

SECTOR	ASPECTO	RECOMENDACIÓN
<p>FORESTAL</p> 	<ul style="list-style-type: none"> El sector forestal no cuenta con estadísticas suficientes para su caracterización y la toma de decisiones, siendo ésta una de las principales dificultades para planificar su desarrollo. Los instrumentos de CTI se encuentran dispersos y desarticulados. A pesar de que la nueva normatividad del SNIA fortalece el servicio de extensión agropecuaria, la asistencia técnica directa rural no cuenta con capacidad técnica en temas forestales. La producción de información técnica y científica no está consolidada y no hay suficiente articulación que permita la transferencia del conocimiento en temas forestales entre la academia y las empresas. 	<ul style="list-style-type: none"> Mejorar la información y estadísticas del sector. Aumentar la inversión en las actividades de CTI del sector forestal. Articular los instrumentos de CTI existentes para el sector forestal. Fortalecer la asistencia técnica directa rural en temas forestales en el marco del SNIA y consolidar los Planes Departamentales de Extensión Agropecuaria. Formar el capital humano requerido para el extensionismo en temas forestales. El SENA, en coordinación con MinAgricultura y la Agencia de Desarrollo Rural (ADR), deben desarrollar acciones de capacitación y certificación de competencias laborales dirigidas a profesionales, técnicos o tecnólogos vinculados a la prestación del servicio de extensión agropecuaria. Modificar la encuesta anual manufacturera del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) para reportar de manera diferenciada el consumo de madera de bosque natural y el consumo de madera plantada. Desarrollar proyectos para la transferencia del conocimiento técnico y científico en temas forestales entre la academia y las empresas forestales. Replicar experiencias exitosas como los polos de competitividad o las escuelas de productos para articular a la academia, la investigación y las empresas del sector forestal. Fortalecer las iniciativas de Agrosavia para cerrar la brecha institucional relacionada con la innovación sectorial a través de: i) construir una agenda dinámica de I+D+i como marco para la inversión pública en este ámbito; ii) levantar la línea de base del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología Agroindustrial (SNCTA); iii) desarrollar el capital social para la gestión del conocimiento en redes y en sistemas de innovación; y iv) desarrollar la plataforma Siembra.

63. Las conclusiones en esta sección provienen del diagnóstico del sector forestal en Colombia: principales características, barreras y oportunidades para su desarrollo realizada por ONF ANDINA para la Misión de Crecimiento Verde del DNP.

13

INSTRUMENTOS ECONÓMICOS PARA IMPULSAR EL CRECIMIENTO VERDE

Existen diferentes mecanismos que buscan propiciar un comportamiento deseado hacia la sostenibilidad tanto en los individuos como en el sector privado. De acuerdo con la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), los principales mecanismos en materia de gestión y política ambiental son los instrumentos de comando y control, los económicos, los de educación e información y los voluntarios (CEPAL, 2015).

La Misión de Crecimiento Verde tuvo un gran interés en los instrumentos económicos, entendiéndolos como aquellos que se basan en la utilización de incentivos económicos o de mercado para generar cambios positivos por parte de los agentes en favor del ambiente.

Para ello, se desarrollaron dos estudios con el objetivo de realizar evaluaciones cuantitativas y/o cualitativas de instrumentos económicos para el crecimiento verde, tanto existentes como nuevos, y realizar propuestas de ajustes y de implementación. Estos estudios se llevaron a cabo en dos fases. La primera fase cubrió el estudio “Instrumentos económicos e incentivos financieros para crecimiento verde y fuentes de financiamiento internacional para cambio climático en Colombia”, y la segunda fase el estudio “Alineación de políticas e instrumentos para el crecimiento verde en Colombia”.

13.1 Diagnóstico

13.1.1 Análisis de instrumentos económicos e incentivos financieros para crecimiento verde

13.1.1.1 Marco conceptual

Es importante distinguir un instrumento económico de un mecanismo financiero, ya que el primero busca generar incentivos y cambios de comportamiento, mientras el segundo busca direccionar recursos para el financiamiento de la política o para el cubrimiento de riesgos. Sin embargo, existen instrumentos económicos que se constituyen en mecanismos financieros y viceversa, que cumplen un doble propósito, ya que permiten generar incentivos para lograr impactos positivos en el crecimiento verde, pero adicionalmente, permiten financiar acciones mediante la transferencia de recursos entre el sector público y el privado.

Adicionalmente, los instrumentos económicos pueden ser tributarios o no tributarios, al ser los primeros aquellos que implican un tributo o gravamen, que se espera genere un comportamiento en los agentes para no causarlo. Entre estos se encuentran los impuestos a actividades contaminantes, los impuestos al uso de recursos naturales, las contribuciones parafiscales, los beneficios tributarios, los cargos o tasas y los sistemas de depósito-reembolso.

Por su parte los instrumentos económicos no tributarios no generan una obligación de pago, por el contrario, generan un costo para las finanzas públicas. Entre estos se encuentran los mercados de derechos transables y los subsidios estatales.



13.1.1.2 Metodología de análisis

La metodología definida para el análisis de los instrumentos económicos para el crecimiento verde se describe en la Figura 13-1.

Figura 13-1
Metodología del análisis

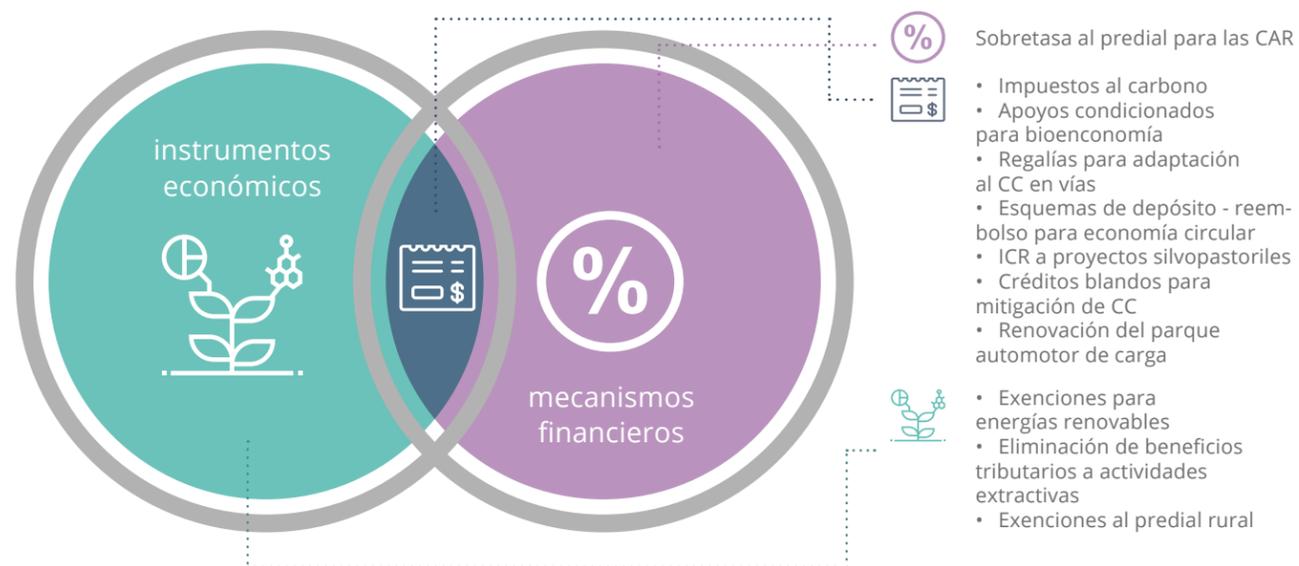


Fuente: Econometría Consultores, 2017

Al respecto, cabe resaltar que, como producto de la fase 1, se priorizaron los instrumentos a analizar, con base en una serie de criterios y de acuerdo con

las líneas estratégicas de la Misión. La Figura 13-2 muestra el resultado de la priorización y clasifica los instrumentos entre económicos y financieros.

Figura 13-2
Clasificación de los instrumentos seleccionados



Fuente: Econometría Consultores, 2017

13.1.1.3 Principales resultados del análisis cuantitativo⁶⁴

Sistema de depósito-reembolso

El sistema de depósito-reembolso para el impulso a una economía circular es un gravamen que se aplicaría a los bienes que generan residuos sólidos no biodegradables, el cual incrementa el precio del bien, para incluir los costos de reciclaje del residuo. Los fondos recaudados se transfieren a quien garantice el aprovechamiento y reincorporación del residuo en el ciclo económico. El gravamen sería un instrumento nuevo, que se incrementaría gradualmente hasta cumplir las metas de aprovechamiento

y así determinar los valores económicamente factibles de su tarifa.

El mecanismo de fijación de la tarifa del gravamen consiste en definir una meta de recuperación del material, establecer una tarifa inicial baja e incrementarla anualmente hasta cumplir la meta, momento en el cual se estabiliza la tarifa. Para esto se simuló el comportamiento de cuatro tipos de residuos: teléfonos móviles, envases de agroquímicos, llantas y envases de bebidas. Los resultados se observan en la Tabla 13-1.

Tabla 13-1
Principales resultados del análisis cuantitativo para el sistema de depósito-reembolso como instrumento para impulsar la economía circular

Concepto	Teléfonos móviles	Envases de agroquímicos	Llantas	Envases de bebidas
Precio del bien (millones de \$/tonelada)				
Al comienzo de la simulación (2018)	885,20	23,92	14,88	2,04
Al final de la simulación (2030) Escenario con Instrumento	964,90	24,02	15,85	2,10
Incremento promedio anual	0,72 %	0,03 %	0,53 %	0,25 %
Demanda interna del bien (miles de toneladas)				
Al comienzo de la simulación (2018)	5,45	49,45	157,10	4.349
Al final de la simulación (2030) Escenario BAU	9,33	62,57	205,00	5.905
Al final de la simulación (2030) Escenario con Instrumento	8,27	62,57	199,50	5.801
Efecto neto (Escenario con instrumento - Escenario BAU)	-1,06	0	-5,50	-104
Efecto neto /Precio BAU	-11 %	0 %	-3 %	-2 %

64. Esta sección presenta solamente el análisis de 4 instrumentos propuestos por la consultoría. No obstante, en el informe disponible en la página web de la Misión de Crecimiento Verde se puede encontrar información adicional sobre otros instrumentos analizados.

Concepto	Teléfonos móviles	Envases de agroquímicos	Llantas	Envases de bebidas
Residuo generado (miles de toneladas)				
Al comienzo de la simulación (2018)	5,07	3,11	150,30	239,30
Al final de la simulación (2030) Escenario BAU	8,55	3,76	196,10	324,80
Al final de la simulación (2030) Escenario con Instrumento	7,58	3,76	190,80	319,10
Efecto neto (Escenario con instrumento – Escenario BAU)	-0,98	0,00	-5,30	-5,70
Meta simulada de la tasa de aprovechamiento (% del residuo generado)	75 %	75 %	70 %	75 %
Gravamen (% del precio)				
Tasa a la cual inicia el gravamen	1,0 %	0,2 %	2,5 %	1,0 %
Tasa a la cual comienza el incentivo económico al reciclaje	7,0 %	0,2 %	2,5 %	1,0 %
Tasa a la cual se logra la meta	9,0 %	0,4 %	6,5 %	2,0 %
Año en que se logra la meta	2026	2020	2026	2020
Costo unitario de reciclaje (millones de \$/tonelada)				
Al iniciar el incentivo económico a reciclar	65,20	0,66	0,52	0,66
Al final de la simulación (2030) Escenario con Instrumento	86,00	1,30	0,93	1,30
Residuo reciclado (miles de toneladas)				
Al iniciar el incentivo económico a reciclar	1,53	1,26	38,90	97,30
Al final de la simulación (2030) Escenario con Instrumento	7,57	3,01	133,60	255,27

Fuente: Econometría Consultores, 2017

A partir de lo anterior, el estudio concluye que en general, el esquema propuesto para el establecimiento de la tarifa de este instrumento resulta viable y permite aproximarse a un cobro que identifica los costos marginales de reciclaje, independientemente del tipo de producto. En cuanto a los efectos socioeconómicos se observa que una vez el reembolso ofrecido supera los costos de reciclaje, se genera una

nueva actividad económica y el valor agregado del instrumento comienza a distribuirse entre remuneración a trabajadores y excedentes de las empresas.

Para que este instrumento cobre vida, el estudio recomienda la creación por ley de un tipo especial de contribución parafiscal denominada “contribución de depósito y reembolso para incentivar el reciclaje y la economía circular”.

Incentivo a la Capitalización Rural (ICR) para proyectos silvopastoriles

El ICR para sistemas silvopastoriles resulta en la entrega de un subsidio para cubrir hasta el 40 % de las inversiones en la implementación de proyectos silvopastoriles, condicionado a la verificación de la realización de las inversiones, las cuales se desarrollan a través de un crédito de redescuento del Fondo para el Financiamiento del Sector Agropecuario (Finagro). El instrumento del ICR existente tiene una larga

tradición en el país, sin embargo, la propuesta es incrementar su cobertura en lo referente a sistemas silvopastoriles.

Para este análisis se tomó como línea base el cambio de un sistema de ganadería de doble propósito convencional de alta efectividad (GDP) a ganadería en un sistema silvopastoril (GSSP). Se consideraron los siguientes escenarios de simulación desde la óptica del productor individual:



Escenario base de conversión a GSSP por hectárea: consiste en la transformación de una actividad ganadera GDP a GSSP. Incorpora los costos de las inversiones requeridas para la conversión a un sistema silvopastoril, los incrementos en ingresos por leche y terneros derivados de la mayor productividad y los nuevos ingresos periódicos por ventas de madera.



Escenario de conversión con ICR por hectárea: incorpora una reducción del 40 % del costo de la inversión inicial.

Cuando se convierte la producción ganadera de doble propósito a un sistema silvopastoril (escenario base), se encuentra una tasa de retorno del 11,61 %. Cuando se cuenta con el subsidio del 40 % de la inversión que corresponde al ICR, la tasa de retorno se incrementa a 18,8 %.

Adicionalmente, el estudio calculó la tasa de retorno a diferentes dinámicas de penetración del programa de transformación al sistema

silvopastoril. El primer escenario consideraba una tasa de crecimiento de 3,5 % anual, el cual pasaría de 8 mil hectáreas por año en el 2018 a 23 mil hectáreas por año en 2050. El segundo escenario considera una transformación del 40 % de las hectáreas actualmente en conflicto, que pasaría de 8 mil hectáreas por año en 2018 hasta 2,7 millones de hectáreas en 2050.

El primer escenario de crecimiento inercial obtiene una tasa de retorno social del 69 %. El costo fiscal anual del incentivo pasaría de 20,6 mil millones de pesos en 2018 a 62,2 mil millones de pesos en 2050. El segundo escenario de crecimiento acelerado obtiene una tasa de retorno social de 115 %. El costo fiscal anual del incentivo inicia en 500 mil millones de pesos y luego se reduciría gradualmente a medida que se alcanza la meta de 2,7 millones de hectáreas.

Incentivos financieros a medidas de mitigación de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI)

Los incentivos financieros a medidas de mitigación de emisiones de GEI constan de líneas de crédito de redescuento con tasa preferencial condicionada a la inversión en reconversión tecnológica u otras medidas de reducción de GEI. Actualmente existen líneas de crédito de redescuento, para diferentes usos, entre ellos temas relacionados con eficiencia energética. Sin embargo, se propone establecer un mecanismo para determinar el nivel de subsidio de acuerdo con estimativos del costo de oportu-

Para este instrumento, el estudio no encuentra vacíos normativos, pero identifica una insuficiencia de recursos para un aumento sustancial de proyectos relacionados con sistemas silvo-pastoriles, por lo cual recomienda su apalancamiento a través de la Política de Crecimiento Verde, de manera que articule los planes de desarrollo con enfoque territorial y la política de desarrollo rural sostenible con miras a asegurar los recursos presupuestales necesarios.

nidad de la actividad productiva y no solo en base a los co-beneficios de la medida.

El objetivo de la simulación es encontrar el nivel de subsidio a la tasa de interés, necesario para que la inversión sea atractiva respecto a la inversión en una tecnología contaminante alternativa. Para ello se realizó un análisis en el sector de transporte público masivo, en el cual se compararon tres tipos de tecnología: diésel, híbrido y eléctrico, el cual se presenta en la Tabla 13-2. Para esto, se definieron cuatro escenarios de simulación:



Escenario 1: tiene en cuenta financiación con la misma tasa de interés en las tres tecnologías.



Escenario 3: tiene en cuenta tasas de interés iguales, pero incorpora para los buses híbridos y eléctricos tarifas del impuesto de renta diferenciales.



Escenario 2: tiene en cuenta una financiación con tasas de interés diferenciales para buses híbridos y eléctricos.



Escenario 4: tiene en cuenta tasas de interés iguales, pero incorpora para los buses diésel un incremento en las tarifas del impuesto de rodamiento.

Tabla 13-2
Escenarios de comparación de inversión en buses diésel, híbridos y eléctricos

Escenario	Parámetro	Diésel	Híbrido	Eléctrico
Escenario 1	Tasa de interés	16,6 %		
	Tasa interna de retorno	15,2 %	10,3 %	8,6 %
	Tasa imponenta	33,0 %		
	Tasa de rodamiento	0,5 %		
Escenario 2	Tasa de interés	16,6 %	10,5 %	7,0 %
	Tasa interna de retorno	15,2 %		
	Tasa imponenta	33,0 %		
	Tasa de rodamiento	0,5 %		
Escenario 3	Tasa de interés	16,6 %		
	Tasa interna de retorno	15,2 %		
	Tasa imponenta	33,0 %	16,0 %	2,0 %
	Tasa de rodamiento	0,5 %		
Escenario 4A	Tasa de interés	16,6 %		
	Tasa interna de retorno	10,3 %		
	Tasa imponenta	33,0 %		
	Tasa de rodamiento	5,9 %	0,5 %	
Escenario 4B	Tasa de interés	16,6 %		16,6 %
	Tasa interna de retorno	8,6 %		8,6 %
	Tasa imponenta	33,0 %		33,0 %
	Tasa de rodamiento	7,9 %		0,5 %

Fuente: Econometría Consultores, 2017

En condiciones de igualdad de financiamiento e impuestos, los buses híbridos tienen una rentabilidad mucho más baja (10,3 %) que los que operan con diésel (15,2 %) y para los eléctricos dicha rentabilidad es aún menor (8,6 %). Para que los buses híbridos logran igualar la rentabilidad del diésel, se requeriría que la tasa de interés de financiación fuera seis puntos porcentuales menor, que pase de 16,6 % a 10,5 % y para que los buses eléctricos logran ese nivel de rentabilidad la tasa debería ser de 7 %. Este mismo resultado se puede lograr con una reducción en el impuesto a la renta a 16 %

para los híbridos y a 2 % para los buses eléctricos. Una última alternativa es subir el impuesto de rodamiento a los buses diésel a 5,9 % para igualar a la Tasa Interna de Retorno (TIR) de los buses híbridos y a 7,9 % para igualar a la TIR de los buses eléctricos. En el primer caso la TIR se reduciría a 10,3 % y en el segundo caso la TIR bajaría a 8,6 % por lo cual la inversión en el sector no sería llamativa.

Para viabilizar este instrumento, el estudio recomienda que el programa de subsidios sea definido por ley y se establezca el origen de los recursos que permitan financiar el mismo.

Apoyo a iniciativas de bioeconomía

El apoyo a iniciativas de bioeconomía constaría de un apoyo estatal a la producción y comercialización de productos derivados de la biodiversidad, condicionado a la protección, recuperación, mantenimiento o mejoramiento de ecosistemas.

La metodología de análisis consiste en comparar un escenario base (escenario BAU), en el que los empresarios asumen los costos tanto de investigación aplicada como de promoción y certificación, frente a un escenario con instrumento, en el que no los asume, pero debe incurrir en los costos de protección, recuperación, mantenimiento y mejoramiento de los ecosistemas, así como del cumplimiento de

compromisos de generación de valor para las comunidades del entorno.

Esta metodología se aplicó a dos casos diferentes como son: el desarrollo de proyectos ecoturísticos de mediana escala y la producción de aceite de cacay, como se presenta en la Tabla 13-3. El ejercicio incluye realizar el análisis de costos a nivel unitario, establecer una proyección del crecimiento de la oferta, proyectar los costos y los beneficios, que servirán de base para los cálculos de rentabilidad tanto en el escenario con instrumento como en el escenario sin instrumento, y calcular que una proporción de la inversión queda cubierta con pagos por servicios ambientales (PSA).

Tabla 13-3
Principales resultados del instrumento de bioeconomía

ECOTURISMO			ACEITE DE CACAY		
CONCEPTO	VALOR	UNIDAD	CONCEPTO	VALOR	UNIDAD
Costo de inversión por proyecto	1.161,4	Millones de \$/ proyecto	Inversión por hectárea	185,71	Millones de \$/ hectárea
% de inversión financiada con PSA	25 %		% de inversión financiada con PSA	25 %	
Costo anual de operación por proyecto	102	Millones de \$/ proyecto	Costos de operación y mantenimiento por litro	0,039	Millones de \$/ litro
Costo anual de mantenimiento por proyecto (% sobre el valor de la inversión)	0,1		Costos de promoción	60	Millones de \$
Costo anual de mantenimiento por proyecto incluida protección (% sobre el valor de la inversión)	0,175		Costo de cuidado por 5 años	16	Millones de \$/ hectárea
Costo anual de promoción por proyecto	285	Millones de \$/ proyecto	Certificación de producción sostenible (una vez)	15	Millones de \$
Costos de investigación	70	Millones de \$/ proyecto	Costos de investigación	1.200	Millones de \$
TIR (BAU)	-12 %		TIR (BAU)	15 %	
TIR (con instrumento)	27 %		TIR (con instrumento)	19 %	

Fuente: Econometría Consultores, 2017

Se observa que, en el caso de los proyectos de ecoturismo, la barrera que reduce de manera importante la rentabilidad del negocio es el costo de la publicidad y la promoción. Para que el resultado sin instrumento sea indiferente al resultado con instrumento, se requiere que los costos de publicidad y promoción no superen los 116 millones de pesos al año.

En el caso del producto biotecnológico, la principal barrera que enfrenta este tipo de proyectos son los costos de investigación y desarrollo. En la simulación realizada se encuentra que la TIR en el escenario BAU (15 %) es menor a la TIR con el apoyo estatal (19 %). Dado que se trata de un produc-

to que implica el cuidado de los árboles de Cacay, el impacto del compromiso de conservación no es tan alto y aún suponer que los costos del cuidado se subieran al doble, la rentabilidad del escenario con instrumento solo bajaría en un punto (18 %).

El estudio concluye que, aunque se trate de proyectos muy diferentes, el enfoque del instrumento mejora la rentabilidad en los dos casos, aún con la incertidumbre que pueda existir sobre los costos de publicidad y promoción, investigación y desarrollo. Para implementar este instrumento, el estudio recomienda definir los subsidios por ley y establecer claramente el origen de los recursos necesarios para financiarlo.

Proyectos con criterios de adaptación financiados por regalías

Los proyectos con criterios de adaptación financiados por regalías se traducen en una cofinanciación que se entrega con recursos del Sistema General de Regalías (SGR) para proyectos destinados a gestión de riesgo y adaptación al cambio climático, así como el desarrollo de un criterio de calificación técnica para proyectos de infraestructura que incorporan la adaptación al cambio climático. Este instrumento ya existe, por lo cual la propuesta es la incorporación de criterios de riesgo en la selección de los proyectos.

Para analizar la viabilidad del cofinanciamiento a través de los fondos del SGR, se compara un escenario base (escenario BAU) que incorpora los costos de una obra sin adaptación al cambio climático, frente a un escenario en el que se incluye un sobrecosto por esta adaptación.

En el escenario base, la construcción inicial de la vía resulta más económica, pero anualmente

un porcentaje de su longitud será afectado por un evento climático que obligue a su reconstrucción. Adicionalmente, se tienen en cuenta los costos de inmovilización en que incurre la población y el transporte de carga y pasajeros, debido al tiempo requerido para reparar el daño del tramo afectado.

En el escenario con instrumento, la construcción inicial de la vía y su mantenimiento será más costoso, pero no requerirán reconstrucción ni el cierre en el caso de ocurrencia de un evento climático severo.

Se calcularon los costos de los dos escenarios para cada región y para diferentes niveles de probabilidad de la amenaza climática, suponiendo que la probabilidad del evento es proporcional a la longitud afectada en la vía. El indicador de evaluación es el valor presente del costo de la vía. Los resultados de las simulaciones se presentan en la Tabla 13-4.

Tabla 13-4
Valor presente del ahorro neto en costos, según probabilidad del evento climático

Parámetro	Región				
	Centro Sur	Pacífico	Región Oriente	Eje Cafetero	Llano
% de recursos SGR para vías, que le corresponde a la región	7,41 %	10,63 %	14,80 %	17,51 %	48,51 %
% para construcción de vías	20 %	20 %	20 %	20 %	20 %

Parámetro	Región					
	Centro Sur	Pacífico	Región Oriente	Eje Cafetero	Llano	
Recursos para construcción de vías secundarias (millones de \$ de 2012)	12.259	17.570	24.468	28.953	80.218	
Valor presente del ahorro neto en vías adaptadas (millones de \$ de 2012)	0,010	-\$ 1.271	-\$ 1.821	-\$ 2.536	-\$ 3.001	-\$ 8.315
	0,025	-\$ 816	-\$ 1.169	-\$ 1.628	-\$ 1.926	-\$ 5.337
	0,050	-\$ 57	-\$ 82	-\$ 114	-\$ 135	-\$ 374
	0,075	\$ 701	\$ 1.005	\$ 1.400	\$ 1.656	\$ 4.589
	0,100	\$ 1.460	\$ 2.092	\$ 2.914	\$ 3.448	\$ 9.553
Probabilidad de evento climático	0,125	\$ 2.218	\$ 3.179	\$ 4.428	\$ 5.239	\$ 14.516
	0,150	\$ 2.977	\$ 4.266	\$ 5.941	\$ 7.031	\$ 19.479
	0,175	\$ 3.735	\$ 5.354	\$ 7.455	\$ 8.822	\$ 24.442
	0,200	\$ 4.494	\$ 6.441	\$ 8.969	\$ 10.613	\$ 29.406
	0,225	\$ 5.252	\$ 7.528	\$ 10.483	\$ 12.405	\$ 34.369

Fuente: Econometría Consultores, 2012

Se observa que para vías en donde la probabilidad de eventos climáticos severos sea inferior a 5 % no se justifica incurrir en los costos adicionales de la adaptación al cambio climático y se puede llevar a cabo la construcción con las normas y técnicas convencionales. Para probabilidades de eventos climáticos iguales o mayores al 5 %, utilizar normas de construcción para vías adaptadas al cambio climático tiene un ahorro que crece con el nivel de dicha probabilidad.

La recomendación del estudio es la incorporación de normas constructivas que adapten las vías ante eventos climáticos severos, a excepción de aquellos casos en los cuales se

pueda demostrar con estudios técnicos que la probabilidad de ocurrencia de eventos climáticos, que puedan afectar significativamente la funcionalidad de la vía, es inferior a 5 %.

Dado que este instrumento ya se encuentra en implementación, el estudio recomienda definir proyectos con bajos niveles de riesgo climático que puedan ser costeados sin las obras de adaptación y ampliar la aplicación de la *Guía para incluir la variable de cambio climático en proyectos, obras actividades nuevos sujetos a licencia ambiental*, de tal forma que no se limite a proyectos nuevos y a aquellos que tramitan la licencia ante la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales.

13.1.2 Armonización de los instrumentos y políticas para el crecimiento verde

En la Tabla 13-5 se resumen los efectos positivos en el desempeño ambiental de los sectores productivos, esperados de la aplicación de los instrumentos económicos priorizados, los

cuales son clasificados en efectos directos o indirectos del instrumento. Adicionalmente, se identifican otros impactos socioeconómicos de cada instrumento.

Tabla 13-5
Efectos esperados de los instrumentos priorizados

Instrumento	Sistema de depósito - reembolso para el impulso a una economía circular	Incentivo a la capitalización rural (ICR) para sistemas silvopastoriles	Incentivos financieros a medidas de mitigación de emisiones de GEI	Apoyo a iniciativas de bioeconomía	Proyectos financiados por regalías, con criterios de adaptación
Reducción de emisiones de GEI	Indirecto		Indirecto		Indirecto
Remoción de GEI		Directo		Indirecto	
Reducción de impactos ambientales locales	Directo				
Adaptación al cambio climático					Directo
Eficiencia en el uso de recursos económicos o naturales	Directo	Indirecto	Directo	Directo	Directo
Incremento en inversión ambientalmente amigable			Directo		Directo
Aumentos de productividad		Directo			
Aumentos en actividad económica	Directo			Directo	
Generación de empleo	Directo			Directo	

Instrumento	Sistema de depósito - reembolso para el impulso a una economía circular	Incentivo a la capitalización rural (ICR) para sistemas silvopastoriles	Incentivos financieros a medidas de mitigación de emisiones de GEI	Apoyo a iniciativas de bioeconomía	Proyectos financiados por regalías, con criterios de adaptación
Efecto				Indirecto	
Generación de procesos de innovación					

Convenciones	
Se esperan efectos directos en ese aspecto y se calcularon	Directo
Se esperan efectos directos en ese aspecto y no se calcularon	Directo
Se esperan efectos indirectos en ese aspecto y no se calcularon	Indirecto
No se esperan efectos directos, ni indirectos en ese aspecto	

Fuente: Econometría Consultores, 2017

Adicionalmente, la Tabla 13-6 presenta el análisis cualitativo de la coherencia de estos instrumentos con los principales objetivos de crecimiento verde: crecimiento sostenible y bajo en carbono, productividad y eficiencia en el uso de los recursos naturales, calidad ambiental y uso

sostenible del capital natural, gobernanza ambiental y adaptación al cambio climático. Para cada instrumento se determinó si hay armonización positiva, neutra o positiva condicionada, es decir, si su armonización depende del cumplimiento de una condición adicional.

Tabla 13-6
Armonización de los instrumentos priorizados con los objetivos de crecimiento verde

Instrumento Objetivo de crecimiento verde	Sistema de depósito - reembolso para el impulso a una economía circular	Incentivo a la capitalización rural (ICR) para sistemas silvopastoriles	Incentivos financieros a medidas de mitigación de emisiones de GEI	Apoyo a iniciativas de bioeconomía	Proyectos financiados por regalías, con criterios de adaptación
Crecimiento sostenible y bajo en carbono	-	+	+	+	+
Productividad y eficiencia en el uso de los recursos naturales	+	+	+	+	+

- Neutra + Positiva ⊕ Positiva Condicionada

Instrumento Objetivo de crecimiento verde	Sistema de depósito - reembolso para el impulso a una economía circular	Incentivo a la capitalización rural (ICR) para sistemas silvopastoriles	Incentivos financieros a medidas de mitigación de emisiones de GEI	Apoyo a iniciativas de bioeconomía	Proyectos financiados por regalías, con criterios de adaptación
Calidad ambiental y uso sostenible del capital natural	+	+	-	+	⊕
Gobernanza ambiental	+	+	+	+	-
Adaptación al cambio climático	-	-	-	-	+

- Neutra + Positiva ⊕ Positiva Condicionada

Fuente: Econometría Consultores, 2017

Por su parte, el estudio de la segunda fase de instrumentos económicos amplió el alcance de este análisis, al establecer la relación entre los instrumentos de crecimiento verde y algunas

de las políticas económicas. A continuación, se resumen las principales recomendaciones para lograr una alineación de estas con los objetivos de crecimiento verde.

13.2 Recomendaciones de política

13.2.1 Instrumentos económicos

A partir del análisis de los instrumentos propuestos, se pueden plantear las siguientes conclusiones y recomendaciones.

Varios de los instrumentos analizados se focalizan en otorgar beneficios económicos a quienes modifiquen sus decisiones de manera favorable a los objetivos de crecimiento verde, tales como los incentivos a la capitalización para sistemas silvopastoriles, el apoyo a iniciativas de bioeconomía, las inversiones de regalías en proyectos adaptados al cambio cli-

mático y los incentivos financieros a medidas de mitigación de emisiones. En general, estos instrumentos se relacionan con la debilidad de recursos disponibles para su implementación, por lo cual, se recomienda buscar fuentes alternativas de recursos y mecanismos de atracción de recursos de cooperación internacional. Respecto al impuesto nacional al carbono, se realizó un análisis del impacto de su aplicación a todos los combustibles fósiles en los precios de generación eléctrica. Lo anterior, al tener en

cuenta que el subsidio requerido para consumo de energía en familias de menores recursos podría superar el recaudo de este impuesto, que generaría un efecto negativo en las finanzas públicas. Sin embargo, se concluyó que el efecto sobre los precios y sobre los subsidios sería prácticamente nulo, por lo cual se consi-

dera pertinente establecer este impuesto a todos los combustibles fósiles.

Para todos los instrumentos económicos analizados, hay que prestar especial atención al establecimiento de mecanismos de monitoreo, verificación y control tanto de la asignación de recursos, como de las acciones que se buscan incentivar.

13.2.2 Armonización con la política de desarrollo productivo

La Política Nacional de Desarrollo Productivo (PDP) adoptada con el Documento CONPES 3866 de 2016 busca desarrollar instrumentos que apunten a resolver fallas de mercado, de gobierno o de articulación a nivel de la unidad productora, de los factores de producción o del entorno competitivo, para aumentar la productividad y la diversificación del aparato productivo colombiano hacia bienes y servicios más sofisticados.

La PDP contiene instrumentos con elementos comunes a los planteados para incentivar

el crecimiento verde, con intervenciones de mercado transversales y/o sectoriales. Así las cosas, se identifican 8 instrumentos en común para el desarrollo de la cadena forestal, 8 instrumentos asociados al sector agropecuario, 10 instrumentos asociados al sector de industria y comercio, 15 instrumentos asociados a minas y energía, 5 para el sector de vivienda y construcción y 3 instrumentos multisectoriales.

A partir de lo anterior, se generan las siguientes recomendaciones, con el fin de lograr que la PDP impulse un modelo de crecimiento verde:



Realizar una nueva priorización de proyectos productivos que incorpore los clústeres relacionados al crecimiento verde como la madera, las fuentes no convencionales de energía renovable, el sector de transporte, la agroindustria, los subsectores industriales, el sector de la construcción y vivienda, la economía circular y la bioeconomía.



Incorporar el componente ambiental a cada proyecto productivo, para lo cual es necesario eliminar las fallas de coordinación interinstitucional entre el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MinAmbiente) y las carteras sectoriales.



Alinear los comités implementadores de cada una de estas políticas. Se resalta especialmente la necesidad de involucrar MinAmbiente en la PDP.

13.2.3 Armonización con la política fiscal

Una política fiscal armonizada con el crecimiento verde debería enviar la señal de que no existen ventajas tributarias para actividades con un alto impacto sobre el ambiente y la so-

riedad. Sin embargo, el estudio logró identificar algunos elementos en la política fiscal actual en donde se hallan algunas incompatibilidades, entre las cuales se identifican:



No inclusión del carbón y gas doméstico en el impuesto al carbono.



El fondo de estabilización de precios de los combustibles subsidia el precio del combustible fósil en las épocas en que este sube, que genera un mensaje contradictorio respecto al potencial uso de otras fuentes de energía.



Inexistencia de beneficios arancelarios para fertilizantes no orgánicos.



En materia de impuestos territoriales, se requieren ajustes al impuesto de rodaje para tecnologías a diésel y gasolina y a la sobretasa al predial de acuerdo con el mejoramiento ambiental de los predios.

Por lo tanto, en materia fiscal, el estudio recomendó revisar el impuesto al carbono para incluir el carbón y el gas, y garantizar que los recursos se destinen a proyectos de crecimiento verde. También se recomienda revisar los procedimientos para gestionar los incentivos tributarios que faciliten su acceso.



En materia de financiamiento, se hicieron las siguientes recomendaciones:



Incluir en el marco fiscal de mediano plazo los recursos necesarios para garantizar la estabilidad de los programas liderados por la banca de desarrollo como el Banco de Desarrollo Empresarial (Bancóldex), el Fondo para el Financiamiento del Sector Agropecuario (Finagro), la Financiera del Desarrollo (Findeter) y la Financiera de Desarrollo Nacional (FDN).



Incorporar el crecimiento verde como criterio de evaluación desempeño en los programas de la banca de desarrollo.

13.2.4 Armonización con la política de comercio exterior

Se proponen las siguientes recomendaciones, con base en la relación entre el crecimiento verde y la política de comercio exterior en tres frentes: aranceles, tratados de libre comercio y la política

de reglamentos técnicos relacionados con el medio ambiente, las cuales deben ser lideradas por el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, con el apoyo de Procolombia y el ICONTEC.



Realizar asesoría a los empresarios sobre el acceso al mercado a bienes ambientales dentro de los tratados de libre comercio (TLC).



Aprovechar la asistencia técnica ofrecida en materia de medio ambiente dentro del TLC con la Unión Europea.



Revisar el reglamento interno sobre normas técnicas para cumplir con los estándares internacionales.



Desarrollar asistencia técnica a los empresarios para el acceso a certificaciones verdes.



CONCLUSIONES Y MENSAJES FINALES

La Misión de Crecimiento Verde generó una agenda de diálogo entre actores públicos, privados y la academia para identificar los retos y oportunidades existentes en el país

para avanzar en una senda de sostenibilidad en relación con el uso eficiente del agua, del suelo, de la energía y de las materias primas, y para impulsar nuevas fuentes de crecimiento económico basadas en el aprovechamiento sostenible del capital natural que permitan contribuir a la diversificación de la economía nacional y a la generación de oportunidades de desarrollo local.

Este proceso se caracterizó por realizar un análisis transversal e integral de diversos componentes asociados con la sostenibilidad que generó lecciones aprendidas en la formulación de políticas públicas, lo que permite su replicabilidad en otros países y regiones en vía de desarrollo para facilitar la transición al crecimiento verde.

Si bien, todos los temas priorizados por la Misión son relevantes, se considera que determinados procesos de transformación tienen grandes oportunidades para avanzar en la transición hacia el crecimiento verde, como el desarrollo de la bioeconomía, el posicionamiento de la economía circular y el aumento

de las fuentes no convencionales de energías renovables y la movilidad eléctrica.

Al respecto, se destaca que la Misión identificó en la bioeconomía una oportunidad de negocio basada en el uso sostenible de nuestra gran riqueza natural con potencial de impactar el desarrollo territorial. Así mismo, priorizó la optimización del uso de recursos y energía en la producción y el consumo en el marco de la economía circular, con el fin de mejorar la productividad e impactar de manera positiva en la competitividad del país frente a escenarios internacionales, mediante una estrategia nacional que integra tanto a los actores gubernamentales, como al sector privado y la academia. Para avanzar tanto en la bioeconomía como en la economía circular, se requiere fortalecer las capacidades en ciencia, tecnología e innovación y contar con arreglos institucionales que aseguren la gobernanza a nivel regional enmarcado en el Sistema Nacional de Competitividad e Innovación.

Otro aspecto relevante es la diversificación de la matriz eléctrica nacional mediante fuentes no convencionales de energía renovable y el aumento de la demanda de vehículos eléctricos, lo que permitirá reducir la vulnerabilidad del sistema energético ante la variabilidad climática y contribuir con las metas del sector para la disminución de las emisiones de Gases Efecto Invernadero.

Esta transición hacia este modelo de sostenibilidad requiere de la gestión de información

Los resultados y recomendaciones de los estudios técnicos realizados en el marco de la Misión soportaron la formulación de la Política de Crecimiento Verde

para evaluar el desempeño del crecimiento verde a nivel nacional y subnacional, por lo que es prioritario avanzar en el fortalecimiento del Sistema Estadístico Nacional y en especial del Sistema de Contabilidad Ambiental y Económica del DANE. Esta medición permitirá encontrar las brechas entre diferentes dimensiones del crecimiento verde, con el propósito de identificar las oportunidades de desarrollo que permite este modelo.

Los resultados y recomendaciones de los estudios técnicos realizados en el marco de la Misión soportaron la formulación de la Política de Crecimiento Verde que fue aprobada por el Consejo Nacional de Política Económica y Social con el Documento CONPES 3934 el 10 de julio de 2018. El objetivo de esta política es impulsar a 2030 el aumento de la productividad y la competitividad económica del país, al tiempo que se asegura el uso sostenible de la riqueza natural y la inclusión social, de manera compatible con el clima.

Para lograr este propósito, la política establece cinco objetivos específicos relacionados con generar condiciones que promuevan nuevas oportunidades económicas basadas en la riqueza del capital natural; fortalecer los mecanismos y los instrumentos para optimizar el uso de recursos naturales y energía en la producción y en el consumo; desarrollar lineamientos para construir capital humano para la sostenibilidad; fortalecer capacidades en ciencia, tecnología e innovación para el crecimiento verde; y mejorar la coordinación interinstitucional, la gestión de la información y el financiamiento para la implementación de la política.

28 entidades de 12 sectores del Gobierno nacional serán responsables de implementar 155 acciones agrupadas en 39 líneas estratégicas, con un presupuesto indicativo de 2,3 billones de pesos al 2030, bajo diferentes fuentes de financiación.

Adicionalmente, con el propósito de fortalecer la participación del sector privado para la implementación de la política, el DNP y el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible en coordinación con la Consejería Presidencial para la Competitividad y la Gestión Pública - Privada lograron la incorporación de las acciones de la política dentro de la Agenda del Sistema Nacional de Competitividad e Innovación, así como la creación del Comité Técnico Mixto de Sostenibilidad dentro del Sistema Nacional de Competitividad e Innovación, lo que permitirá tener un diálogo constante con actores del sector privado y con las regiones en relación con la sostenibilidad.

De otra parte, los lineamientos propuestos en la Misión permitieron orientar estratégicamente la formulación del Pacto por la Sostenibilidad “Producir conservando, conservar produciendo” del Plan Nacional de Desarrollo 2018 - 2022 “Pacto por Colombia, pacto por la equidad”, en donde se destaca la inclusión de metas prioritarias para el crecimiento verde como llegar a 6.600 vehículos eléctricos, aumentar al 12% la tasa de reciclaje y nueva utilización de residuos, disminuir la intensidad energética a 3,43 Tera julios por millones de pesos de 2005, y alcanzar la generación de 210 bioproductos. El cumplimiento de estas metas permitirá al país acelerar la transición hacia el crecimiento verde y posicionarlo como un país líder en sostenibilidad en Latinoamérica y el Caribe.

Finalmente, es fundamental reconocer y destacar a todas las entidades que participaron en esta Misión como la Agencia Francesa de Desarrollo (AFD), Banco Interamericano de Desarrollo (BID), Banco Mundial, *Korean Green Growth Partnership*, Instituto Global de Crecimiento Verde (GGGI), Banco Alemán de Desarrollo (KfW), Cooperación Alemana, Embajada Británica, Embajada de Noruega, Unión Europea, Red de Conocimiento sobre Clima y Desarrollo (CDKN) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), Fondo Acción, Ministerio de Hacienda y Crédito Público y Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible quienes aportaron en la transferencia de conocimientos y lecciones aprendidas sobre sostenibilidad a nivel mundial, recursos económicos y trabajo conjunto con el Gobierno Colombiano durante la Misión de Crecimiento Verde.



Bibliografía

ADR. (2017). Especificaciones técnicas generales para proyectos y distritos de adecuación de tierras. Bogotá D.C.: Agencia de Desarrollo Rural.

Alarcón. (2016). Crecimiento verde, ciencia, tecnología e innovación. Bogotá.

BioinTropic, EAFIT y SILO. (2018a). Estudio sobre Bioeconomía como fuente de nuevas industrias basadas en el capital natural de Colombia (Vol. Fase I. Priorización de los sectores estratégicos de bioeconomía para Colombia). Medellín, Colombia: Corporación BioinTropic, Universidad EAFIT y Science & Innovation Link Office (SILO).

BioinTropic, EAFIT y SILO. (2018b). Estudio sobre Bioeconomía como fuente de nuevas industrias basadas en el capital natural de Colombia (Vol. Fase II. Análisis de la situación y recomendaciones de política). Medellín, Colombia: Corporación BioinTropic, Universidad EAFIT y Science & Innovation Link Office (SILO).

CEPAL. (2015). Instrumentos económicos para la gestión ambiental. Guía metodológica. Santiago de Chile: Comisión Económica para América Latina y el Caribe - CEPAL.

CIAT, CCAFS y CRECE. (2018a). Productividad de la tierra y rendimiento del sector agropecuario medido a través de los indicadores de crecimiento verde en el marco de la Misión de Crecimiento Verde en Colombia (Vol. 1. Análisis general de sistemas productivos claves y sus indicadores a nivel nacional en el contexto de crecimiento verde). Bogotá D.C.: Centro Internacional de Agricultura Tropical - CIAT, Programa de Investigación del CGIAR en Cambio Climático, Agricultura y Seguridad Alimentaria (CCAFS) y Centro de Estudios Regionales Cafeteros y Empresariales - CRECE.

CIAT, CCAFS y CRECE. (2018b). Productividad de la tierra y rendimiento del sector agropecuario medido a través de los indicadores de crecimiento verde en el marco de la Misión de Crecimiento Verde en Colombia (Vols. 3. Descripción de tecnologías priorizadas, marco institucional e impacto en los indicadores de crecimiento verde a escala nacional y regional para los sistemas de café, cacao y ganadería de leche y doble propósito). Bogotá D.C.: Centro Internacional

de Agricultura Tropical - CIAT, Programa de Investigación del CGIAR en Cambio Climático, Agricultura y Seguridad Alimentaria (CCAFS) y Centro de Estudios Regionales Cafeteros y Empresariales - CRECE.

CIAT, CCAFS y CRECE. (2018c). Productividad de la tierra y rendimiento del sector agropecuario medido a través de los indicadores de crecimiento verde en el marco de la Misión de Crecimiento Verde en Colombia (Vol. 4. Recomendaciones técnicas y de política para la misión de crecimiento verde en Colombia). Bogotá D.C.: Centro Internacional de Agricultura Tropical - CIAT, Programa de Investigación del CGIAR en Cambio Climático, Agricultura y Seguridad Alimentaria (CCAFS) y Centro de Estudios Regionales Cafeteros y Empresariales - CRECE.

Coalición FOLU Colombia. (2018). Nueva economía para la alimentación y uso del suelo. Bogotá D.C.: Coalición para la Alimentación y Uso del Suelo.

Colciencias. (2017). Colciencias. Obtenido de Obtenido de Matriz de proyectos aprobados por el OCAD del Fondo de Ciencia, Tecnología e Innovación de L SGR (Histórico 20/12/2012 a 05/12/2017): https://www.colciencias.gov.co/sgr/ocad_fctei.

Confecámaras. (2016). Bases de datos.

CTA. (2017). Consultoría sobre productividad del uso del agua, la eficiencia en el tratamiento de aguas residuales y reúso del agua en Colombia (Vol. Informe 1. Diagnóstico). Medellín: Centro de Ciencia y Tecnología de Antioquia - CTA.

CTA. (2018a). Consultoría sobre productividad del uso del agua, la eficiencia en el tratamiento de aguas residuales y reúso del agua en Colombia (Vol. Informe 2. Priorización de elementos críticos). Medellín: Centro de Ciencia y Tecnología de Antioquia - CTA.

CTA. (2018b). Consultoría sobre productividad del uso del agua, la eficiencia en el tratamiento de aguas residuales y reúso del agua en Colombia (Vol. Informe 3. Propuestas de acciones y recomendaciones). Medellín: Centro de Ciencia y Tecnología de Antioquia - CTA.

DANE. (2014). Censo Nacional Agropecuario Colombia. Bogotá D.C.: Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE).

DANE. (2015). Encuesta Anual Manufacturera - EAM 2015. Bogotá: Departamento Administrativo Nacional de Estadística.

DANE. (2016). Tercer Censo Nacional Agropecuario. Hay campo para todos. La mayor operación estadística del campo colombiano en los últimos 45 años (Vol. Tomo 2. Resultados). Bogotá D.C.: Departamento Administrativo Nacional de Estadística.

DNP. (2011). Documento CONPES 3700. Estrategia institucional para la articulación de políticas y acciones en materia de cambio climático en Colombia. Bogotá D.C.

DNP. (2016). Documento CONPES 3874. Política nacional para la gestión integral de residuos sólidos. Bogotá D.C.

DNP y GGGI. (2017). Macroeconomía y Crecimiento Verde. Análisis y Retos para Colombia. Bogotá D.C.: Departamento Nacional de Planeación - DNP y Global Green Growth Institute - GGGI.

DNP, Fedesarrollo, GGGI y PNUMA. (2017). Evaluación de Potencial de Crecimiento Verde para Colombia. Bogotá D.C.: Departamento Nacional de Planeación - DNP, Fundación para la Educación Superior y el Desarrollo - Fedesarrollo, Global Green Growth Institute - GGGI, Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente - PNUMA.

DNP, Fedesarrollo, GGGI y PNUMA. (2017). Evaluación del Potencial de Crecimiento Verde para Colombia.

Econometría Consultores. (2012). Diseño de una metodología de evaluación de impacto social, económico y ambiental de los proyectos aprobados por el consejo directivo del Fondo de Adaptación. Bogotá: Fondo Adaptación.

Econometría Consultores. (2017). Instrumentos económicos e incentivos financieros para crecimiento verde y fuentes de financiamiento internacional para cambio climático en Colombia. Bogotá D.C.

Enersinc. (2017a). Energías renovables y eficiencia energética para el crecimiento verde en Colombia (Vol. Energy supply situation in Colombia). Bogotá D.C.: Enersinc, Banco Mundial y DNP.

Enersinc. (2017b). Energías renovables y eficiencia energética para el crecimiento verde en Colombia (Vol. Energy demand situation in Colombia). Bogotá D.C.: Enersinc, Banco Mundial y DNP.

Enersinc. (2018). Energías renovables y eficiencia energética para el crecimiento verde en Colombia (Vol. Green growth policy proposals). Bogotá D.C.: Enersinc, Banco Mundial y DNP.

Fernández, C. (2017). Crecimiento verde inclusivo e informalidad. Bogotá D.C.

Fernández, C. (2018). Crecimiento verde inclusivo e informalidad (Vol. 2. Informe final). Bogotá D.C.

IDEAM. (2013). Boletín Forestal 2011. Bogotá D.C.

IDEAM. (2015). Estudio Nacional del Agua 2014. Bogotá D.C.: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.

IDEAM. (2017). Sistema de monitoreo de bosques y carbono - SMBYC. Recuperado el 17 de noviembre de 2018, de <http://smbyc.ideam.gov.co>.

IDEAM, PNUD, MinAmbiente y DNP. (2016). Inventario nacional y departamental de Gases Efecto Invernadero - Colombia. Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático. Bogotá D.C.: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo - PNUD, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible - MinAmbiente y Departamento Nacional de Planeación - DNP.

IEA. (2017). International Energy Agency. Obtenido de <https://www.iea.org/renewables/>

Meléndez, M., & Eslava, M. (2018a). Productividad laboral y capital humano para el crecimiento verde en Colombia (Vol. Diagnóstico y revisión de experiencias internacionales). Bogotá D.C.

Meléndez, M., & Eslava, M. (2018b). Productividad laboral y capital humano para el crecimiento verde en Colombia (Vol. Recomendaciones de política). Bogotá D.C.

Meléndez, M., & Eslava, M. (2018c). Productividad laboral y capital humano para el crecimiento verde en Colombia (Vol. Informe Final. Documento anexo). Bogotá D.C.

MinAgricultura. (2011). Plan de acción para la reforestación comercial. Bogotá D.C.: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural.

MinAmbiente y ONFA. (2016). Estimación y caracterización del consumo de madera en la industria del mueble y descripción de la industria de transformación de madera en Colombia. Bogotá D.C.: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y ONF Andina.

Ministerio de Minas y Energía. (2010). Atlas del Potencial Energético de la Biomasa Residual en Colombia. Bogotá D.C.

Ministerio de Minas y Energía. (2012). Censo Minero Departamental 2010-2011. Bogotá.

OCDE. (2011). Towards Green Growth, OECD Green Growth Studies. Paris, Francia: Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico.

OCDE. (2015). Perspectivas económicas de América Latina. Educación, competencias e innovación para el desarrollo. Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico.

OECD. (2015). OECD Key Biotech Indicators. Recuperado el 2018, de <https://www.oecd.org/>: <https://www.oecd.org/sti/biotech/1-Number-of-firms-active-in-biotech-2015.xls>.

OIT. (2017). El programa de empleos verdes de la OIT. Ginebra, Suiza.

ONF Andina. (2018a). Estudio de economía forestal en Colombia en el marco de la Misión de Crecimiento Verde (Vols. Diagnóstico del sector forestal en Colombia: Principales características, barreras y oportunidades para su desarrollo). Bogotá D.C.

ONF Andina. (2018b). Estudio de economía forestal en Colombia en el marco de la Misión de Crecimiento Verde (Vol. Propuestas de acciones y recomendaciones para la política de Crecimiento Verde en Colombia). Bogotá D.C.

PNUD, ILO, IOE & ITUC. (2008). Green Jobs: Towards Decent Work in a Sustainable, Low-Carbon World. Nairobi, Kenya: UNEP.

Profor. (2017). Situación actual y potenciales de fomento de plantaciones forestales con fines comerciales en Colombia. Bogotá D.C.: Proyecto "Colombia: Reforestación Comercial Potencial del Banco Mundial" - Profor.

SIB. (2017). Biodiversidad en cifras. Recuperado el 2018, de Sistema de Información sobre Biodiversidad de Colombia (SIB): <https://www.sibcolombia.net/biodiversidad-en-cifras/>.

SSPD. (2015). Informe sectorial de los servicios públicos domiciliarios de acueducto y alcantarillado. Grandes prestadores. Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios.

SSPD. (2017). Sistema único de información de servicios públicos - SUI. Colombia: Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios.

Tecnalia. (2017). Intensidad en el consumo de materiales y economía circular (Vol. 1. Diagnóstico de eficiencia en el uso de materiales y cierre de ciclos en los sectores manufacturero y de construcción en Colombia: contraste frente a experiencias internacionales). Bogotá D.C.

Tecnalia. (2018a). Intensidad en el consumo de materiales y economía circular (Vol. 2. Elementos críticos para mejorar la eficiencia en el uso de materiales y la recuperación de residuos en los sectores de la manufactura y de la construcción en el contexto de Economía Circular). Bogotá D.C.

Tecnalia. (2018b). Intensidad en el consumo de materiales y economía circular (Vol. 3. Transición a una Economía Circular en Colombia para el sector de la manufactura y de la construcción. Plan de acción recomendado). Bogotá D.C.

Tecniforest Ltda. (1999). Evaluación de la oferta y la demanda nacional de productos forestales maderables y no maderables. Bogotá D.C.: Ministerio del Medio Ambiente - Tecniforest Ltda.

Transparency Market Research. (2013). Global Biotechnology Market by Application (Biopharmacy, Bioservices, Bioagriculture, Bioindustrial), by Technology (Fermentation, Tissue Regeneration, PCR, DNA Sequencing, Nanobiotechnology & Others) (Vols. Industry Analysis, Size, Share, Growth, Trends and Forecast 2010-2017).

UPME. (2010). Formulación de un Plan de Desarrollo para las Fuentes no Convencionales de Energía en Colombia (PD-FNCE). Bogotá D.C.

UPME. (2014). Estudio de la cadena del mercurio en Colombia con énfasis en la actividad minera de oro (Vol. Tomo 2). Bogotá: Unidad de Planeación Minero Energética - UPME.

UPME. (2015). Incidencia real de la minería del carbón, del oro y del uso del mercurio en la calidad ambiental con énfasis especial en el recurso hídrico. Diseño de herramientas para la planeación sectorial. Bogotá: Unidad de Planeación Minero Energética - UPME.

UPME. (2015). Integración de las energías renovables no convencionales en Colombia. Bogotá.

UPME. (2017). Registro de Proyectos de Generación Inscrición según requisitos de las Resoluciones UPME No. 0520, No. 0638 de 2007 y No. 0143 de 2016. Bogotá D.C.

UPRA. (2015). Zonificación para plantaciones forestales con fines comerciales - Colombia. Escala 1:100.000. Bogotá D.C.: Unidad de Planificación Rural Agropecuaria - UPRA.

World Economic Forum. (2017). The Global Competitiveness Report 2016-2017. Geneva.

Yale University. (2016). The 2016 Environmental Performance Index. New Haven: Yale Center for Environmental Law and Policy.

