

BOGOTÁ, 16 DE AGOSTO DE 2022

# DOCUMENTO DE ANÁLISIS REGULATORIO Y ECONOMICO SECTORIAL – ARES COLOMBIA 2022

**Director del proyecto** | Juan Benavides

**Investigadores** | Martha Elena Delgado, Felipe Castro.

**Asistentes de investigación** | Alejandra Fonseca, Sebastián Bernal

## Fedesarrollo

Calle 78 # 9 - 91, Bogotá, Colombia.

Teléfono: (601) 3259777

  @Fedesarrollo

---



**DOCUMENTO DE ANÁLISIS REGULATORIO Y ECONOMICO SECTORIAL – ARES  
COLOMBIA 2022**

16 de agosto de 2022

Documento preparado por Fedesarrollo

Juan Benavides (director del proyecto)

Investigadores:  
Martha Elena Delgado  
Felipe Castro

Asistentes de investigación:  
Alejandra Fonseca  
Sebastián Bernal

Supervisado por la Dirección de Análisis Sectorial de la Gerencia de Conocimiento, CAF - banco de desarrollo de América Latina

## **TABLA DE CONTENIDO**

### **CAPÍTULO 1. LA INFRAESTRUCTURA COMO MOTOR DE DESARROLLO**

- 1.1. Infraestructura y desarrollo
- 1.2. Infraestructura y los ODS
- 1.3. Los sectores de infraestructura en Colombia
- 1.4. Ciudades, infraestructura y desarrollo sostenible
- 1.5. Descripción de las regiones estudiadas
- 1.6. Infraestructura para el desarrollo agropecuario

### **CAPÍTULO 2. DIAGNÓSTICO**

- 2.1. Valor económico sectorial
- 2.2. Multiplicadores de la inversión en infraestructura
- 2.3. Análisis de brechas
- 2.4. Necesidades regulatorias y oportunidades de política pública

### **CAPÍTULO 3. TRANSICIÓN ENERGÉTICA EN COLOMBIA**

- 3.1. Las motivaciones de las transiciones energéticas
- 3.2. Principios de política
- 3.3. La transición energética de Colombia en dos fases
- 3.4. Necesidades y oportunidades de la transición energética en Colombia

### **CAPÍTULO 4. RECOMENDACIONES**

- 4.1. Recomendaciones transversales y nacionales
- 4.2. Recomendaciones regionales
- 4.3. Recomendaciones para el desarrollo agropecuario

### **REFERENCIAS**

### **ANEXOS**

## Índice de gráficas

Gráfica 1. Sendas de inversiones pública y privada en infraestructura en Colombia.....	11
Gráfica 2. Relación entre pobreza e infraestructura.....	12
Gráfica 3. Contribución de distintos sectores de infraestructura a las emisiones totales de gases de efecto invernadero.....	14
Gráfica 4. Porcentaje correspondiente a los distintos sectores de la infraestructura en los costos mundiales de adaptación climática (estimaciones de 2010 a 2050) .....	15
Gráfica 5. Inversión pública en infraestructura en Colombia .....	16
Gráfica 6. Evolución de la canasta de consumo de energía en Colombia 1975 - 2018.....	17
Gráfica 7. Comportamiento del consumo energético por sectores en 2020.....	18
Gráfica 8. Inversión pública en el sector transporte.....	22
Gráfica 9. Evolución y pronóstico del costo anual de propiedad en UK .....	23
Gráfica 10. Cobertura rural en acueducto y alcantarillado.....	25
Gráfica 11. Tipo de prestador de servicios para los sectores de agua, alcantarillado y aseo.....	25
Gráfica 12. Tasa de aprovechamiento de residuos sólidos generados y tasa de reciclaje y nueva utilización .....	29
Gráfica 13. Oferta de residuos y productos residuales* .....	29
Gráfica 14. Brechas en reciclaje y reutilización de materiales en Colombia frente a referentes internacionales.....	30
Gráfica 15. Porcentaje de Tratamiento de aguas residuales en América Latina .....	31
Gráfica 16. Promedio diario de residuos recolectados por departamento .....	32
Gráfica 17. Esquema completo de aprovechamiento, tratamiento y disposición final de los residuos .....	33
Gráfica 18. Evolución de la inversión en TIC .....	36
Gráfica 19. Inversión pública en telecomunicaciones Colombia y América Latina.....	37
Gráfica 20. Sistema de Ciudades: Ejes y corredores urbano-regionales.....	41
Gráfica 21. Promedio de viajes previstos vs promedio anual de viajes realizados en el SITM, 2018-2048	
Gráfica 22. Pilar de infraestructura en el IDC.....	53
Gráfica 23. Evolución indicativa de la cobertura acumulada en hectáreas a partir de la política pública nacional .....	56
Gráfica 24. Subregiones PDET .....	59
Gráfica 25. Multiplicadores del PIB por sectores económicos.....	62
Gráfica 26. Consumo de energía per cápita e Índice de Desarrollo Humano.....	73
Gráfica 27 . Curva de Kuznets hipotética .....	76
Gráfica 28. Paquete de conectividad inteligente.....	89
Gráfica 29. Digitalización de la cadena logística agropecuaria .....	102
Gráfica 30. Plataforma de Proveedores Móviles de Dinero.....	103

## Índice de tablas

Tabla 1. Evolución y proyecciones del proceso de urbanización en Colombia .....	40
Tabla 2. Buses a gas y eléctricos en Colombia .....	43
Tabla 3 Resultados evaluaciones ex post de la implementación de los SITM .....	47
Tabla 4. Índice de pobreza multidimensional (IPM) en 2021 .....	52
Tabla 5. Fuentes de agua.....	56
Tabla 6. Desafíos en agrologística .....	58
Tabla 7. Resumen del valor económico de los sectores de infraestructura .....	60
Tabla 8. Multiplicadores de la producción a nivel departamental.....	63
Tabla 9. Brechas por sector – cálculos nacionales .....	64
Tabla 10. Brechas por sector – cálculos internacionales .....	66
Tabla 11. Inversión para el cierre de brecha digital para Colombia, con respecto a la OCDE .....	67
Tabla 12. Ranking global IDBA y subíndices .....	68
Tabla 13. Recomendaciones transversales y nacionales .....	91
Tabla 14. Proyectos de infraestructura de transporte priorizados Santanderes.....	95
Tabla 15. Proyectos de infraestructura de transporte priorizados Región Caribe.....	95
Tabla 16. Proyectos de infraestructura de transporte priorizados Región Pacífico .....	96
Tabla 17. Principales intervenciones de infraestructura regional .....	98
Tabla 18. Principales intervenciones de infraestructura para agricultura .....	103

## Resumen y mensajes centrales

Este documento presenta el Análisis Regulatorio y Económico Sectorial (ARES) para Colombia 2022, que se construye como un aporte al gobierno de Colombia, y que provee insumos para la estrategia país del Banco de Desarrollo de América Latina (CAF) en Colombia para el período 2022-2026 en materia de infraestructura.

La infraestructura es una plataforma transversal a toda la economía, cuyos beneficios a los usuarios directos son una fracción pequeña de los beneficios totales a la sociedad. La infraestructura es más importante para la economía por sus externalidades sobre toda la economía y habilitación de nuevos negocios, que por sus encadenamientos hacia atrás con sectores que en su mayoría producen bienes no transables.

El ARES Colombia 2022 se enfoca en analizar el rol de la infraestructura como habilitador del crecimiento económico y el desarrollo sostenible con *un foco regional* (Región Caribe, Pacífico y los Santanderes) y un *foco sectorial* (transición energética, transporte, agua y alcantarillado, residuos, TICS, agro/agroindustria y agroforestal). Estos últimos dos subsectores de la agricultura tienen mayores avances en políticas públicas complementarias en otros frentes (ventanillas para financiación, NAMAs para la reducción de gases de efecto invernadero) y un peso creciente en las exportaciones.

Los mensajes centrales de este documento son:

- Existen necesidades y oportunidades comunes tanto para las regiones como para los subsectores de agricultura, que se puede empaquetar como líneas de crédito transversales con fuentes de financiación aliadas.
- Existen posibilidades de innovación con el impulso a tecnologías de punta internacionales (biorrefinerías), en Ciudades inteligentes y en digitalización regional y sectorial, que tienen grandes impactos sobre la productividad.
- Se presenta la oportunidad de contribuir al cumplimiento de los ODS en conectividad de transporte y en cobertura de agua y saneamiento.
- Varias de las intervenciones incursionan en la economía circular y contribuirán no solo a la productividad y el bienestar regional, sino al cumplimiento de los compromisos NDC de Colombia en la más reciente COP en Glasgow.
- Muchas de las propuestas se basan en la optimización de activos existentes, más que en inversiones nuevas, utilizando soluciones bajas en CAPEX que aprovechan intensivamente la digitalización.

Como resultado del diagnóstico que se desarrolla en el resto del documento y de la identificación de oportunidades innovadoras, se seleccionaron las intervenciones transversales o nacionales tanto regulatorias como de política pública que pueden tener impactos altos y dentro del plazo del Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026 (Tabla A). Por su parte, la Tabla B presenta las intervenciones

regionales, para el Caribe, Pacífico y Santanderes, y la Tabla C resume las recomendaciones para el sector agroindustrial y agroforestal.

**Tabla A. Intervenciones de infraestructura transversal o nacional**

Sector de infraestructura	Recomendaciones
Transición energética	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Revisión de la hoja de ruta de transición para Colombia</li> <li>- Regulación y política pública: mensajes sobre el papel de los recursos no renovables, planificación integrada y promoción de un mercado eléctrico descentralizado, construcción de un mercado único de gas natural, ciudades inteligentes en energía y transición justa.</li> <li>- Financiación de la transición: fondo de financiación combinada y eficiencia energética.</li> <li>- Intervenciones innovadoras: soluciones energéticas para zonas no interconectadas, innovación en mercados eléctricos (Agregadores de Recursos Energéticos Descentralizados – RED), innovación en el contexto rural – promoción de las biorrefinerías y soluciones de eficiencia energética en industria y ambiente construido en ciudades de más de 100 mil hab.</li> </ul>
Transporte	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Expedir políticas sobre accesos y pasos urbanos para logística y carga, puertos, sistemas de entornamiento con infraestructura adecuada.</li> <li>- Electrificación de la flota de transporte urbano y financiación de los sistemas de transporte.</li> <li>- Financiación de redes secundarias y terciarias</li> <li>- Definir una política de financiamiento de la infraestructura de transporte.</li> <li>- Definir una política de financiamiento de la infraestructura y operación de transporte masivo urbano.</li> <li>- Promover el desarrollo de capacidades empresariales y atraer nuevos jugadores en servicios de transporte.</li> <li>- Estimular la entrada de nuevos financiadores y <i>sponsors</i> de concesiones con simplificación y estabilidad normativa.</li> <li>-Definir una política de gestión de riesgos climáticos en transporte.</li> <li>-Continuar la implementación de recomendaciones de Comisión de Infraestructura 2019.</li> <li>- Profundizar el diálogo entre ordenamiento territorial y redes nacionales.</li> <li>- Estimular el desarrollo de plataformas de entrega por demanda.</li> <li>- Regulación de la electrificación y cofinanciación de las empresas de transporte masivo urbano del Sistema de Ciudades. Promover el transporte público urbano y su descarbonización, y alternativas de servicios de movilidad sin emisiones.</li> <li>- Otorgar un tratamiento regulatorio e impositivo hacia las motos, que no estimule su crecimiento indiscriminado.</li> <li>- Coordinar políticas transversales que aceleren al renovación de la flota limpia (pública y privada, de carga y de pasajeros).</li> <li>- Consolidar una política de adaptación climática vial y convertirla en una hoja de ruta.</li> <li>- Regular plataformas de transporte</li> </ul>

<p>Agua, saneamiento y residuos</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Implementar la regionalización de los servicios de acueducto y alcantarillado.</li> <li>- Diseño de instrumentos en el marco de la gestión integral de residuos sólidos para promover la economía circular.</li> <li>- Promover la cultura ciudadana, la educación e innovación en gestión integral de residuos.</li> <li>- Generar un entorno institucional propicio para la coordinación entre actores que promueva la eficiencia en la gestión integral de residuos sólidos.</li> <li>- Mejorar el reporte, monitoreo, verificación y divulgación de la información sectorial para el seguimiento de la política pública referente a la gestión integral de residuos sólidos.</li> <li>- Actualizar las metodologías tarifarias de los servicios de acueducto y alcantarillado</li> <li>- Reestructurar el plan de aprovechamiento de residuos</li> <li>- Sancionar y reglamentar la Ley de prohibición de plásticos de un solo uso</li> </ul>
<p>TICS</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Acelerar la regulación de convergencia mediante la reforma a la Comisión de Regulación de Comunicaciones.</li> <li>- Ampliación de cobertura móvil y mejora de ancho de banda.</li> <li>- Desarrollar una regulación favorable al funcionamiento e inversión en plataformas.</li> <li>- Paquetes de conectividad inteligente e internet fija para pymes, gobierno y hogares</li> <li>- Avanzar en la implementación de la Política Nacional de Infraestructura de Datos (PNID).</li> <li>- Promover la competencia en telecomunicaciones móviles.</li> </ul>
<p>Urbanismo y Digitalización</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Desarrollar un nuevo marco de decisiones conjuntas de urbanismo e infraestructura.</li> <li>- Construir una hoja de ruta para desarrollar una Ciudad Gestionada Digitalmente que integre el funcionamiento de diferentes redes de infraestructura.</li> </ul>

Fuente: elaboración propia.



**Tabla B. Intervenciones regionales**

Sector de infraestructura	Región Caribe	Región Pacífico	Santanderes
Transporte	-Proyectos priorizados: Proyecto del Canal del Dique, Conexión Ciénaga - Barranquilla, incluyendo las obras para el manejo de la erosión costera, Megaproyecto de La Mojana, Implementación de las carreteras 4G con conectividad interdepartamental, priorizando la conexión de Córdoba con el Urabá Antioqueño, Rehabilitación de la vía Chinú- Loricá, Construcción de puente vehicular sobre el San Jorge (Pica Pica), Ruta del Sol 2 y Ruta del Sol 3 (Doble calzada Valledupar-Santa Marta) y Conexión Alta Guajira (Uribia – Puerto Bolívar – Estrella).	-Sistema de Comunidad Portuaria en Buenaventura (PCS). -Proyectos priorizados: Proyecto Mulaló- Loboguerrero, Conexión Cali – Rumichaca, Centro Binacional de Atención en Frontera (CEBAF) en Rumichaca, Transversal Buenaventura - Puerto Carreño y Tren de cercanías Valle del Cauca.	- Plataforma logística multimodal de Barrancabermeja (Hub multimodal). -Proyectos priorizados: troncal central (Piedecuesta San Gil Barbosa), Anillo Vial Externo Metropolitano, Ampliación unidades funcionales 5, 6 y 7 de la Ruta del Cacao, Vía salida Túnel de La Paz Sabana de Torres, y Conexión entre la Ruta Férrea La Dorada Chiriguaná y el Río Magdalena.
Agua, saneamiento y residuos	-Plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) en Barranquilla	-Planta regional de residuos sólidos en Valle	-Plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) en Bucaramanga
Optimizar las capacidades regionales para la identificación, diseño, priorización, estructuración y ejecución de proyectos regionales.			

Fuente: elaboración propia.

**Tabla C. Principales intervenciones de infraestructura para agricultura**

Sector de infraestructura	Agro/agroindustria y agroforestal
Transición energética	- Biorrefinerías para el aprovechamiento de residuos orgánicos - Sustitución parcial de energías fósiles por energías renovables
Transporte	- Plan de vías secundarias y terciarias priorizado a partir de las principales cadenas productivas y los Planes de Desarrollo con Enfoque Territorial – PDET. - Fortalecimiento de infraestructura de comercialización y/o estructuras logísticas: Infraestructuras Logísticas Especializadas e Infraestructuras Logísticas Agropecuarias.
Agua, saneamiento y residuos	- Distritos de riego
TICS	- Actualizar, completar y hacer interoperable el catastro multipropósito - Digitalización para gestión de la productividad - Plataformas de digitalización de última milla (proveedores móviles de dinero) - Ampliación de oferta educativa de formación y cualificación en gestión de procesos logísticos y logística agropecuaria.

Fuente: elaboración propia.

El resto del documento se estructura de la siguiente manera:

- El capítulo 1 presenta los ejes del documento, caracteriza las relaciones entre economía, infraestructura y pobreza, describe la organización de industria de los sectores de infraestructura del estudio (transición energética, transporte, agua, saneamiento y residuos, y TICS), discute las características de las dos regiones en las que se enfocará el estudio, y las características del sector agropecuario.
- El capítulo 2 discute el papel económico de cada sector de infraestructura y del sector agropecuario, revisa los rangos de brechas de infraestructura en el país según diferentes criterios (como por el ejemplo el cumplimiento de los ODS, entre otros), e identifica necesidades regulatorias y normativas de los sectores de infraestructura.
- El capítulo 3 presenta una política de transición energética factible e identifica necesidades y oportunidades a nivel nacional, de manera autocontenida.
- Finalmente, el capítulo 4 presenta un conjunto seleccionado de intervenciones regulatorias y de política a nivel transversal y nacional, de infraestructura en las regiones y para el sector agropecuario.

## Capítulo 1. La infraestructura como motor de desarrollo

En este capítulo se analiza la relación entre infraestructura, crecimiento económico, pobreza y sostenibilidad. Posteriormente se presenta un diagnóstico de los principales sectores de infraestructura en Colombia. Los sectores analizados son energía, transporte, agua y saneamiento, residuos y TIC. En la última parte se analiza el rol de la infraestructura para el desarrollo regional y el sector agropecuario.

### 1.1 Infraestructura y desarrollo

El impacto de la infraestructura como motor de desarrollo económico ha sido ampliamente documentado. Varios trabajos como los de Hulten (1996), Aschauer (1989) y Straub (2008) muestran a partir de evidencia empírica los impactos positivos de la infraestructura de carácter público en el crecimiento económico y la productividad.

La infraestructura es una plataforma transversal a toda la economía, cuyos beneficios a los usuarios directos son una fracción pequeña de los beneficios totales a la sociedad. La infraestructura es más importante para la economía por sus externalidades sobre toda la economía y habilitación de nuevos negocios. Los mecanismos generados a través de las externalidades incluyen las relaciones entre la infraestructura, la acumulación de conocimiento y el crecimiento económico; entre la infraestructura, la salud y el crecimiento económico; entre la infraestructura, la innovación y la difusión de nuevos productos, y el crecimiento económico; y entre la infraestructura, el género y el crecimiento económico (Agénor, 2013).

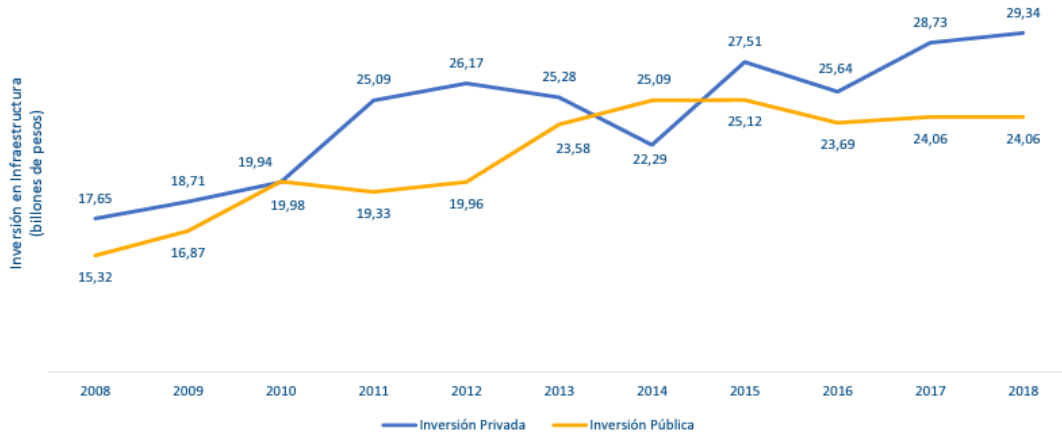
La infraestructura tiene un mayor impacto en países en desarrollo donde una parte importante de la población no tiene cubiertas sus necesidades básicas. Calderón y Servén (2010) muestran como el desarrollo de infraestructura acelera el ritmo del crecimiento económico y favorece la reducción de la pobreza en América Latina. Estos autores también encuentran una relación positiva entre el desarrollo de la infraestructura en el crecimiento de los ingresos y en la disminución de la desigualdad (Calderón y Servén, 2014).

Por el contrario, en países desarrollados donde la dotación de infraestructura suele ser mayor se evidencian menores efectos en términos de aumentos de productividad. En un trabajo para los países que hacen parte de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), Kim y Loayza (2019) muestran cómo la contribución de la infraestructura al aumento de la Productividad Total de los Factores (PTF) en la última década está por debajo de la eficiencia de mercado, la educación, el marco institucional y la innovación.

de En Colombia, la infraestructura ha demostrado ser un motor de crecimiento económico y bienestar humano en los últimos setenta años. Cárdenas et al (1994) encontraron que la infraestructura pública tuvo un impacto positivo y significativo en el crecimiento del Producto Interno Bruto (PIB) entre 1950 y 1994. Los efectos estimados por los autores para la infraestructura pública fueron superiores a los efectos generados por el trabajo y el capital privado. En otro trabajo, Ramírez y Villar (2015) confirmaron este hallazgo y encontraron que un aumento de 1% en el stock de capital público genera un aumento en el producto de 0.22% en el caso colombiano.

En los últimos 30 años el país ha avanzado de manera significativa en el despliegue de infraestructura financiada a partir de gasto tanto público como privado. Mientras que en la década de los noventa el gasto privado era en promedio de 9 billones anuales, en la última década se multiplicó por tres y llegó a los 30 billones anuales (DNP, 2022). En los últimos años el ritmo de crecimiento se ha mantenido, mientras que la inversión pública ha crecido un promedio de 4,9% anualmente desde 2008, la inversión privada ha tenido una tasa de crecimiento del 5,8% al año (ver Gráfica 1).

**Gráfica 1. Sendas de inversiones pública y privada en infraestructura en Colombia**



Fuente: DNP (2022).

A pesar de estos avances, el rezago de la infraestructura en Colombia es evidente cuando se compara con el resto del mundo, incluso con otros países de un nivel de ingresos similar. De acuerdo con el Global Competitiveness Report de 2019, elaborado por el Foro Económico Mundial, Colombia se ubica en el puesto 81 entre 141 países en el componente de infraestructura, por debajo de países como Chile, México, Costa Rica, Brasil, Ecuador y Argentina. Los principales rezagos se presentan en la infraestructura de transporte, la calidad de las vías, la conectividad del sistema férreo, la eficiencia de los servicios de transporte aéreo y el acceso a energía eléctrica y a agua potable.

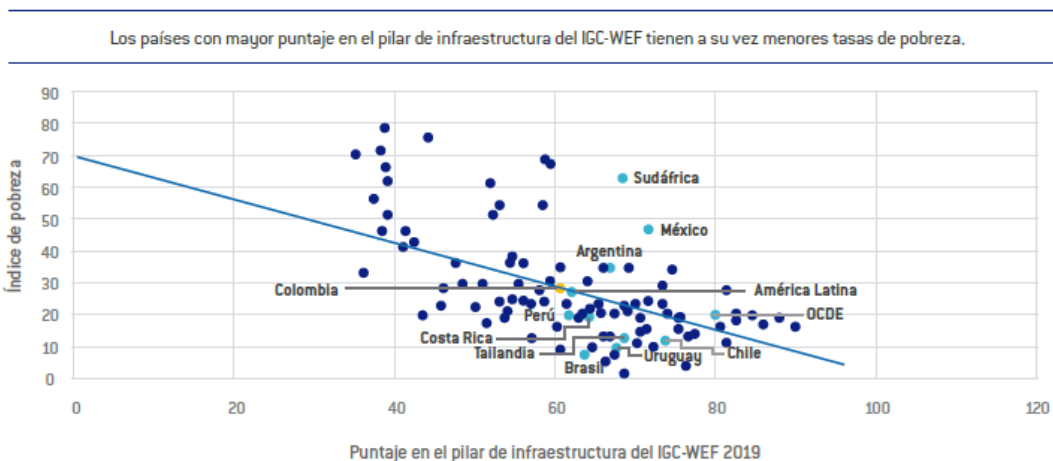
El cierre de la brecha de Colombia en infraestructura representa una de las principales oportunidades para el crecimiento económico y la disminución de la pobreza en la próxima década. Mejía y Delgado (2020) mostraron que un aumento de la inversión en infraestructura del 0,5% del PIB por año en promedio durante la próxima década aumentaría la tasa de crecimiento económico en 0,8 puntos porcentuales por año y reduciría el desempleo y la pobreza 0,5 y 0,6 puntos porcentuales por año respectivamente.

A pesar de que la relación entre mejor dotación de infraestructura y menores niveles de pobreza es relativamente alta en el caso Colombia (ver Gráfica 2), cada país tiene diferentes canales de transmisión. Para el caso de Colombia se han identificado varios canales. El canal más directo tiene que ver con el tipo de intervención que se genera a partir de los proyectos de construcción y su

presencia territorial, lo cual genera valor agregado y aumenta la demanda de empleos locales en el corto plazo (Mejía y Delgado, 2020).

## Gráfica 2. Relación entre pobreza e infraestructura

Gráfica 1. Relación entre el índice de pobreza y el pilar de infraestructura del WEF. Colombia y países de referencia, 2019.



Nota: El índice de pobreza se refiere al porcentaje de la población que vive por debajo de las líneas de pobreza nacionales.

Fuente: INC 2020-2021.

La infraestructura además permite conectar personas, mercados y regiones, generando una disminución de los costos de transporte y aumentando la productividad agrícola. El despliegue de vías terciarias, por ejemplo, rompe la relación estrecha que existe entre aislamiento geográfico, falta de infraestructura en la ruralidad y pobreza. Villar y Ramírez (2014) encontraron en un trabajo para el departamento de Antioquia que un aumento de 10% en el número de kilómetros de vías terciarias por kilómetro cuadrado reduce la tasa de pobreza multidimensional en el sector rural en 5%.

El cierre de la brecha de infraestructura también garantiza el acceso a la energía y el agua potable a poblaciones históricamente excluidas, particularmente en zonas rurales. La Misión para la Transformación del Campo definió las líneas de acción necesarias para avanzar en la universalización de servicios sociales, incluidos el acceso al agua, saneamiento, manejo de residuos y energía eléctrica en zonas rurales (Ramírez et al, 2015). No priorizar el despliegue de infraestructura en estos sectores profundizaría las brechas de pobreza entre el sector rural y urbano. Para lograrlo se requieren políticas activas enfocadas en las poblaciones rurales pobres y vulnerables, a través de la revisión del marco institucional que incluya el modelo de descentralización, el manejo fiscal y la eficiencia administrativa (Parra-Peña et al, 2013).

Por último, el cierre de las brechas de infraestructura también es un elemento habilitante para mejorar el acceso a la información y conocimiento, garantizando la conectividad física y digital de la población (Consejo Privado de Competitividad, 2021). Por ejemplo, la banda ancha tiene una relación muy fuerte con el crecimiento. El estudio sobre impacto de la banda ancha sobre el crecimiento económico elaborado por Koutroumpis (2018) encuentra que un incremento de 20 a

30 líneas por cada 100 personas en 5 años genera un crecimiento de 0.2%. Para la OCDE colectivamente, el aumento de 3 a 38.6 líneas por cada 100 personas entre 2002 y 2016 generó un aumento anual promedio del PIB de 0.30%. Además, el aumento de la velocidad de 2 Mbps a 8 Mbps añade un 0.01% adicional al crecimiento anual (Benavides 2018).

## **1.2 Infraestructura y los ODS**

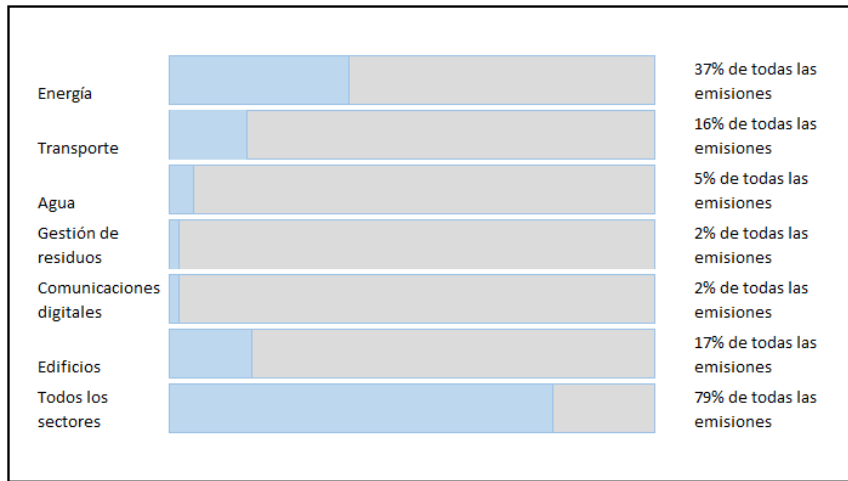
En el marco de la Agenda 2030 y los ODS, la infraestructura constituye un elemento central para avanzar en los diferentes objetivos y metas pactadas a 2030. En particular, el ODS 9 requiere de la construcción de infraestructuras resilientes, la industrialización inclusiva y sostenible y el fomento a la innovación para su cumplimiento. El despliegue de infraestructura también es fundamental para la consecución de otros ODS de carácter social. Entre estos objetivos se encuentran el ODS 2 de Hambre Cero, el ODS 6 de Agua Limpia y Saneamiento y el ODS 7 de Energía Asequible y No Contaminante. Los principales esfuerzos en estos ODS están en alcanzar la cobertura universal y cerrar las brecha urbano-rural en el acceso a servicios básicos, el aumento de la productividad y la conectividad regional.

Por otro lado, los efectos cada vez más destructivos del cambio climático y la crisis ambiental global imponen nuevos retos al despliegue de infraestructura. Históricamente la construcción de infraestructura para el desarrollo ha generado impactos negativos en el medio ambiente a través de la afectación de recursos hídricos, cambios en el uso del suelo, destrucción de la biodiversidad y aumento en las emisiones de gases de efecto invernadero (Cepal, 2021). En este nuevo contexto, la inversión en infraestructura debe evolucionar y adaptarse para satisfacer las demandas existentes de manera eficaz, eficiente y sostenible.

Para lograr el cierre de brechas en infraestructura sin afectar el cumplimiento de las metas ambientales, hay que tener en cuenta tres consideraciones. Primero, reducir la cantidad de emisiones de efecto invernadero generada por la infraestructura y contribuir a las metas de mitigación definidas por Colombia a través de las Contribución Determinada a Nivel Nacional de Colombia (NDC) y la Estrategia de Colombia Carbono Neutral al 2050 (E2050).

A nivel global, las principales fuentes de las emisiones de gases de efecto invernadero están relacionadas con los sectores de la energía, el transporte y la construcción. Según UNOPS (2021), la infraestructura es responsable del 79% de las emisiones totales (ver Gráfica 3). La producción de energía representa el 37% de emisiones, la construcción el 17% y el transporte el 16%.

**Gráfica 3. Contribución de distintos sectores de infraestructura a las emisiones totales de gases de efecto invernadero**



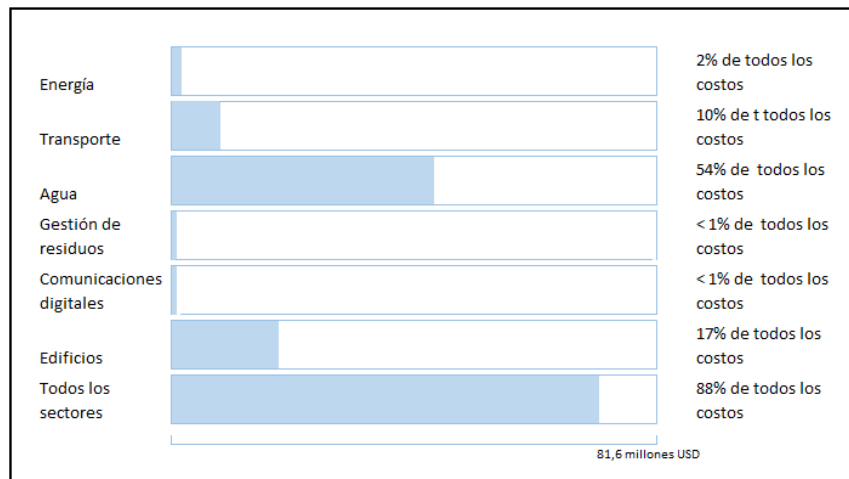
Fuente: UNOPS (2021).

En Colombia, como en la mayoría de los países de la región, esta proporción es menor ya que la mayoría de las emisiones de gases de efecto invernadero del país provienen de la agricultura, el sector forestal y otros usos de la tierra (AFOLU). De acuerdo con el último inventario nacional de gases de efecto invernadero (IDEAM, 2018), la infraestructura y los sectores relacionados podrían representar alrededor del 40% de las emisiones totales.

En segundo lugar, la infraestructura debe contribuir a la adaptación a los riesgos que genera el cambio climático. Entre los riesgos que se deben atender se encuentran los impactos físicos del cambio climático, los impactos productivos en la economía y los impactos sociales generados por desplazamiento y conflictos como consecuencia de desastres generados por la variabilidad climática (Farfán, 2020).

En este contexto la infraestructura es fundamental para garantizar la prestación de servicios esenciales y proteger a las personas de los efectos del cambio climático. Según UNOPS (2021), el gasto en infraestructura representa por lo menos el 88% de los costos totales de adaptación, de los cuales el 54% corresponde a la provisión de agua potable y el 22% al segmento de edificaciones (ver Gráfica 4).

**Gráfica 4. Porcentaje correspondiente a los distintos sectores de la infraestructura en los costos mundiales de adaptación climática (estimaciones de 2010 a 2050)**



Fuente: UNOPS (2021)

El tercer y último elemento clave para el cierre de brechas en infraestructura son las interrelaciones y sinergias que genera el ODS 9 en otros objetivos de carácter social y económico. Según Thacker et al (2019), la provisión de infraestructura puede impactar directa o indirectamente el 72% de las metas ODS, incluyendo 121 de las 169 metas definidas para el 2030. Los ODS de Agua Limpia y Saneamiento (ODS 6), Energía Asequible y No Contaminante (ODS 7) y Las Ciudades y Comunidades Sostenibles (ODS 11) son los Objetivos más impactados por el ODS 9 Industria, Innovación e Infraestructura.

Una infraestructura mal ejecutada puede tener impactos negativos en los objetivos ambientales de Vida Submarina (ODS 14), la Vida de Ecosistemas Terrestres (ODS 15) y la Acción por el Clima (ODS 13). Problemas en el diseño y ejecución de infraestructura también pueden afectar la Salud y Bienestar de las (ODS 3) y ampliar las desigualdades, afectando los objetivos de Igualdad de Género (ODS 5) y la Reducción de las Desigualdades (ODS 10). Las interrelaciones entre metas y objetivos suelen ser complejas y se superponen entre sí, por lo cual el despliegue de infraestructura puede generar múltiples efectos que deben ser considerados en el proceso de toma de decisiones.

Para el caso de Colombia, el CONPES 3918, (DNP, 2018a), definió la estrategia para la implementación de los ODS a 2030. Las metas trazadas para los sectores de infraestructura incluyen:

- Lograr la cobertura universal en el acceso a agua potable, energía eléctrica, Internet y banda ancha fija al finalizar esta década,
- La cobertura universal en el acceso a servicios de saneamiento básico adecuados y al tratamiento de manera segura para el 100% de aguas residuales urbanas domésticas,



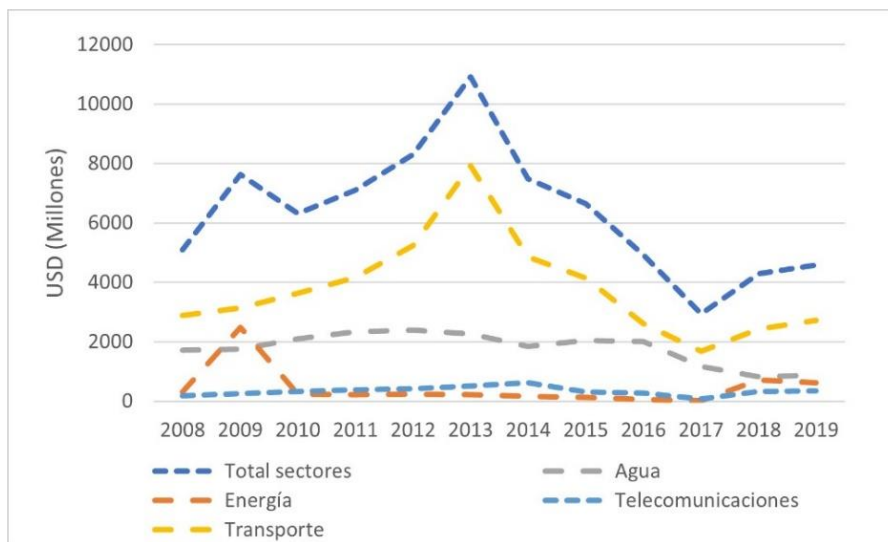
- En el caso del sector transporte la meta establecida no es clara ya que únicamente plantea el aumento de los viajes realizados diariamente en sistemas de transporte público organizados y no define metas concretas en términos de despliegue de infraestructura o accesibilidad a través de medios terrestres, aéreos ni marítimos.

En abril de 2022 se realizó una Adenda al CONPES 3918, la cual enfatiza en la necesidad de establecer un proceso sistemático de seguimiento, revisión y actualización de los indicadores durante la implementación de los ODS- En este sentido, se establece un procedimiento para la actualización del sistema de seguimiento de los ODS en la sección 5.3.1 relacionada con el esquema de seguimiento y reporte (Adenda Número 1, DNP 2022a).

### 1.3 Los sectores de infraestructura en Colombia

La participación de la inversión pública en el despliegue de infraestructura de los diferentes sectores ha sido variante en la última década. La Gráfica 5 presenta el nivel de inversión pública en infraestructura para el periodo 2008-2019, tanto para el total de los sectores, como desagregado para agua, energía, telecomunicaciones y transporte. Como se ve en la Gráfica los niveles de inversión tiene una tendencia creciente hasta 2013 y posteriormente decrece. El sector de infraestructura con mayor inversión pública es el sector de transporte, seguido por el sector de agua. Por su parte, telecomunicaciones y energía tienen la menor participación. A continuación, se analiza en detalle cada uno de los sectores.

**Gráfica 5. Inversión pública en infraestructura en Colombia**



Fuente: Infratam (2020). Elaboración propia.

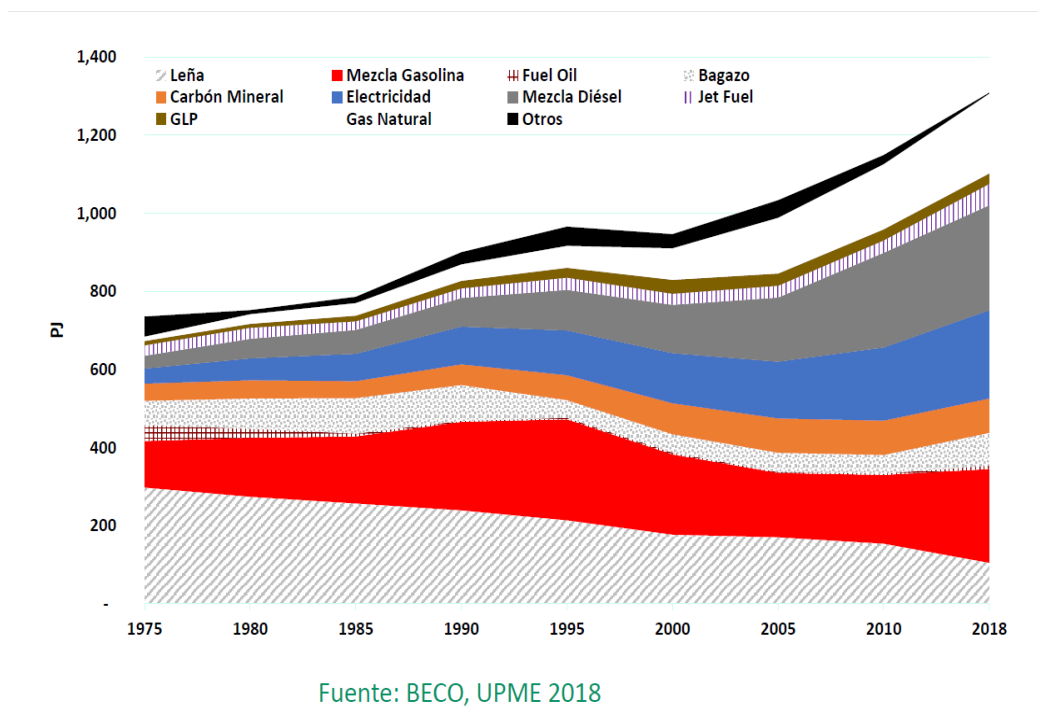
### Energía

El consumo de energía en Colombia ha venido creciendo consistentemente en las últimas décadas. El consumo total pasó de 735 PJ en el año 1975 a 1.435 PJ en 2018<sup>1</sup> y tuvo una tasa de crecimiento

<sup>1</sup> 1 PetaJulio (PJ) = 10<sup>15</sup> Julio. Otra unidad utilizada en el informe es el Exajulio (EJ): 1 EJ = 10<sup>18</sup> Julios.

anual promedio durante este periodo de 1,35%. La Gráfica 6 presenta la evolución de la canasta de energéticos primarios y secundarios de consumo final.

**Gráfica 6. Evolución de la canasta de consumo de energía en Colombia 1975 - 2018**



Fuente: BECO, UPME 2018

Fuente: Ramírez (Presentación del PEN, 2020).

Desde el descubrimiento de los campos de La Guajira en la década de 1970 empezó la masificación del consumo de *gas natural* y, posteriormente con los descubrimientos de Cusiana y Cupiagua, en Orinoquía, aumentó la oferta. Actualmente, se ha promovido el gas natural como *combustible de transición*, con expectativas de ser el combustible con mayor crecimiento proyectado, tanto en consumo intermedio como final. Lo anterior, teniendo en cuenta que es versátil, económico, tiene menores emisiones de GEI por unidad energética que otros combustibles fósiles, y unos importantes beneficios en emisiones locales para la calidad del aire.

Dentro de los energéticos primarios, el gas natural fue la que más aumentó su participación al pasar del 3% en 1975 al 16% en 2018, como resultado del Plan de Masificación de Gas Natural. El consumo de leña pasó del 41% al 8% en el mismo período, como resultado de las políticas de energización rural y la mejora del ingreso de la población en estas zonas del país. Por su parte, el carbón mantuvo una participación estable y reducida en la canasta energética nacional.

La producción de gas natural en Colombia en 2019 se repartió de la siguiente manera, medida en Millones de Pies Cúbicos Diarios (MPCD) (Bnamerica 2020): Ecopetrol (414, 51,75%); Chevron (182, 22,75%); Geoproducción (85,8, 10,73%), CNE (59,5, 7,43%) y Hocol (44, 5,5%). Desde finales de 2019, Hocol es parte de la producción de Ecopetrol. Los principales compradores de gas de 2019 fueron Gas Natural (220 MPCD), Gases del Caribe (116 MPCD), Gases de Occidente (106 MPCD), Surtigas (86,6 MMPCD) y EPM (73,8 MMPCD). El principal comprador de gas para generación

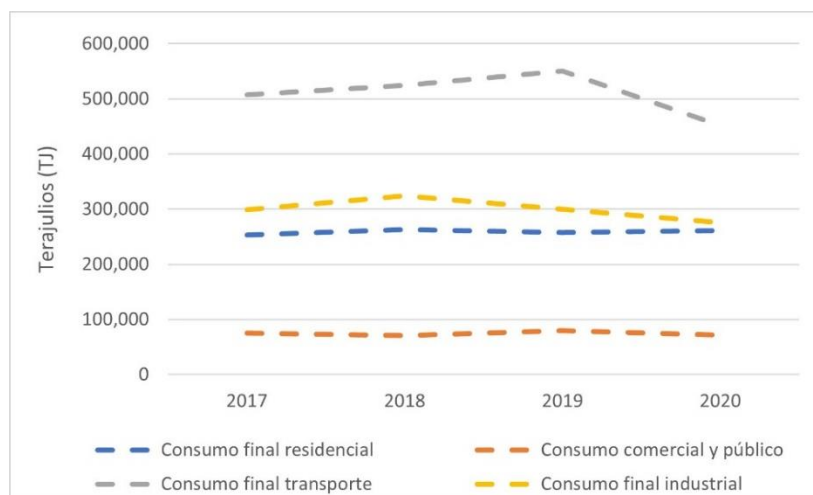
termoeléctrica fue Termobarranquilla, con una demanda de 88,6 MMPCD, seguido por Prime Termoflores (33,5 MPCD), Generadora y Comercializadora de Energía del Caribe (7,7 MPCD) y Termonorte (7,5 MPCD).

A nivel de energéticos secundarios, la participación de la electricidad y del diésel aumentó considerablemente. El primero pasó de ser el 5% de la canasta a ser el 17% (en parte por el aumento de la cobertura), y el segundo del 4% al 21% en el mismo periodo (por el aumento del consumo en transporte y la diferencia de precios relativos frente a la gasolina).

A pesar del crecimiento en las últimas décadas, el consumo energético de Colombia sigue siendo bajo en comparación con el mundo. De acuerdo con BP (2021), el país consumió 1,77 EJ en 2020, lo cual equivale al 0,31% del consumo mundial, mientras que la población de Colombia (Banco Mundial, 2021) representa el 0,65% del mundo (50,88 millones de 7.783 millones). En términos per cápita el consumo de Colombia fue de 34,7 GJ/hab, inferior al promedio de América Latina (50 GJ/hab) y es casi la mitad del promedio del consumo per cápita mundial (74,1 GJ/hab).

La Gráfica 7 presenta el comportamiento del consumo energético por sectores entre 2017 y 2020, medido en terajulios (TJ). Al observar el consumo energético, se evidencia que el sector transporte es el de mayor consumo de energía, seguido por el sector industrial, residencial y finalmente, el sector comercial y público. Adicionalmente, se encuentra que, de 2019 a 2020, se presentó una reducción en el consumo energético por parte del sector transporte (-18.0%), sector industrial (-8.0%) y sector comercial y público (-10.9%). El único sector en donde se observó crecimiento fue el sector residencial (1.2%). Lo anterior, se asume como consecuencia a los confinamientos por el COVID-19 y la subsecuente reducción de actividades en la economía colombiana.

**Gráfica 7. Comportamiento del consumo energético por sectores en 2020**



Fuente: UPME (2021). Elaboración propia.

La mayoría de la capacidad instalada de generación eléctrica de Colombia es hidráulica. A 2020 de los 17.350 MW de capacidad eléctrica, el 68% provenía de las hidroeléctricas y el 31% era producida a partir de gas natural y combustibles líquidos. La producción de energía renovable mediante

paneles solares y turbinas de viento se está impulsando mediante incentivos fiscales y tributarios y el uso de mecanismos de subastas para la asignación contratos de largo plazo. En los próximos 2 años se tiene previsto la entrada en operación comercial cerca de 2.500 MW de parques solares fotovoltaicos y eólicos (en construcción), más 5.000 MW de parques de la misma naturaleza para la demanda no regulada en 2025, y hasta 2.400 MW de capacidad hidroeléctrica (Hidroituango).

Al respecto, existe alta incertidumbre i) en el éxito del proceso de 'licencia social' para construir y operar plantas, centrales eléctricas y enlaces de transmisión de parques energéticos no convencionales en La Guajira; y ii) sobre el alcance del deterioro físico y comercial (*impairment*) de Hidroituango. En el mercado mayorista están registrados 56 generadores, 31 operadores de red y 93 comercializadores (XM, 2021). Las tres empresas más grandes en capacidad instalada de generación explican el 52% del total de MW instalados (EPM, Isagen y ENEL-EMGESA).

La integración de las energías renovables no convencionales en la producción de electricidad sigue siendo baja. Para 2015 solo el 3.3% de la producción de electricidad a partir de fuentes renovables, excluyendo la hidroeléctrica; comparado con los miembros OCDE (10.2%) y América Latina y el Caribe (7.6%) (World Bank).

En los próximos años se espera que el sector eléctrico se transforme, migrando de una arquitectura centralizada a un modelo transaccional descentralizado, en el que el balance de la producción y el consumo locales permite a los consumidores controlar su patrón de consumo, reducir su factura, y vender servicios de flexibilidad a los operadores de redes. Los recursos energéticos descentralizados (RED) son recursos flexibles conectados a las redes de baja tensión que producen electricidad o gestionan la demanda.

Esto incluye, pero no se limita a, generadores solares en techos y otros generadores distribuidos (plantas diésel pequeñas), almacenamiento de baterías, vehículos eléctricos, servicios de vehículo a la red (V2G), calentamiento solar de agua caliente, electrodomésticos inteligentes, electrificación de edificios (bombas de calor) y sistemas de gestión de energía (controladores de microrredes). Cuando el consumo per cápita y la base de clientes aumentan y existen mercados funcionales y regulaciones favorables, el valor económico de los RED crece dramáticamente, porque i) entre mayor sea el superávit transable de RED, mayor atractivo económico tendrá, y ii) la capacidad de manejar simultáneamente una gran cantidad de recursos RED permite el surgimiento de agregadores o Virtual Power Plants (VPP). Esta optimización ahorra recursos y disminuye las emisiones de CO<sub>2</sub> (Benavides, 2022).

Los nichos de mayor facilidad e importancia de implementación de proyectos en oferta y demanda de energía, durante los próximos 20 años son:

- En el lado de la oferta: las Fuentes No Convencionales de Energía Renovable (FNCR) y el hidrógeno verde y azul (H<sub>2</sub>);

- En el lado de la demanda: la electromovilidad en transporte<sup>2</sup> y la introducción de H<sub>2</sub> en transporte de carga interurbana; la eficiencia energética residencial y en edificaciones (sustitución de leña, a pesar de que no sea por secuestro de carbono; neveras; LED); la eficiencia energética en la industria (mejoras en las prácticas, gestión, cambios de carbón a gas o a electricidad).

## Transporte

El sector de transporte se divide en infraestructura física y en servicios de transporte. La infraestructura física requiere inversiones en proyectos discretos que reducen los costos generalizados de transporte al permitir menores consumos de combustibles al reducir la congestión o mejorar el desempeño de activos existentes, o al disponer de alternativas multimodales bajas en carbono para carga. Los servicios de transporte, por su parte, pueden contribuir a la descarbonización con medidas de eficiencia energética con o sin cambio de vehículo y de tecnología, promoción del transporte colectivo y masivo, y promoción de modos no motorizados de transporte, entre otras medidas.

El subsector de infraestructura física se divide en los modos carretero, férreo, aéreo, marítimo y fluvial. Colombia tiene 206.627 Km de carreteras, de las cuales 19.206 Km son vías primarias (10.730 Km a cargo del INVÍAS y 8.476 Km concesionados a cargo de la ANI) (Ministerio de Transporte, 2019). De los 10.730 Km de vías primarias a cargo del INVÍAS, el 85% está pavimentado y el 15 % está en afirmado. En 2018, Colombia contó con 1.734 Km de red férrea a cargo del INVÍAS y 1.610 Km a cargo de la ANI. Parte de esta red presenta problemas de articulación en grandes segmentos de su longitud por la falta de mantenimiento, rehabilitación y mejoramiento.

Colombia cuenta con 590 aeropuertos y campos de aterrizaje (74 de propiedad de Aerocivil, 14 de los departamentos, 94 municipales, 9 militares, 185 fumigación y 214 privados). Colombia dispone de 10 zonas portuarias marítimas, 8 de ellas en la costa Caribe: La Guajira, Santa Marta, Ciénaga, Barranquilla, Cartagena, Golfo de Morrosquillo, Urabá y San Andrés; y 2 en el Pacífico: Buenaventura y Tumaco. La principal vía fluvial es el río Magdalena, que podría transportar una fracción de carga de alto volumen y peso entre el interior y la costa Caribe.

La actualización del Plan Maestro de Transporte Intermodal (PMTI) en 2022 está organizando una cartera que multiplica las inversiones en los modos fluvial y ferroviario, e integra criterios de eficiencia para la Red Básica (que conecta el Sistema de Ciudades, puertos y pasos fronterizos), equidad (para la Red de Integración (que provee acceso de transporte de regiones apartadas y con problemas de pobreza multidimensional y/o violencia), resiliencia (para aumentar la confiabilidad y continuidad del servicio en corredores y nodos críticos de la Red Básica) y tecnología (para digitalizar la gestión de los corredores de los nodos principales de la Red Básica).

---

<sup>2</sup> El principal cuello de botella en el cambio de flota en transporte de carga es su organización industrial (predominan los propietarios de 1-2 pequeños camiones con ingresos bajos e inciertos, lo que impide que sean sujetos de crédito).

Según la Política Nacional Logística, si se invirtiera en la navegabilidad del río Magdalena y Canal del Dique, los costos de transportar un contenedor desde Bogotá hacia la costa Caribe caerían en 50,4%. Así mismo, la intervención del tren Dorada-Chiriguaná y Bogotá-Belencito disminuirá estos costos en 31,7% y los tiempos de transporte en 23,5% (Departamento Nacional de Planeación, 2021). El aumento de las inversiones y flujos de carga en los modos fluvial y férreo, y de las conexiones eficientes de estos modos con los puertos marítimos y los modos carretero y aéreo son una fuente importante de reducción de emisiones en movilización de carga, y de aumento de la competitividad del país.

El puerto de Buenaventura es el puerto marítimo más grande de Colombia. Tiene una ubicación estratégica sobre el Océano Pacífico, equidistante de las principales rutas marítimas mundiales y muy cerca del Canal de Panamá. En 2018, el Puerto de Buenaventura movilizó 1.369.139 TEU (el puesto 12 en la lista de actividad portuaria de América Latina y el Caribe). Los tres puertos que operan en Buenaventura-Colombia, tienen capacidad para manejar carga de 2.950.000 TEU por año, de los cuales 1.800.000 son aportados por la Sociedad Portuaria Regional de Buenaventura (SPB), 450.000 por el puerto de Agua Dulce y 500.000 por TCBUEN.

De acuerdo con Castro et al (2016), existe “desorganización en los procesos internos del manejo del puerto de Buenaventura, el cual, en definitiva, no cuenta con la suficiente capacidad de recepción y despacho de mercancías, lo que genera un aumento en tiempo y en los costos operacionales en los procesos de exportación e importación. El puerto de Buenaventura está por debajo del nivel infraestructural del puerto de Cartagena.” La inversión en un sistema de comunidad portuaria (PCS) para Buenaventura sería de alta rentabilidad para la región y país.

Los proyectos de infraestructura se pueden financiar, construir y operar con dos modelos básicos: obra pública, o mediante Alianzas Público-Privadas (APP). En la actualidad, INVÍAS está a cargo de los proyectos de obra pública y la ANI de los proyectos de concesiones. La decisión de realizar un proyecto por uno u otro modelo depende de un análisis de valor por dinero (*value for money*). En un proyecto con riesgos bien asignados, es usual que los mayores costos de financiación de un privado sean inferiores a las ganancias de los usuarios en calidad y seguridad. El borrador de Conpes 5G documenta que, en los últimos 25 años se han estructurado y concesionado como APP un total de 56 proyectos viales, 16 aeropuertos, 61 concesiones portuarias y 2 concesiones férreas.

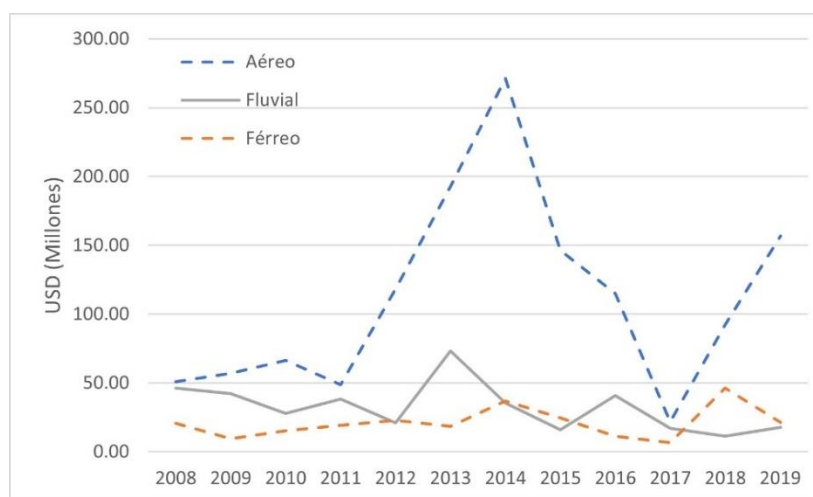
Para la estructuración de APP a partir de la 4G se acogió la metodología de *project finance* (sin recurso al balance del patrocinador y con exigencias mínimas patrimoniales), asignación explícita de todos los riesgos de acuerdo con las prácticas internacionales, diseños en etapas más avanzadas que en las generaciones pasadas de APPs, pagos por disponibilidad y calidad del servicio, y gestión fiduciaria vinculada a unidades funcionales.

Colombia tiene reconocimiento internacional por sus avances en APP: ocupó el primer lugar a nivel latinoamericano y del Caribe en 2018, y el segundo en 2019 en el puntaje de InfraScopio, herramienta del BID que evalúa la capacidad de los países de América Latina y el Caribe para desarrollar APP en infraestructuras sostenibles. En el ranking del Banco Mundial, Colombia ocupó el tercer puesto a nivel mundial en 2018. El Banco Mundial destaca que los resultados alcanzados por

el país son una consecuencia directa del avance institucional con la creación de la ANI, la Financiera de Desarrollo Nacional (FDN) y de la Comisión Intersectorial de Infraestructura, así como la expedición de normas que facilitaron la estructuración e implementación del programa de Cuarta Generación de Concesiones Viales.

De acuerdo con cifras de Infratam, las carreteras tuvieron el 95% de las inversiones públicas del sector transporte, con una inversión anual promedio de US 3,620 millones de dólares. A pesar de que el Plan Maestro de Transporte tenga la denominación de intermodalidad, incluso después del 2015, año de publicación del PMTI, la tendencia hacia las inversiones en el sector carretero es pronunciada. La Gráfica 8 ilustra las inversiones públicas en los modos de transporte aéreo, fluvial y férreo. Allí, se observa que, después de las carreteras, el sector aéreo recibe la mayor inversión, seguido de fluvial, y finalmente el férreo.

**Gráfica 8. Inversión pública en el sector transporte**



Fuente: Infratam (2020). Elaboración propia.

El subsector de servicios de transporte incluye el transporte de carga y de pasajeros en todos los modos. Los nichos de transporte terrestre de pasajeros incluyen los sistemas de transporte público colectivo y masivo, los taxis, las flotas privadas de las firmas, los vehículos de los individuos (carros y motos), y los camiones y vehículos de carga por cuenta propia.

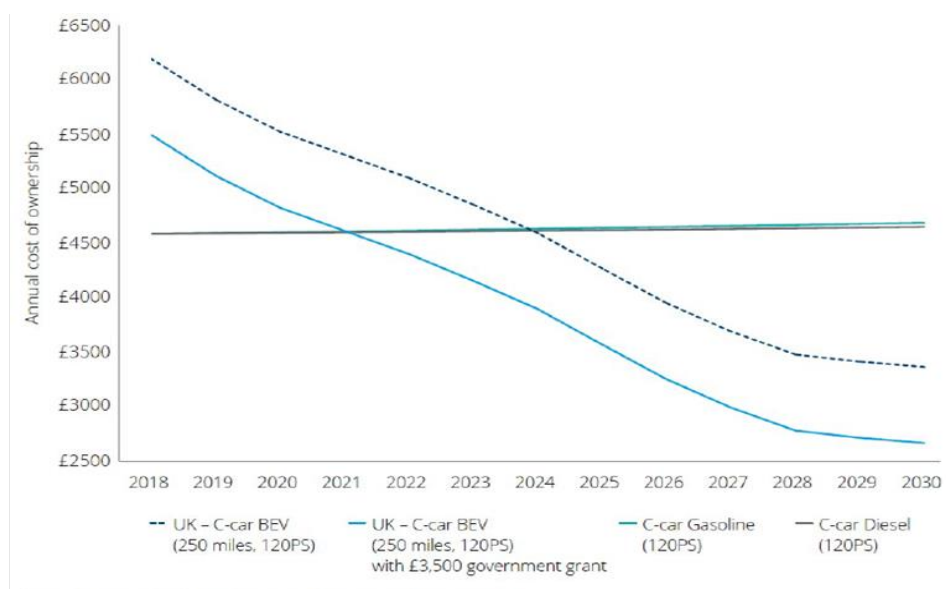
La tasa de motorización (vehículos /1.000 hab) a nivel mundial está relacionada con el PIB/cápita (Our World in Data, 2020). En general, los países de mayor PIB per cápita tienen una tasa superior a 400 vehículos por cada 1.000 habitantes. La tasa de motorización de Colombia (sin motos) es 200 vehículos por cada mil habitantes.

El sector transporte tiene un impacto significativo en la emisión de gases de efecto invernadero. El transporte terrestre aporta el 14.3% de las emisiones nacionales de GEI (Zona Logística, 2020). Asimismo, de acuerdo con Greenpeace, el 60% de las emisiones en Bogotá, se generan por fuentes móviles como carros, buses y camiones, y el 80% de las partículas PM2.5 son generadas por los vehículos (Greenpeace, 2021).

Una de las principales apuestas del subsector de servicios de transporte es la adopción de vehículos eléctricos. Sin embargo, este proceso no es inmediato y requiere de un proceso gradual. Para avanzar en el servicio de transporte eléctrico el país tiene contemplado avanzar en dos fases:

- La primera fase se caracteriza por altos costos iniciales por kilómetro, bajo rango de distancia por carga y largos tiempos de recarga de batería. Durante esta fase, la adopción se realiza por individuos con ingresos altos y en pilotos de transporte público urbano.
- La segunda fase se debería iniciar en 2024, cuando el costo anual de propiedad de los vehículos eléctricos sea más bajo que el costo correspondiente de vehículos de combustión interna<sup>3</sup>. Las ganancias de eficiencia se extenderán hacia los vehículos de transporte de carga e interurbano. Esto eliminará la necesidad de subsidios públicos a la electromovilidad de todo tipo en todos los países. La Gráfica 9 muestra la evolución y la proyección del costo anual de propiedad de diferentes vehículos en el Reino Unido.

**Gráfica 9. Evolución y pronóstico del costo anual de propiedad en UK**



Fuente: IEA (2020).

El acervo de vehículos eléctricos en el mundo en 2019 es un poco más de 7 millones. El porcentaje actual de vehículos eléctricos sobre el total de vehículos refleja la combinación de apoyos fiscales a los vehículos eléctricos, ingreso/cápita, y preferencias ciudadanas. Mientras que, en 2019, países como Noruega tienen un 55% de vehículos eléctricos, los líderes de América Latina y el Caribe (Chile y México) tienen porcentajes de penetración eléctrica inferiores al 1% dentro del total de vehículos en circulación.

<sup>3</sup> ICE, por sus siglas en inglés (Internal Combustion Engine).



La Ley 1964 de 2019 creó incentivos para el transporte eléctrico público y privado. Esta Ley reduce los impuestos a la compra de vehículos eléctricos, elimina el impuesto al valor agregado para el transporte público y reduce este mismo impuesto del 19% al 5% para los vehículos eléctricos privados. Las baterías para vehículos híbridos y eléctricos tendrán un arancel de importación del 0% de hasta 2027 y posteriormente se incrementará al 5%.

Colombia espera tener 600 mil vehículos eléctricos en 2030 y tener una flota de transporte público 100% cero emisiones para 2035. En noviembre de 2019, Bogotá permitió la entrada de 379 nuevos buses eléctricos en su sistema de transporte público. En 2019, Medellín introdujo 64 buses eléctricos en su sistema de transporte urbano. La flota eléctrica de buses en Bogotá es de 1.485 (julio de 2022), entre buses zonales y alimentadores, lo cual representa el 13.55% de la flota total en la principal ciudad del país, y se convierte en la ciudad con mayor flota eléctrica en el mundo, fuera de China.

Según datos del Runt, hasta abril de 2022, el parque automotor acumulado registrado a nivel nacional es de 17.37 millones de vehículos, los cuales son en un 60% motos, 39% vehículos (automóvil, camioneta, camión, bus, buseta, entre otros) y 1% corresponde a maquinaria, remolques y semirremolques (RUNT, 2022). Con relación al parque automotor de carga, la edad promedio de los vehículos es de 23 años, el 79% utiliza Diesel, el 19% gasolina y el 2% otros tipos (UPME, 2020).

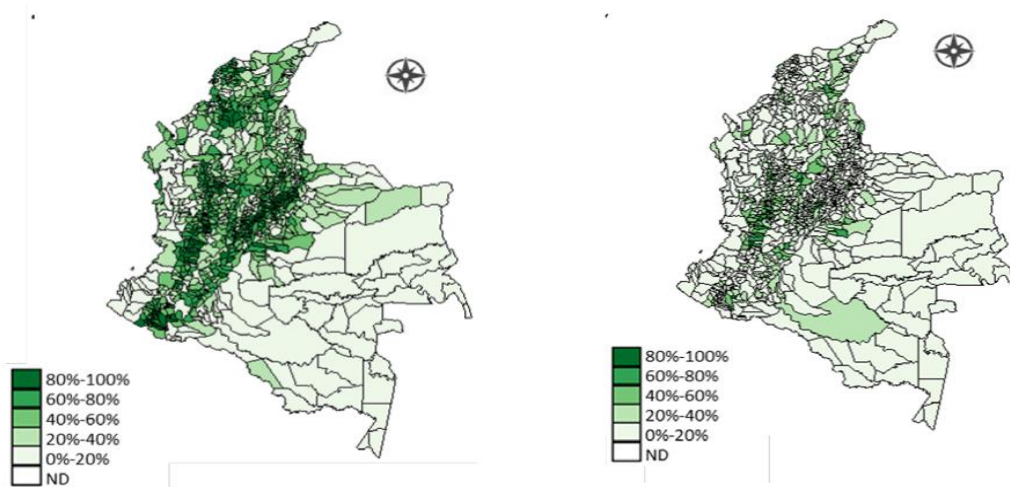
En algunos sectores de infraestructura (sobre todo en infraestructura vial), Colombia ha avanzado en la definición de protocolos de diseño y gestión de activos para gestionar los impactos del cambio climático. Adicionalmente, la CAF ha publicado la Guía de buenas prácticas para la adaptación de las carreteras al clima (CAF 2018), que contiene ejemplos, acciones y medidas de buenas prácticas que pueden ser de utilidad para aplicar a los proyectos de carreteras. El documento contempla tanto las carreteras de nueva construcción como la red de carreteras en servicio y propone medidas de adaptación desde la planificación estratégica, que supone la creación de un marco apropiado a nivel institucional, legal y social que permita la implantación de las medidas de adaptación; y las medidas específicas para su aplicación a los proyectos.

### **Agua y saneamiento**

Según el Ministerio de Vivienda el 93% de los colombianos cuenta con acceso a agua potable. A pesar de que 45.5 millones tienen garantizado el acceso, aún persiste una brecha entre la cobertura urbana y rural (Ministerio de Vivienda, 2021). La

Gráfica **10** muestra la cobertura de acueducto y alcantarillado rural en Colombia y evidencia la falta de acceso al servicio particularmente en la periferia del país.

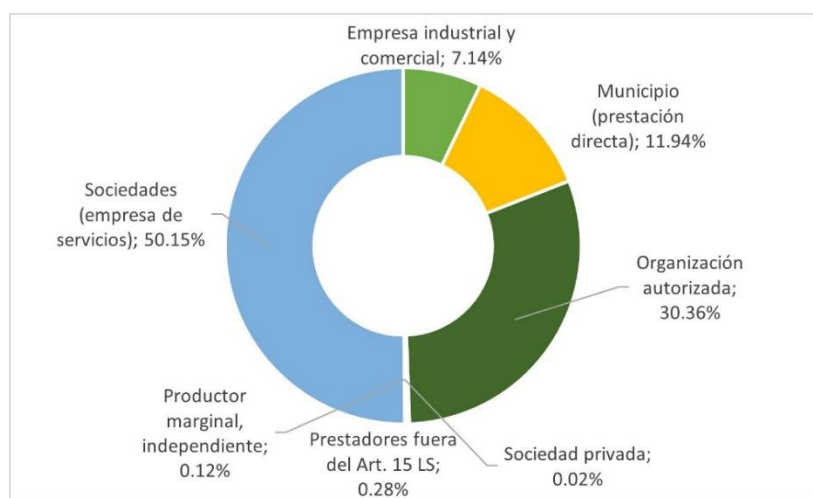
**Gráfica 10. Cobertura rural en acueducto y alcantarillado**  
**(a) Acueducto rural** **(b) Alcantarillado rural**



Fuente: Plan Nacional Sectorial. Agua potable y saneamiento básico (2021).

En Colombia, la prestación del servicio de agua potable y alcantarillado se encuentra a cargo de los municipios. De acuerdo con el Registro Único de Prestadores de Servicios Públicos-RUPS, existen 9,327 empresas prestadoras de servicios públicos, de las cuales 3,152 son de acueducto (33.79%), 1,373 de alcantarillado (14.72%) y 4,269 son de aseo (45.77%). La mayoría de los prestadores de estos servicios son sociedades, o empresas de servicios (50.1%), seguido de organizaciones autorizadas (30.3%) y la prestación directa del servicio por parte del municipio (11.9%) (ver Gráfica 11).

**Gráfica 11. Tipo de prestador de servicios para los sectores de agua, alcantarillado y aseo**



Fuente: Registro Único de Prestadores de Servicios Públicos (2021). Elaboración propia.

Las metodologías utilizadas para el cálculo tarifario del servicio de agua potable y saneamiento fueron establecidas por la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico – CRA.

Existen dos regulaciones aplicables: la Resolución CRA 688 de 2014 para prestadores con más de 5.000 suscriptores en el área urbana y la Resolución CRA 825 de 2017 para prestadores de menos de 5.000 suscriptores en área urbana y prestadores de servicio en el área rural. Se consideró necesario establecer una regulación distinta de acuerdo con el número de suscriptores y para el área rural, dada la identificación de problemáticas relacionadas con la gran dispersión en los prestadores, la baja capacidad de pago de las comunidades, la información deficiente, el cobro distinto al establecido en el marco tarifario, las deseconomías de escala y la baja capacidad técnica (Resolución CRA 825 de 2017).

La tarifa tiene en cuenta un cargo fijo y un cargo por consumo. El cargo fijo corresponde al Costo Medio de Administración del servicio y el cargo por consumo tiene en cuenta el Costo Medio de Operación, el Costo Medio de Inversión y el Costo Medio Generado por Tasas Ambientales. La metodología correspondiente a cada uno de los rubros difiere de acuerdo con el tamaño del prestador definido en ambas resoluciones.

En Colombia se otorgan dos tipos de subsidio para el pago del servicio de agua y alcantarillado en pro de la población más vulnerable: subsidios cruzados y directos. En los subsidios cruzados, existen suscriptores sujetos a contribución, o sobreprecio, que financian la reducción en la tarifa de los usuarios vulnerables. Los subsidios directos corresponden al valor cubierto por la municipalidad cuando las contribuciones o sobreprecios son insuficientes para cubrir el subsidio entregado (CEPAL, 2021). Para el sector rural, se subsidia hasta \$12,400 pesos mensuales en la tarifa por vivienda conectada, deducible de la factura (Ministerio de Vivienda, 2020). Mientras que, por ejemplo, en el caso de Bogotá, se otorga subsidio al agua para los estratos 1, 2 y 3. Así, el estrato 1 recibe un cubrimiento del 70% del uso, el estrato 2 recibe un subsidio de 40% y el estrato 3 de 15% (Consejo de Bogotá, 2021). De acuerdo con el Plan Director de Agua y Saneamiento Básico, actualmente se tramita un Proyecto de Ley para modificar la asignación de los subsidios en servicios públicos, por lo que el subsidio al agua podría aumentar en 1.3 veces el valor a los más necesitados (Ministerio de Vivienda, 2018).

Con base a lo anterior, la CRA solicitó una consultoría con el objetivo de “proponer medidas regulatorias para el Costo Medio de Inversión como insumo para la cuarta etapa regulatoria en los servicios públicos domiciliarios de acueducto y alcantarillado”. En este, se concluyó que, pese a las políticas tarifarias implementadas, se presentan brechas de continuidad en el servicio y en materia de cobertura en alcantarillado y tratamiento de aguas residuales.

Los ajustes por realizar deben enfocarse en utilizar el año fiscal y no el tarifario para las proyecciones del plan de obras e inversiones regulado (POIR), revisar los mecanismos de valoración e inclusión de activos en la Base de Capital Regulado (BCR), precisar entre “depreciación” o “amortización” versus la vida útil del activo para el cálculo de la recuperación del capital, revisar las condiciones y los criterios empleados para la inclusión de las obras del POIR en la tarifa, revisar los mecanismos de incentivos a la planeación y ejecución de las obras y verificar la tasa de descuento del sector (CRA, 2021).

Según el CONPES 3810 de 2014, los problemas más relevantes en el suministro de agua potable y saneamiento básico son: i) los bajos niveles de articulación entre el gobierno nacional, regional y local; ii) la normatividad enfocada hacia el área urbana, sin especificidades para el contexto rural; iii) baja capacidad institucional, técnica y presupuestaria para la ruralidad; iv) multiplicidad de prestadores de servicios, con alta tasa de informalidad; y v) baja gestión ambiental, que dificulta el suministro de los servicios.

Como se observa, Colombia posee una gran cantidad de prestadores de servicio de agua y alcantarillado, lo que conlleva a ineficiencias en la prestación del servicio y problemas en la calidad de este. Es por esto que se ha empezado a buscar alternativas como la regionalización del servicio, pues con prestadores encargados de atender un mercado mayor, se pueden reducir costos y ofrecer mejores niveles de calidad a los usuarios (Departamento Nacional de Planeación, 2020). De acuerdo con la CEPAL, los factores que conllevan a la agregación se relacionan con la búsqueda de mayor eficiencia a través de aprovechamiento de economías de escala, el acceso a los recursos de agua y el manejo integrado de los recursos hídricos, la búsqueda de mayor capacidad profesional y personal más calificado, acceso al financiamiento o a la participación del capital privado, así como poder compartir los costos entre áreas de servicio de mayores costos con otras de menores costos (CEPAL, 2010b).

A continuación, se presenta la experiencia de dos países que cuentan con un esquema regionalizado en el sector de agua potable y saneamiento.

**Países Bajos.** El sector de agua potable y saneamiento de Países Bajos posee un esquema de regionalización con desintegración vertical, es decir, manejo separado, entre agua potable, alcantarillado y tratamiento de aguas residuales. La prestación de agua potable se realiza mediante 10 empresas públicas regionales, el alcantarillado se basa en un esquema descentralizado a nivel municipal, y el tratamiento de aguas residuales se realiza mediante 27 autoridades de agua. No obstante, es un esquema relativamente nuevo para el país, teniendo en cuenta que en 1850 había 3.500 operadores de servicio, en 1953 existían 2.500 y en 1990 disminuyeron a 130. La regionalización del servicio de agua potable y saneamiento, y su desintegración vertical son resultado de una política persistente durante los últimos 70 años. En 1957 inició el proceso de transformación mediante la Ley Nacional de Agua, en donde se otorgó a las provincias la responsabilidad de organizar el sector. Posteriormente, las enmiendas de 1971 y 1975 robustecieron el poder de las provincias en la administración del sector de agua. Durante ese periodo, se realizaron diversas evaluaciones que concluyeron que un prestador de servicios empezaba a ser eficiente con al menos 50 a 100 mil conexiones. Durante los años ochenta el país preparó los planes regionales de reorganización sectorial, para iniciar la implementación de las fusiones y consolidaciones voluntarias de los operadores en los años noventa y conseguir la estructura actual en 2005 (CEPAL, 2010).

**Argentina.** Argentina cuenta con regionalización del agua en la Provincia de Buenos Aires, la cual está compuesta por cinco regiones: Capital, Norte, Oeste, Este y Sur, de acuerdo con el Marco Regulatorio para la Prestación de los Servicios de Agua Potable y Desagües Cloacales en la Provincia de Buenos Aires. Lo anterior, se realiza con base en dos ejes: i) la regionalización como escala óptima para la integralidad de las políticas de servicios públicos y ii) la reestructuración administrativa de las funciones estratégicas y operativas. La implementación de la regionalización provincial permite fortalecer el rol del Estado a nivel local y regional, obtener calidad, eficiencia e igualdad, agrupar la gestión y uso de recursos y generar una complementariedad institucional y operativa. Así mismo, permite homogeneizar la prestación del servicio, trasladando agua desde zonas con mayor abundancia y calidad hacia otras con escasez o baja calidad (Solfa y González, 2013).

En Colombia, durante el presente año se llevó a cabo una consultoría para la estructuración de un esquema regional de prestación de los servicios públicos de acueducto y alcantarillado en los departamentos de Córdoba y Montería (CAF, 2022a). Allí se seleccionó un esquema que consiste en la conformación de una empresa regional con participación de los municipios de La Apartada, Buenavista, Pueblonuevo, Los Córdoba, Canalete, Puerto Escondido, Tierralta, Planeta Rica y Montería, en asocio con Aguas de Córdoba S.A. E.S.P. para la prestación del servicio de acueducto y alcantarillado en cada uno de los municipios.

La regionalización del servicio permitirá ejecutar los planes de obra e inversión definidos para cada municipio, que se enfocan principalmente en la ampliación de la cobertura de redes de acueducto, la optimización del sistema de pozos profundos, la optimización de los tanques de almacenamiento existentes, la optimización, suministro e instalación de las redes de distribución, la implementación de macromedición y micromedidores, optimización y la ampliación de la cobertura de los sistemas de redes de recolección de aguas residuales, entre otros. Con esto, se proponen cumplir metas de cobertura, tratamiento, cumplimiento del Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos en todos los municipios para los siguientes 10 años. La inversión requerida para el inicio del sistema de prestación regional es de aproximadamente \$920 millones de pesos colombianos y costos operativos generales del acueducto de \$620 millones de pesos anuales (CAF, 2022a).

## **Residuos**

Para el sector de residuos, existen indicadores como la tasa de aprovechamiento<sup>4</sup> y la tasa de reciclaje<sup>5</sup>, los cuales reflejaron niveles respectivos de 49,4% y 11,8% para el 2019. Lo anterior, fue equivalente a 13,1 millones de toneladas aprovechadas, de las cuales 3,1 millones correspondieron

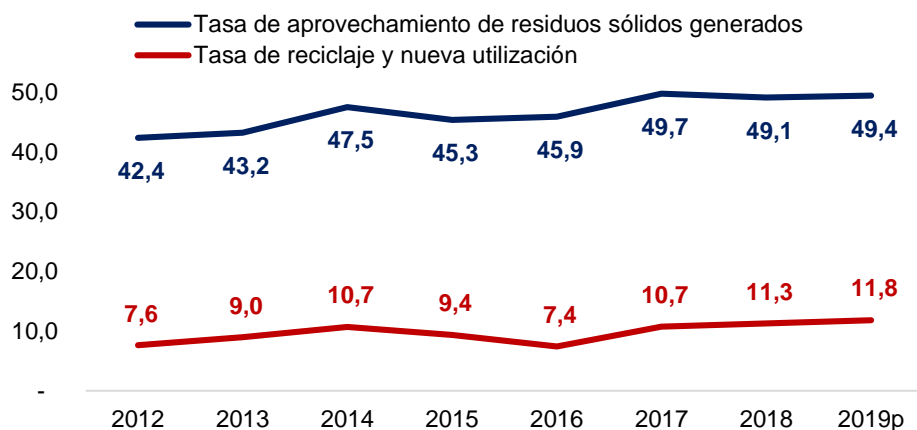
---

<sup>4</sup> Corresponde a la razón entre los residuos sólidos y productos residuales aprovechados, y la oferta total de residuos y productos residuales. Los residuos sólidos y productos residuales aprovechados resultan de la sumatoria de los materiales aprovechados en procesos de cogeneración de energía y otros aprovechamientos, del reciclaje y nueva utilización, y del total de productos residuales. Los productos residuales son todos aquellos materiales que pierden valor de uso para su generador y que son intercambiados a través de una transacción monetaria. La oferta total de residuos y productos residuales equivale a la sumatoria de la producción y las importaciones de residuos sólidos y productos residuales.

<sup>5</sup> Corresponde a la razón entre los residuos sólidos utilizados en reciclaje y la oferta total de residuos y productos residuales.

a material recuperado a través del proceso de reciclaje. A nivel histórico, la tasa de reciclaje se encuentra en el nivel más alto desde que se tienen datos, mientras que la tasa de aprovechamiento se encuentra 0,3 pps por encima de lo observado en 2018. (Gráfica 12).

**Gráfica 12. Tasa de aprovechamiento de residuos sólidos generados y tasa de reciclaje y nueva utilización**



Fuente: DANE.

En 2019, la oferta de residuos sólidos y productos residuales derivado de los distintos procesos de producción y consumo a nivel nacional ascendió a 26,5 millones de toneladas, dentro de las cuales un 53,6% correspondió a desechos de las actividades económicas e importaciones y un 46,4% a materiales provenientes de los hogares. Analizando la oferta total de residuos por tipo de material, los desechos mixtos y comerciales (44,6%) y de tipo animal o vegetal (36,7%) son los que registran una mayor proporción del total (

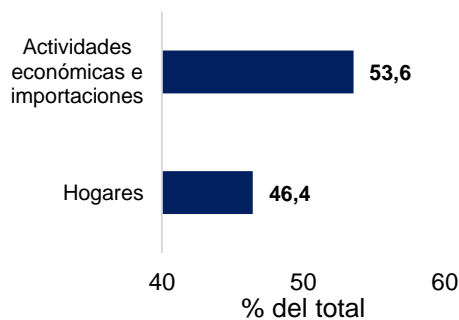
Gráfica 13).

**Gráfica 13. Oferta de residuos y productos residuales\***

**Panel A. Oferta de residuos y productos residuales según tipo de material en 2019**



**Panel B. Oferta de residuos y productos residuales según origen en 2019**

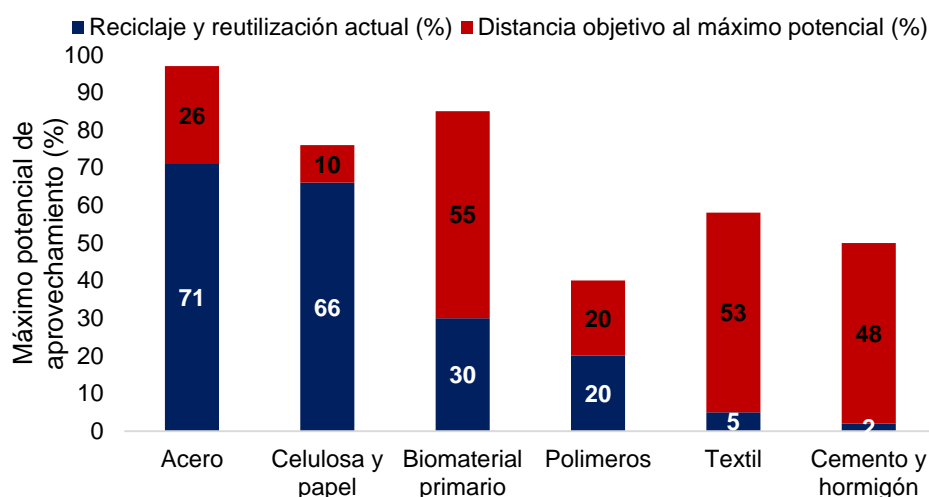


Fuente: DANE.

Nota: \*Los productos residuales son todos aquellos materiales que pierden valor de uso para su generador y que son intercambiados a través de una transacción monetaria.

A nivel nacional existen brechas significativas si se comparan las tasas de reciclaje actuales y las potenciales (máximo referente a nivel mundial). Según el documento CONPES 3934 se encontró que en el país hay insuficiente recuperación y retorno de materiales desde la etapa de post-consumo a los procesos manufactureros, con tasas totales de reciclaje de 2 % para materiales de construcción, 20 % para poliméricos (plásticos), 30 % para biomaterial primario, 66% para celulósicos (papel y cartón) y 71 % para acero, frente a unos potenciales de tasa máxima de reciclaje del 50 %, 40 %, 85 %, 76 % y 98 %, respectivamente (DNP, 2018b); (ver Gráfica 14).

**Gráfica 14. Brechas en reciclaje y reutilización de materiales en Colombia frente a referentes internacionales**



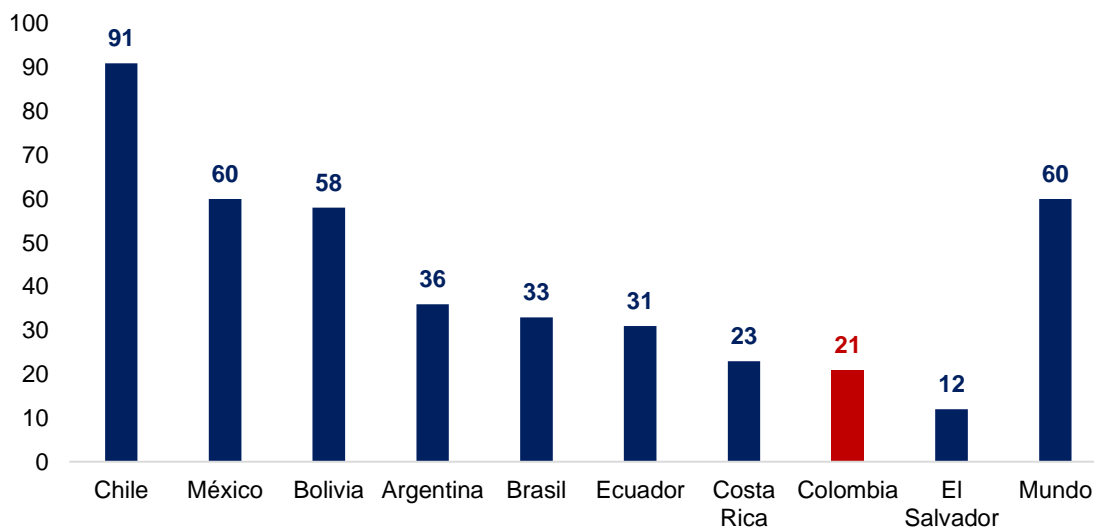
Fuente: DNP (2020).

Nota: Se realizó el análisis de la distancia al objetivo de máximo potencial de reincorporación de materiales reciclados, a partir de los datos reportados por entidades, gremios y académicos en el país y que, complementados con experiencias internacionales, permiten la estimación tanto de las tasas actuales, como de las tasas máximas de reciclaje para cada uno de los materiales priorizados en el estudio.

Si se considera el porcentaje de tratamiento de aguas residuales en América Latina en 2020 (proporción de agua residual que si recibe un tratamiento respecto al total de agua residual), Colombia registra un nivel de 21%, el cual es significativamente inferior al de la mayoría de los países de la región y el mundo (60%). A pesar de esto, nos encontramos en una mejor condición que El Salvador, como lo muestra la Gráfica 15.



**Gráfica 15. Porcentaje de Tratamiento de aguas residuales en América Latina**

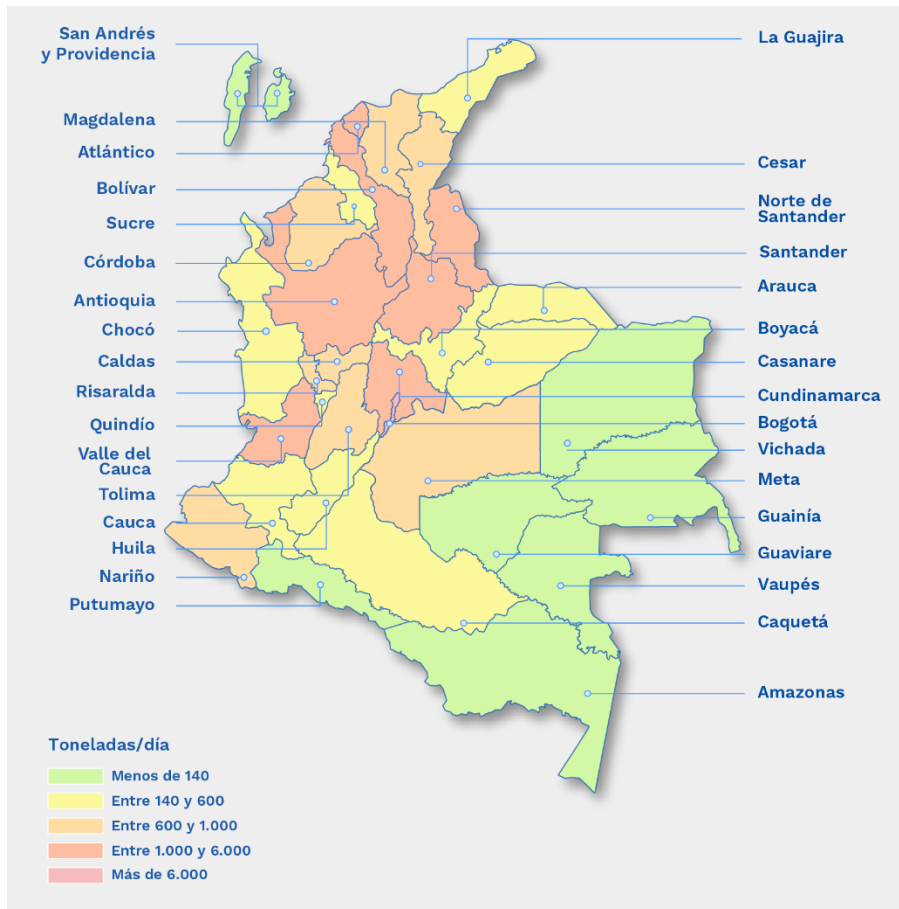


Fuente: UNSTATS (2020).

Nota: a partir de información de SSPD (2017), Agencia Nacional de Aguas de Brasil (2020), Superintendencia de Servicios Sanitarios de Chile (2020), Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de Argentina (2017), Vitalis (2020), Iagua (2018), y Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento de Perú (2017).

La Gráfica 16 presenta el promedio diario de disposición de residuos sólidos por departamento en la técnica de relleno sanitario. En el extremo superior se encuentra Bogotá, con más de 6.000 toneladas al día; seguido por Cundinamarca, Valle del Cauca, Antioquia, Santander, Norte de Santander, Bolívar y Atlántico con un promedio diario entre 1.000 y 6.000 toneladas. Por su parte, los departamentos con menor cantidad de residuos son San Andrés y Providencia, Vichada, Guainía, Guaviare, Vaupés, Putumayo y Amazonas, con menos de 140 toneladas al día.

**Gráfica 16. Promedio diario de residuos recolectados por departamento**



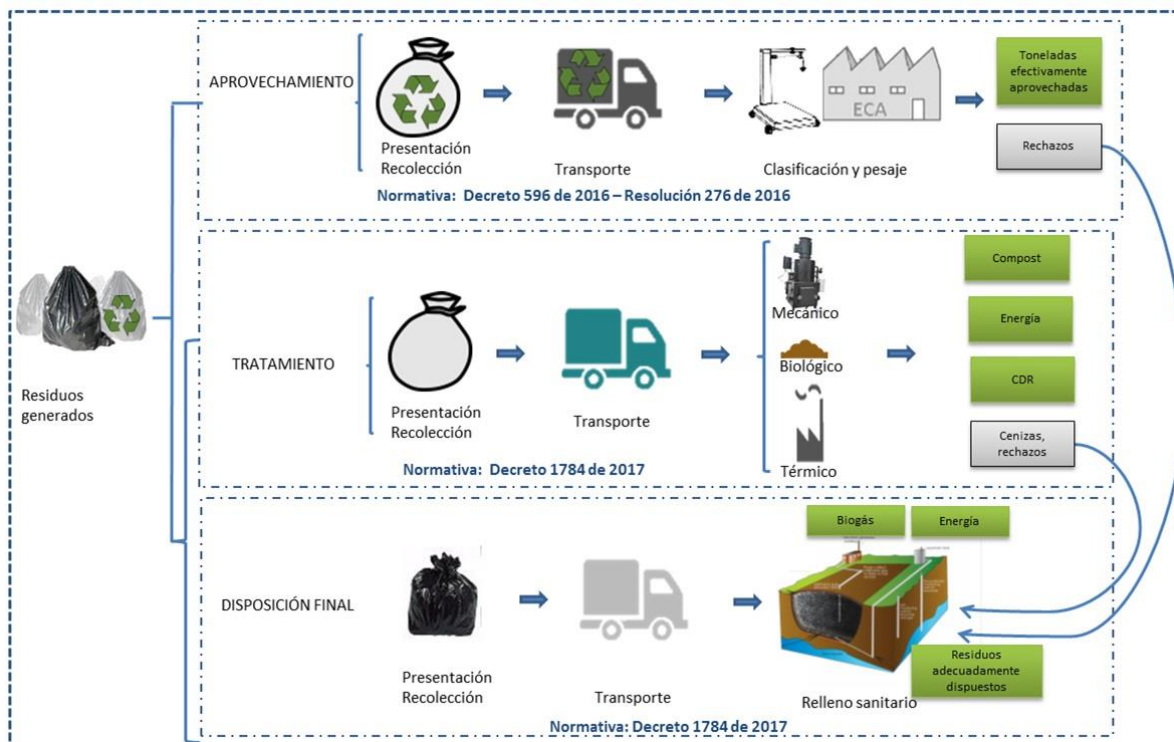
Fuente: Ministerio de Vivienda (2020).

La Gráfica 17 presenta el esquema completo de aprovechamiento, tratamiento y disposición final de los residuos generados. Para el aprovechamiento, el Decreto 596 de 2016 y la Resolución 276 de 2016 se reglamentan los lineamientos para la actividad de aprovechamiento del servicio público de aseo y del régimen transitorio para la formalización de los recicladores de oficio. En él se definen las orientaciones para las personas prestadoras de la actividad de aprovechamiento y las estaciones de clasificación y aprovechamiento (ECA), las mediciones y balance de masas y los materiales de rechazos.

El Decreto 1784 de 2017 propone actividades complementarias de tratamiento y disposición final de residuos sólidos en el servicio público de aseo, elementos inexistentes en el Decreto Único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio – Decreto 1077 de 2015. En este, se otorga responsabilidad a las Entidades Territoriales en la prestación del servicio; no obstante, propone la regionalización de sistemas de disposición final de residuos sólidos, en la medida en que las condiciones ambientales, topográficas, viales y de distancia lo permitan. En términos del tratamiento, se incluyen las técnicas de tratamiento mecánico, biológico y térmico para obtener compost, energía o combustibles derivados de residuos. De igual forma, para la disposición final se

establecen los criterios para el diseño de nuevos rellenos sanitarios o ampliación de los existentes, los criterios de operación y el uso futuro de los mismos.

**Gráfica 17. Esquema completo de aprovechamiento, tratamiento y disposición final de los residuos**



Fuente: Ministerio de Vivienda (2020).

De acuerdo con las Resoluciones CRA 720 de 2015 y CRA 853 de 2018, la tarifa del servicio tiene en cuenta los costos fijos (de comercialización, de referencia para limpieza urbana y de barrido y limpieza de vías y áreas públicas), el costo variable por tonelada de residuos sólidos no aprovechables y el costo variable por tonelada de residuos sólidos efectivamente aprovechados. Pese a la estructuración del esquema completo de aprovechamiento, tratamiento y disposición final de los residuos, de acuerdo con la Misión de Crecimiento Verde del Departamento Nacional de Planeación, cerca del 40% de los residuos que terminan en los rellenos sanitarios podrían ser aprovechables, por lo que es esencial diseñar estrategias para la gestión y utilización de todos los residuos generados que sean aprovechables.

Los residuos peligrosos comprenden los residuos con características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables, infecciosas y radioactivas (Ministerio de Ambiente, 2015). De acuerdo con datos oficiales del Convenio de Basilea, para 2016, Colombia generó 406,078 toneladas de residuos o desechos peligrosos. Los países con mayor generación de residuos peligrosos fueron Rusia (5,441 millones de toneladas) y China (53.5 millones de toneladas). No obstante, en la región, Colombia genera 3.8 veces más residuos que Perú y 4.11 veces más que México. Las principales

corrientes de generación de residuos peligrosos son las emulsiones de aceite y agua (51.13%), los desechos clínicos (9.49%) y los desechos de aceites minerales (7.02%). Por su parte, las principales actividades económicas de las empresas generadoras de residuos peligrosos son extracción de petróleo crudo (19.70%), sector salud (5.71%) y fabricación de productos de petróleo (1.37%) (IDEAM, 2018).

Dados los riesgos que conllevan los residuos peligrosos, en 2005, el Ministerio de Ambiente estableció una política ambiental para la gestión integral de los residuos o desechos peligrosos. En 2019 se realizó una evaluación de implementación de la política y, con base en ello, se realizó la actualización de la política y se estableció un plan de acción para 2022 – 2030 (Ministerio de Ambiente, 2022).

En el año 2021, la CAF realizó una consultoría como apoyo al Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio para analizar la prefactibilidad de esquemas regionales para la prestación del servicio de aseo en la Guajira (CAF, 2021a). Se presentaron diversas alternativas encaminadas a maximizar los beneficios relacionados con i) reducción de desigualdades regionales, ii) optimización de la prestación del servicio con tarifas accesibles, iii) disposición del recurso humano suficiente y capacitado, iv) aumento de la cobertura, v) generación de una cultura de no basura y vi) mitigación de impactos en salud y en el medio ambiente asociados a inadecuada disposición de residuos.

En virtud de su cercanía, conectividad y ubicación, se eligió agrupar seis (6) municipios de la Subregión del Sur de La Guajira, San Juan del Cesar, Distracción, Fonseca, Barrancas, Hatonuevo y Albania, realizando la disposición final de los residuos sólidos en el Relleno Sanitario Regional Sur de La Guajira, ubicado en el municipio de Fonseca, y agrupar los cuatro (4) municipios restantes: El Molino, Villanueva, Urumita y La Jagua del Pilar realizando la disposición final de los residuos sólidos en el Relleno Sanitario Los Corazones ubicado en el municipio de Valledupar. Las actividades objeto de regionalización son:

- Recolección y transporte de residuos sólidos hasta sitios de disposición final
- Barrido y limpieza de vías y áreas públicas
- Componentes de limpieza urbana
- Gestión comercial del servicio de aseo
- Disposición final en rellenos sanitarios existentes y con licenciamiento
- Aprovechamiento.

### **Tecnologías de Información y Comunicación—TICs**

El mercado de comunicaciones móviles de Colombia es concentrado (MINTIC 2022). En suscriptores, Claro tiene una participación 48,25 %, seguido por Movistar (25,49%), Tigo (19,88%), Virgin (3,68%) y Éxito (1,69%). Un estudio de la Universidad de los Andes (2020) encontró estadísticamente, con datos de 59 países, que una mayor concentración en los mercados de telefonía móvil podría

conducir, en promedio, una reducción de 0.45 puntos (en una escala de 1 a 7) en el nivel de digitalización de las economías de los países de la muestra.

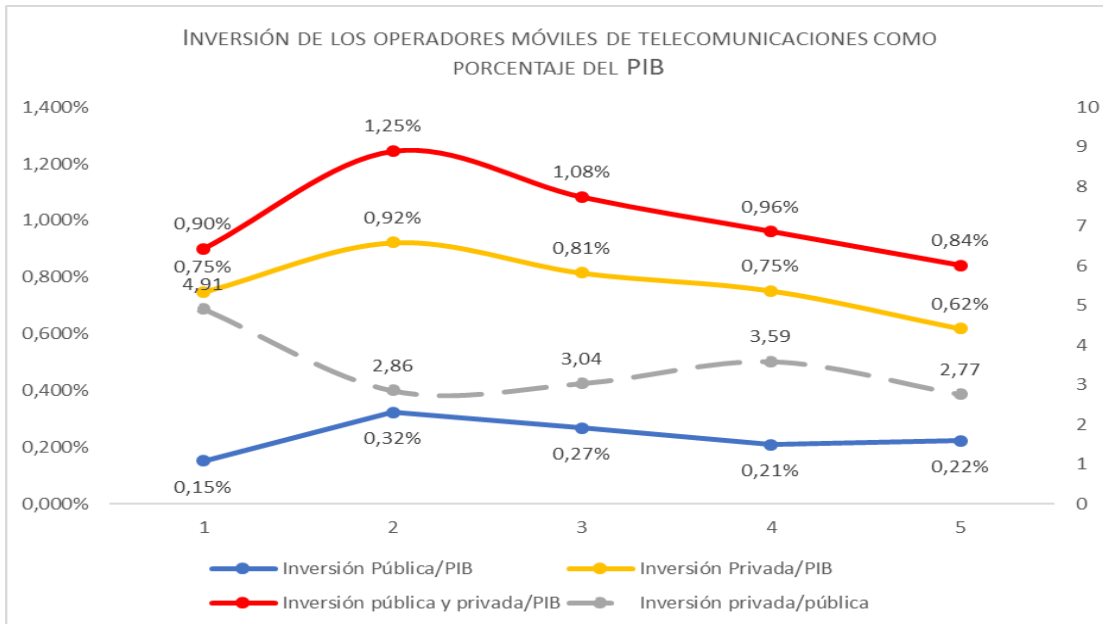
Más del 98% de la población cuenta con el acceso a red móvil. Sin embargo, en acceso a internet de banda ancha el porcentaje es mucho menor; siendo 56.5% en el total. Así mismo, existe una gran brecha entre las áreas urbanas y rurales del país; el 66.6% de los hogares tiene acceso a internet, mientras que, en las zonas rurales, llega a 23.8% (DANE, 2021).

En materia productiva, se observa que el comercio electrónico es una oportunidad para las micro, pequeñas y medianas empresas (MiPymes) del país, como estrategia para encontrar nuevos consumidores y abrirse espacio en el mercado. De acuerdo con MinTIC para 2018, el 75% de las MiPymes tenía conexión a internet y el 36% tenía presencia Web. No obstante, las cifras en ventas y pagos electrónicos son menores, pues solo el 8% realizaba ventas por internet y el 36% usaba medios de pago electrónicos en su negocio.

Estos resultados son insuficientes por varias razones. Primero, la velocidad de conexión es relativamente baja en Colombia en comparación con otros países. Según el ranking Speedtest de la empresa Ookla, accedido en agosto de 2022, el promedio mundial de velocidad de conexión en banda ancha fija es de 136 Mbps. Colombia ocupó el puesto 51 de 182, con velocidad promedio de conexión en banda ancha fija 113.23 Mbps, lejos del número 1: Singapur, con 290.87 Mbps. Por su parte, en conectividad móvil los resultados son inferiores. Colombia obtuvo el puesto 130 de 140, con una velocidad de 18.06 Mbps, frente a 75.78 Mbps de promedio global y más de 14 veces menos que el primer lugar, ocupado por Emiratos Árabes Unidos (Speedtest, 2022).

Otro elemento para considerar son los bajos niveles de inversión en el sector, los cuales se estancaron en los últimos años. Entre 2013 (año 1) y 2017 (año 5), la inversión sectorial y su participación en el PIB han bajado. La Gráfica 18 muestra una reducción de la inversión en telecomunicaciones en Colombia en un 33% a partir de 2013.

**Gráfica 18. Evolución de la inversión en TIC**



Fuente: DNP (2020). 2013 (año 1).

La inversión sectorial llegó al 0.84% del PIB en 2017 (contra un potencial de 3% según el informe GCI 2018). El decrecimiento simultáneo de la inversión pública y de la privada no se compensa por el aumento en inversión a través de APP en aumento de la cobertura.

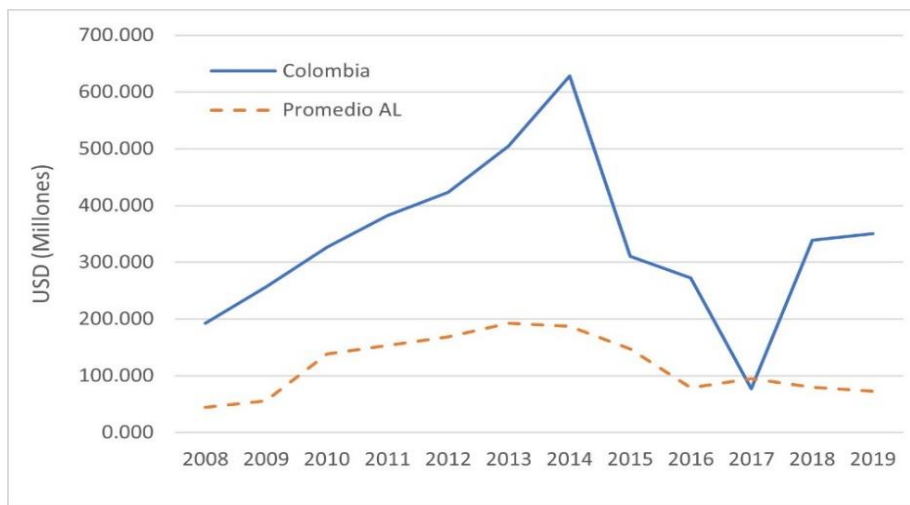
La regulación convergente que está puesta en marcha desde 2019 puede inducir una inversión total de las empresas de telecomunicaciones de 1.2% del PIB en 2022, aumentar las conexiones de banda ancha efectiva en 12 millones de usuarios en 2024, y movilizar 0.9% del PIB de inversiones para reducir la brecha digital<sup>6</sup>. Sin incluir el impacto sobre la productividad total de los factores, se generaría 0.69% adicional de PIB en 2022 (Benavides 2018). Estos estimativos son conservadores, pues falta incluir el aporte de los vertimientos digitales, generados por las inversiones de los sectores no TIC.

Existe una relación cercana a 1/2.5 entre el valor directo y el valor indirecto (vertimientos) de los servicios digitales, tanto en países desarrollados como en economías emergentes. Si Colombia pasara de una calificación de 39 a 50 en el Índice de Conectividad Global (GCI), podría aumentar el PIB un 0.15% adicional. Estos incrementos dependen del impulso a la conectividad inteligente, asunto que se trata en la sección 4, y que adquieren especial importancia en el contexto de la crisis económica originada por la pandemia. Estas inversiones se deben dar en paquetes de conectividad inteligente.

<sup>6</sup> A la fecha, no se cuenta con información adicional de inversiones.

De acuerdo con la Gráfica 19, el sector de telecomunicaciones es el que menos inversión pública recibe, con un promedio de USD 339 millones anuales, frente a los 6,355 del total de inversión en infraestructura. No obstante, al comparar con respecto al promedio de los países de América Latina<sup>7</sup>, se observa que la inversión pública en telecomunicaciones es superior, durante casi todos los periodos, a los países latinoamericanos. Durante el periodo 2008 – 2019, Colombia tuvo una inversión promedio en telecomunicaciones 2.87 veces más alta que el resto de los países de América Latina.

**Gráfica 19. Inversión pública en telecomunicaciones Colombia y América Latina**



Fuente: Infralatam (2020). Elaboración propia.

La economía digital ha cambiado profundamente en la última década por el impacto de la internet (especialmente internet móvil) sobre las experiencias y el comportamiento de los consumidores. En este sentido, se espera que la economía digital se adapte a un enfoque de oferta, en vez de un enfoque de demanda, en donde las firmas de todos los sectores integren tecnologías digitales habilitadoras que mejoren el nivel de inteligencia de sus operaciones y aumenten su productividad y el potencial de innovación. Esta convergencia digital se relaciona con la integración progresiva de las redes y el proceso de emisión de datos con tecnologías anteriormente separadas. El lado de la oferta permite una transformación para ofrecer productos y servicios cada vez más económicos, mejores y más cercanos a las necesidades individuales de cada consumidor (Benavides, 2022a).

Así, las ciudades pueden tener la oportunidad de (i) impulsar el uso productivo de la banda ancha con paquetes de conectividad inteligente, enfocada especialmente a la implementación en MiPymes, y (ii) apoyar el ecosistema de financiación temprana en digitalización de la vida urbana, bajo modelos de colaboración público-privada (Benavides, 2022a).

<sup>7</sup> Se tuvieron en cuenta los datos de Argentina, Belice, Bolivia, Brasil, Chile, Costa Rica, Guatemala, México, Nicaragua, Perú, Trinidad y Tobago y Uruguay, teniendo en cuenta que tenían en todos sus años inversiones distintas de cero. Por lo anterior, no se tuvieron en cuenta Ecuador, El Salvador, Guyana, Haití, Honduras, Panamá, Paraguay y República Dominicana.

Los datos son un pilar clave para la creación de nuevas empresas, modelos de negocio y relaciones comerciales entre personas, empresas y países. Para potenciar los beneficios de la economía digital es necesario contar con un marco regulatorio flexible, que por un lado proteja los derechos de las personas y su información, y al mismo tiempo, facilite la economía. Además, es crucial transversalizar el uso responsable de tecnología, de forma que las políticas de la economía de datos se alineen al interés público. Para potenciar el uso e intercambio de datos, es necesario considerar a todos los actores involucrados en el ciclo de vida de éstos, como son las empresas generadoras de datos, empresas tecnológicas, compañías de servicios analíticos, entidades reguladoras y entidades del ámbito académico.

El Plan Nacional de Infraestructura de Datos (PNID) de Colombia (MINTIC 2022) es un avance en los asuntos anteriormente planteados. El PNID tiene como uno de sus propósitos, consolidar espacios de intercambio de datos bajo el Modelo de Gobernanza de la Infraestructura de Datos del Estado Colombiano (MGID), en los cuales se definen estructuras de seguridad, estándares de intercambio y compartición, y principios que generen confianza en los actores participantes. A su vez, busca posicionar al país como un referente regional para el desarrollo de nuevos modelos de negocio vinculados al aprovechamiento de datos, como las plataformas de Mercados de Datos o Data Marketplaces.

La continuidad del PNID y la conectividad inteligente serán uno de los pilares para el desarrollo de la Cuarta Revolución Industrial, cuyas necesidades se han planteado en el volumen 9 de la Misión Internacional de Sabios 2019 (Ministerio de Ciencias y Tecnología, 2022).

#### **1.4 Ciudades, infraestructura y desarrollo sostenible**

La economía urbana es particularmente relevante para Colombia, teniendo en cuenta que es un país donde predomina la concentración urbana. Colombia tiene 32 municipios con más de 200,000 habitantes, que suman 35.33 millones de habitantes. En otras palabras, el 70.18% de la población de Colombia habita en las ciudades. Adicionalmente, sólo las seis ciudades principales (Bogotá, Medellín, Cali, Barranquilla, Cartagena y Bucaramanga) suman 15.44 millones de habitantes, sin contar los municipios circundantes ni las áreas metropolitanas, equivalentes al 30.67% de la población (DANE, 2020).

Las ciudades son máquinas de aumento de la productividad y de la innovación por sus economías externas. La infraestructura urbana no solo amplifica las posibilidades de interacción con los mercados, sino que las refuerza en proporción creciente al número de mercados que conecta. Por su parte, la aglomeración, la reducción de tiempos y costos de transporte y el intercambio de ideas en las ciudades fomentan la creación de firmas y la innovación (Benavides, 2022a).

A partir de cierto umbral de densidad sin gestionar del ambiente construido, los costos de congestión y de contaminación pueden ser superiores a los beneficios de la aglomeración. Para preservar y potenciar el bono de las economías externas urbanas, la optimización de la infraestructura existente (con logística, por ejemplo) y los flujos de servicios por inversiones en nueva infraestructura deben reducir más que proporcionalmente los costos de congestión y



contaminación, y promover un nuevo urbanismo, una economía circular y un uso de la energía adaptado al contexto.

Los tipos de inversiones en infraestructura para una ciudad con una estructura espacial de tipo 'fractal', es decir, compuesta por vecindarios que contienen las características esenciales de la ciudad como un todo, son distintas a las de las ciudades orientadas a combatir puramente externalidades negativas. Con un urbanismo fractal, se requerirá una mayor proporción de redes capilares para transporte verde y producción de energía verde (vías peatonales, vías para bicicletas, microrredes de generación renovable, por ejemplo) que reducirán viajes interurbanos largos, la huella de carbono por habitante, y fomentará la creación de negocios locales con productos diferenciados.

La oferta modular de servicios diversos y de espacio público de calidad, orientados a reducir las distancias y los tiempos de viaje, unida a tecnologías cada vez más limpias y circulares, regulación de las emisiones y el transporte, y una digitalización profunda, pueden lograr que las economías de aglomeración emerjan sin esperar a que el tamaño de las ciudades sea el motor exclusivo de las economías externas.

De particular importancia en este contexto es avanzar en redes inteligentes y digitalización urbana en modelos integrados de Ciudad Inteligente. Como plantea Shönig (2019), en las últimas décadas, las ciudades y su infraestructura están optimizando sus silos verticales: muchos edificios se planifican y construyen en función del software de gestión de información de edificios (BIM) estandarizado; las redes de energía se están convirtiendo en redes inteligentes que pueden adaptarse rápidamente a las demandas cambiantes. La interconexión de diferentes infraestructuras de la ciudad impulsará la próxima ola de mejoras y ganancias de eficiencia en la operación de la ciudad.

En ocasiones, este modelo se denomina City 4.0, en analogía con Industry 4.0, que describe el impacto de la automatización y el intercambio de datos en la industria. En el contexto de la ciudad, el término puede referirse a edificios que se conectan activamente con la red de energía e interactúan con los requisitos de movilidad, o a sistemas de autoaprendizaje que brindan información factible para mejorar la calidad del aire, por ejemplo. La optimización vertical establece las bases para llegar a un modelo de Ciudad Gestionada Digitalmente, pero hace falta establecer una plataforma que integre las capas de diferentes tipos de infraestructura y genere 'diálogos' entre ellas.

A partir de una representación visual en 3D, se puede extraer una gran cantidad de datos, en un primer paso hacia la construcción del modelo de Ciudad Gestionada Digitalmente (Shönig 2019). Para que esto sea útil, los diferentes tipos de infraestructura deben poder comunicarse entre sí y entenderse. La malla tridimensional creada por un software de modelaje de realidad debe relacionarse con los componentes de infraestructura habilitados para internet de las cosas (IoT) a través de algún sistema operativo de IoT basado en la nube. Las capas de infraestructura subyacente de la ciudad, como la energía, el agua, el transporte, la seguridad, los edificios y la atención médica,

proporcionarán datos para alimentar una capa de datos común que permita el análisis y la toma de decisiones preventivas y prescriptivas.

Una vez que estos datos estén disponibles, las interfaces de aplicaciones abiertas permitirán a las empresas y administraciones urbanas idear casos de uso y desarrollar aplicaciones basadas en los datos disponibles para el bien de los ciudadanos, las autoridades de la ciudad y las empresas locales.

### Sistema de Ciudades de Colombia

En 2013, el DNP adelantó una Misión para el Fortalecimiento del Sistema de Ciudades en Colombia para definir los lineamientos de las políticas públicas nacionales orientadas mejorar la calidad de vida en las ciudades. Dentro de los estudios elaborados por la Misión se realizaron proyecciones frente al crecimiento de las aglomeraciones urbanas a 2050. Estas estimaciones sugieren que para 2050 la población que vivirá en los centros urbanos en Colombia será de 52,6 millones de habitantes, lo que representa al 86% de la población total proyectada (Pachón, 2012). Se espera que el país tenga al menos 69 ciudades con más de 100.000 habitantes y 7 con más de un millón de habitantes (ver

Tabla 1).

**Tabla 1. Evolución y proyecciones del proceso de urbanización en Colombia**

Rangos	1951	1973	2010	2035*	2050*
Población rural (millones)	7,0	9,3	10,8	9,5	8,5
Población urbana (millones)	4,5	13,5	34,7	48,0	52,6
Nivel de urbanización (%)	39%	59%	76%	83%	86%
No. De ciudades con más de 100 mil habitantes	6	18	41	64	69
No. De ciudades con más de 1 millón habitantes	0	2	4	5	7

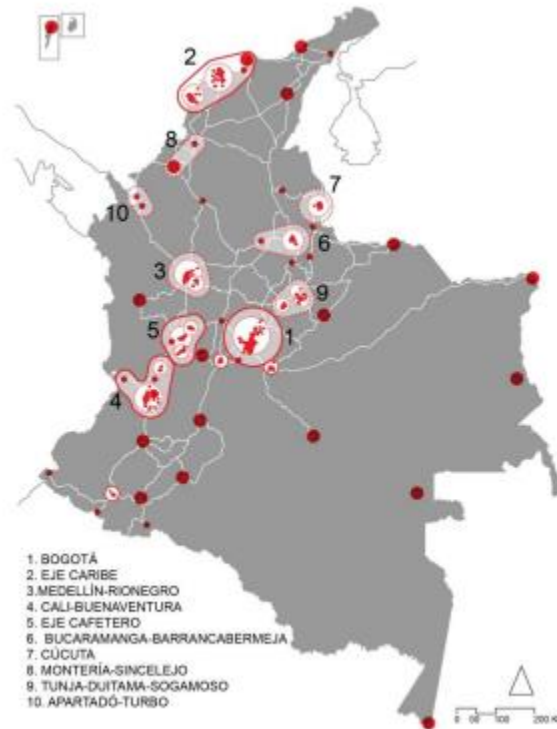
Fuentes: Datos 1951-2010: DANE. Proyecciones 2035-2050: Pachón (2012)

Con el fin de gestionar las políticas urbanas, la Misión definió un Sistema de Ciudades a partir de cuatro criterios: relaciones funcionales entre municipios, tamaño poblacional, funciones político – administrativas y la importancia estratégica de los municipios en las regiones. Como resultado de este ejercicio se identificaron 56 ciudades aglomeradas y uninodales con funciones económicas, político-administrativas y de prestación de servicios fundamentales para sus regiones y para el país (DNP, 2015).

En un ejercicio prospectivo, el Conpes 3819 identificó las principales tendencias de expansión urbana en el país. La

Gráfica **20** muestra las 10 aglomeraciones con mayor potencial de crecimiento. En este estudio en particular se formularán recomendaciones para las aglomeraciones del eje Caribe, Cali-Buenaventura y Bucaramanga – Barrancabermeja.

**Gráfica 20. Sistema de Ciudades: Ejes y corredores urbano-regionales**



Fuente: Misión del Sistema de Ciudades (2012 – 2014)

### **Descongestión y descontaminación urbana**

Uno de los principales problemas que presentan las grandes ciudades son la congestión y la contaminación del aire. La congestión se asocia con mayores niveles de fatiga, ansiedad y depresión, con aumento en las tasas de siniestralidad vial y con barreras a los efectos positivos de la aglomeración urbana. De acuerdo con el ranking de Inrix de tráfico global en 2021, Bogotá ocupa el octavo puesto del top 10 de peores ciudades en tráfico, con 94 horas perdidas en tráfico al año y una velocidad promedio de 17.6 kph. Así mismo, es la ciudad más congestionada de América Latina (Motor, 2022), mientras que el costo de la congestión por persona en Bogotá para 2019 fue de US\$340 (Benavides, 2022a). No obstante, es importante mencionar que para 2020, Bogotá ocupó el puesto número 1, como la ciudad más congestionada del mundo, ponderada por su tamaño, esto implica una mejora de 7 posiciones entre 2020 y 2021 (INRIX, 2021).

Otro gran problema de las ciudades se enfoca en la contaminación. La Organización Mundial de la Salud—OMS en sus últimas directrices sobre la calidad del aire, disminuyó el umbral máximo de microgramos por metro cúbico ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) de material particulado en el aire, pasando de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  a  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (World Health Organization, 2021). En un estudio realizado por IQAir, en 2021, Colombia fue el sexto país con el aire más contaminado de Latinoamérica. Durante este periodo, se presentó una concentración promedio de  $14.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , el equivalente a casi tres veces el umbral máximo

establecido por la OMS. En la región, el país con peor calidad de aire fue Perú, presentando una concentración promedio de 25.9  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (El espectador, 2022).

El Air Quality Index (AQI) mide la calidad del aire en una escala de seis niveles, de acuerdo con las implicaciones en salud para los habitantes. Dentro de la escala se presentan los siguientes niveles: (0-50) good, (51-100) moderate, (101-150) unhealthy for sensitive groups, (150-200) unhealthy, (200-300) very unhealthy y (300-500): hazardous. Actualmente, Bucaramanga tiene niveles apropiados, mientras que Medellín, Cali y Bogotá tienen niveles moderados. No obstante, en algunos puntos de las ciudades, existen niveles superiores a 120 e incluso 150 (AQICN, 2022).

Dentro de los principales componentes contaminantes están: el material particulado menor a 2,5 micras -PM<sub>2,5</sub>, material particulado menor a 10 micras -PM<sub>10</sub>, Dióxido de Nitrógeno -NO<sub>2</sub>, Dióxido de Azufre -SO<sub>2</sub>, Ozono troposférico -O<sub>3</sub> y Monóxido de Carbono -CO. Respecto a la primera emisión contaminante, a la fecha Cali registra un promedio de 21,0  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (rango de 8-42  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), seguido por Bogotá con un promedio de 27,1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (rango de 4-76  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) y Bucaramanga que percibe una contaminación de 28,0  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Por su parte, Medellín se encuentra en una posición más desfavorable, ya que percibe una contaminación del orden de 53,1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (rango de 8-91  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) (AQICN, 2022).

De acuerdo con Benavides (2021), para 2018, los costos económicos de la contaminación del aire fueron aproximadamente el 3.3% del PIB mundial, el equivalente a US\$ 8.000 millones al día. Así mismo, el número de muertes causadas por la contaminación del aire ascendió a 4.5 millones en el mundo. Para obtener beneficios netos de la concentración, la optimización de la infraestructura y los flujos de inversión en nueva infraestructura deben reducir en mayor proporción los costos de congestión y contaminación. Es allí donde se deben promover estrategias de servicios de transporte sostenibles, economía circular y adaptación al cambio climático.

Se ha evidenciado que, la existencia de un transporte público se asocia con menores niveles de PM<sub>2.5</sub>, mientras que el crecimiento de la tasa de motorización aumenta los niveles. Con lo anterior, las ciudades deben seguir apostando al aumento en el uso del transporte público, mediante la creación y modernización de los sistemas de transporte integrados.

En Colombia existen siete Sistemas Integrados de Transporte Masivo (SITM) en las siete ciudades principales: Bogotá, Barranquilla, Bucaramanga, Pereira, Medellín, Cali y Cartagena. Las empresas operadoras son TransMilenio, Transmetro, Metrolínea, Megabús, Metroplús, MIO y Transcribe respectivamente. En el marco de la reducción de la contaminación en las ciudades y la búsqueda de servicios de transporte sostenibles, el camino se ha enfocado hacia los servicios de transporte eléctricos y el Gas Natural como energía de transición.

Los buses eléctricos utilizados en el país son del tipo BEV o Battery Electric Vehicle por sus siglas en inglés, los cuales funcionan con motores eléctricos de cero emisiones contaminantes. Así, por cada bus eléctrico se dejan de emitir aproximadamente 60 toneladas de CO<sub>2</sub> al año. La empresa BYD lidera el mercado en el país, con vehículos que certifican una autonomía superior a los 260 km sin cargas intermedias.

Una de las principales ventajas de las baterías de BYD se centra en la tecnología de las baterías, que están compuestas de hierro fosfato y tienen mecanismos de refrigeración. Lo anterior, permite una mejor densidad energética y por ende, mayor autonomía. Así mismo, estos nuevos vehículos cuentan con plataformas accesibles para personas con discapacidad, control automático de incendio y tecnología que mejora la experiencia de los usuarios como disminución de ruido, WiFi, puertos USB, pantallas informativas, entre otros (Portafolio, 2022).

La Tabla 2 presenta los datos de buses a gas y eléctricos en los seis sistemas integrados de transporte con los que cuenta el país: Transmilenio (Bogotá), MIO (Cali), Metroplús (Medellín), Metrolínea (Bucaramanga), Transcribe (Cartagena) y Transmetro (Barranquilla).

**Tabla 2. Buses a gas y eléctricos en Colombia**

Ciudad	Buses a gas	Buses eléctricos
Bogotá	2.035 buses a gas en Bogotá. 31% de los buses troncales, 13% de alimentadores y 17% de buses zonales (El tiempo, 2022) (Transmilenio, 2021).	1.061 buses eléctricos en abril de 2022. De acuerdo con la contratación existente, para final de año se contará con 1.485 buses eléctricos en el Sistema Integrado de Transporte Público (SITP). Hasta el momento, no hay presencia de buses articulados 100% eléctricos en el sistema troncal de Transmilenio. No obstante, según Transmilenio el 10% de la flota troncal (236 buses) son híbridos, de tipo Diesel euro V – Eléctrico (Portafolio, 2022).
Cali	24 buses a gas natural de un total de 906 vehículos (Infobae, 2021).	35 buses eléctricos y uno de tipo articulado en su sistema de transporte masivo. (Caracol, 2021) (Infobae, 2021).
Medellín	De acuerdo con un estudio sobre las alternativas de combustibles para el sistema Metroplús se eligió el gas. Por ende, toda la flota del sistema funciona con este combustible (Medellín Como Vamos, 2010).	Se han incluido 69 buses eléctricos, entre los que se encuentran 64 buses zonales, 4 alimentadores y un articulado. Por otro lado, con la campaña “Transporte de Medellín Adelante”, se espera una renovación de las flotas, de tal forma que, para finales de 2023, se cuenten con 130 vehículos eléctricos. Así mismo, es importante notar que el sistema de metro funciona en un 80% con energía hidráulica y eléctrica, lo que reduce las emisiones de 670.000 toneladas de CO2 anuales (Infobae, 2021).
Bucaramanga	No hay existencia de buses a gas en la ciudad. Toda la flota es de tecnología euro IV (Área Metropolitana de Bucaramanga, 2014), (Caracol Radio, 2019).	Actualmente Bucaramanga cuenta con un bus eléctrico desde el 21 de febrero de 2022, el cual estará en operación por un período de seis meses, con el propósito de probar esta tecnología para que usuarios, conductores y autoridades den cuenta del beneficio que trae para los servicios de transporte sostenibles (Semana, 2022).

Ciudad	Buses a gas	Buses eléctricos
Cartagena	El 100% de su flota opera en este momento con gas, considerada “energía de transición” (El Universal, 2022).	No hay existencia de buses eléctricos en la ciudad. El estudio para adquirir buses eléctricos se realizará después del proceso de reestructuración que se está realizando al Sistema Integrado de Transporte Masivo (SITM) Transcaribe (El Universal, 2022).
Barranquilla	No hay existencia de buses a gas en la ciudad. Toda la flota es de tecnología euro IV (Academic, 2021).	No hay existencia de buses eléctricos en la ciudad (Academic, 2021).

Fuentes: Mencionadas en cada celda.

Los vehículos eléctricos utilizados para transporte público son de dos tipos. En primer lugar, los buses tipo padrón, con capacidad de 80 pasajeros y en segundo lugar, los tipos busetón con capacidad de 50 pasajeros. Además, el tiempo de carga de cada vehículo es aproximadamente 4 horas (Secretaría Distrital de Movilidad de Bogotá, 2022). Según E-Bus Radar (2022), en Latinoamérica hay 3209 buses eléctricos, de los cuales el 36.30% se encuentra en Colombia. Así mismo, el país se fijó la meta de adquirir vehículos públicos 100 % eléctricos o de cero emisiones para el transporte público para 2035, y Bogotá, por Acuerdo del Concejo Distrital, no podrá adquirir flota basada en combustibles fósiles a partir del año 2022.

Actualmente son varios los problemas que enfrenta la electromovilidad. Los principales son:

- Restricción presupuestaria. La renovación de la flota en las diferentes ciudades requiere de una inversión muy alta, pues los vehículos eléctricos requieren de una inversión inicial mucho más alta, de 50% a 65%, comparado con buses de tecnología híbrida, gas y tecnología diésel (Laizāns et al, 2020). A pesar de que los costos de operación se reducen drásticamente en comparación a los vehículos de Diesel o Gas, existe una restricción para la compra de vehículos, aún más cuando algunas ciudades están en proceso de reestructuración de sus Sistemas de Transporte Masivo por los altos déficits presupuestales.
- Inversión en infraestructura de carga. Es necesaria la construcción de patio talleres lo suficientemente grandes para poder cargar todos los vehículos durante el horario en que el sistema no tiene operación. De lo contrario, todos los vehículos no serán utilizados de la forma más eficiente (CAF, 2019).
- Regulación eléctrica: la infraestructura de carga de los vehículos no se encuentra dentro de la actividad de distribución de electricidad. De igual forma, tampoco existen tarifas horarias con diferencias entre las horas pico y las horas valle. Como se mencionó anteriormente, la carga de los vehículos debe realizarse en las horas en que no hay actividad, o donde la actividad es más baja, por lo que debería sincronizar con tarifas de energía más bajas y, por lo tanto, tener costos operativos más bajos (Agencia de Sostenibilidad Energética, 2021).

- El mercado es pequeño. La poca oferta de vehículos y fabricantes trae consigo limitantes como los precios elevados y la dificultad de conseguir repuestos de los vehículos de transporte masivo (Agencia de Sostenibilidad Energética, 2021).

En la intersección entre infraestructura física, logística y servicios de transporte, existe un gran problema relacionado con los accesos viales a las ciudades (uno de los cuellos de botella de la movilidad). Por ejemplo, los habitantes de Soacha pueden tardar incluso más de tres horas en llegar a sus destinos en Bogotá (Camargo, 2019); mientras que el tiempo promedio de transporte entre Mosquera y el puente del Río Bogotá es de 2.5 horas (Espinosa, 2022). Así, se debe ampliar el espectro de soluciones a la congestión en entradas y salidas urbanas más allá de la ampliación de capacidad. La logística de última milla y de valor agregado no son subsectores del transporte, sino herramientas de creación de valor por reducción de los costos de distribución (Benavides, 2022a).

En relación con la adaptación al cambio climático, las ciudades deben (i) definir sus pilares de adaptación, que se propone sean la resiliencia (capacidad de resistir los choques negativos) y la antifragilidad (aprovechamiento o inmunidad frente a los choques negativos); (ii) adoptar una teoría del cambio (llegar a redes vitales resilientes y a una economía exportadora de nuevos productos); (iii) definir el marco de referencia de {retención + transferencia + mitigación del riesgo + abandono de activos expuestos}; (iv) definir una jerarquía de gerencia de la adaptación y adoptar una metodología para priorizar la cartera de intervenciones y (v) definir categorías de intervenciones prioritarias de adaptación (Benavides, 2022a).

En este sentido, las necesidades de las ciudades en infraestructura urbana requieren avanzar en el cumplimiento de los compromisos de descarbonización, la reducción de costos en tecnologías energéticas y de transporte más limpias, la necesidad de adaptación al riesgo climático, los avances en economía circular y en conectividad digital inteligente, y el rediseño urbano (Benavides, 2022a).

La gerencia pública debe fortalecer sus capacidades operacionales para traducir la estrategia obtenida en el primer nivel y convertirla en una cartera de proyectos estructurados y priorizada de manera transparente. Los fondos públicos locales deben contribuir a preservar y aumentar las ventajas de las aglomeraciones y la gestión de su riesgo. El apoyo público urbano debe ir hacia proyectos de rentabilidad social positiva, pero con rentabilidad privada negativa; y a proyectos con rentabilidad privada positiva, pero con altos riesgos de adopción tecnológica (Benavides, 2022a).

En particular, los proyectos de infraestructura urbana que reciban apoyos públicos deben elegirse por su capacidad de generar valor económico, ambiental y social a la ciudad; de asegurar la resiliencia de la vida urbana en presencia de eventos extremos, como los que pueden originarse en el cambio climático; y por dinamizar la innovación urbana. Las carteras deben priorizarse por su contribución al reverdecimiento urbano y reducción de la huella de carbono; análisis costo beneficio favorable; su impacto catalizador (multiplicador de la inversión pública sobre el total de inversiones movilizadas); y por su apoyo al posicionamiento competitivo de la ciudad (Benavides, 2022a).

En Colombia, Bogotá y Medellín son las dos únicas ciudades capitales que cuentan con un Plan de Acción Climática (PAC) con la hoja de ruta para el cumplimiento de las metas de adaptación y



mitigación al cambio climático a 2050. En el caso de Medellín, el objetivo principal es reducir en 2023 un 5% las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI), 20% para 2030 y carbono-neutralidad en 2050 (Secretaría de Ambiente de Medellín, 2021). Por su parte, Bogotá se propone metas más altas en el corto y mediano plazo, con una reducción de 15% para 2024, 50% para 2030. Al igual que Medellín se busca obtener la neutralidad de carbono en 2050.

En el caso de Bogotá, el PAC fija objetivos relacionados con la implementación de la iluminación led, electrodomésticos de bajo consumo, reciclaje y tratamiento de aguas residuales. Asimismo, se adoptan metas en temas vanguardia como el calentamiento solar de agua, la mejora en eficiencia energética en la industria y las viviendas con enfoque de Desarrollo Orientado al Transporte Sostenible (Secretaría de Ambiente de Bogotá, 2020).

Por otro lado, el PAC de Medellín, fija acciones para lograr los ODS relacionados con transporte y servicios de movilidad más sostenible, gestión integral de residuos sólidos, generación y uso sostenible de la energía, adaptación y gestión del riesgo de desastres, ecosistemas y desarrollo rural, planeación urbana y procesos socioculturales para la gestión del cambio climático (Secretaría de Ambiente de Medellín, 2021).

A partir de la formulación del PAC, Bogotá ha avanzado en la actualización de los planes de manejo ambiental de las áreas protegidas; control de la calidad hídrica del río Bogotá; diseño de la Estrategia Distrital de Crecimiento Verde; promoción del ecourbanismo y la construcción sostenible; actividades de educación ambiental; restauración, recuperación y protección de ecosistemas; seguimiento a la biodiversidad, entre otras (Alcaldía de Bogotá, 2021). Por su parte, Medellín ha centrado sus acciones en la siembra de árboles, intervenciones a quebradas y sensibilización a los ciudadanos en buenas prácticas ambientales y manejo de residuos (Ospina; Gustavo, 2021).

### **Financiación sistemas de transporte**

Uno de los principales retos de las aglomeraciones urbanas es la sostenibilidad financiera de la prestación del servicio de transporte público colectivo de pasajeros. Debido a los altos niveles de inversión requeridos para el desarrollo de infraestructura de transporte masivo, las ciudades no cuentan con los recursos necesarios para financiar este tipo de intervenciones.

Con el fin de subsanar esta falencia, la Ley 86 de 1989 viabilizó el apoyo financiero por parte del gobierno nacional para la implementación de servicios de transporte masivo de pasajeros en las principales ciudades del país. Posteriormente con la aprobación de la Ley 388 de 1997, la cual dictó medidas relacionadas con el ordenamiento territorial, se sentaron las bases para que Bogotá iniciara la reorganización de su sistema de transporte público en el año 2000 con la implementación del primer sistema de Bus de Tránsito Rápido (BRT) en el país, conocido como Transmilenio (DNP, 2020).

A partir del 2005, la participación de la nación en la cofinanciación para la implementación de Sistemas Integrados de Transporte Masivo (SITM) se amplió a otras ciudades a través del Documento Conpes 3368 que define la Política Nacional de Transporte Urbano y Masivo. Entre las aglomeraciones urbanas priorizadas estuvieron además de Bogotá y Soacha; Pereira, Dosquebradas

y La Virginia; Cali; Barranquilla y Soledad; Bucaramanga, Floridablanca, Girón y Piedecuesta; Medellín, Itagüí y Envigado; y Cartagena.

La implementación de los SITM ha traído impactos positivos, principalmente en términos de ahorros de tiempo, disminución de la siniestralidad vial, reducción de la contaminación local y las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI). La Tabla 3 muestra estos impactos positivos para cinco SITM a los cuales se les realizó una evaluación ex post por parte del Departamento Nacional de Planeación. En todos los casos analizados, la relación costo beneficio de la implementación de los SITM es positiva siendo Transmilenio en Bogotá la que tuvo un mayor impacto.

**Tabla 3 Resultados evaluaciones ex post de la implementación de los SITM**

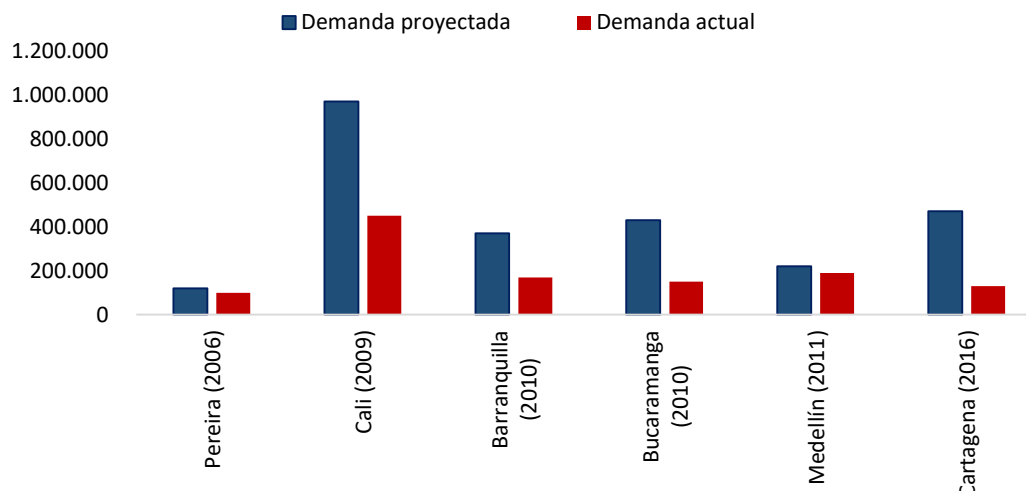
SITM	Ahorro de tiempo (minutos)	Reducción de siniestros (porcentaje)	Ahorro GEI (CO <sub>2</sub> [t/año])	Relación beneficio – costo
TransMilenio (Bogotá)	22,54	15	ND	2,5
Megabús (Pereira)	22,00	44	30.000	1,69
Mío (Cali)	6,00	ND	113.428	1,23
Metrolínea (Bucaramanga)	10,06	60	34.560	1,16
Transmetro (Barranquilla)	26,00	30	ND	1,74

Fuente: DNP a partir de las evaluaciones ex post realizadas para TransMilenio (2009), Megabús y Mío (2011) y Metrolínea y Transmetro (2012).

A pesar de los beneficios evidentes que generan los SITM, una de sus principales falencias son los esquemas de financiación para su operación. Los ingresos percibidos vía tarifa son insuficientes para cubrir sus costos debido a la dificultad para alcanzar las demandas proyectadas de los SITM (DNP, 2020). Como se ve en el

Gráfica **21** ciudades como Cali, Bucaramanga, Barranquilla y Cartagena han alcanzado menos del 40% de la demanda prevista en las estructuraciones

**Gráfica 21. Promedio de viajes previstos vs promedio anual de viajes realizados en el SITM, 2018**



Fuente: DNP a partir de la información de los documentos CONPES de los sistemas e información suministrada por el Ministerio de Transporte con corte a septiembre de 2016.

Otro factor que explica la insuficiencia de recursos para la operación es la diferencia entre los costos asignados a los pasajeros (tarifa al usuario) y los costos de operación del servicio (tarifa técnica) la cual es negativa en todos los SITM. Dicho de otra manera, los pasajeros pagan una tarifa inferior a la tarifa necesaria para cubrir la operación del sistema, por lo cual la diferencia debe ser asumida por los gobiernos locales a través de otras fuentes de financiación ajenas a los SITM.

Con el fin de subsanar esta situación se aprobó la Ley 1955 de 2019 la cual habilita a las entidades territoriales para establecer otras fuentes de financiación que permitan garantizar la sostenibilidad financiera de los SITM. Entre los mecanismos dispuestos para el aumento de los ingresos se encuentran recursos provenientes de los estacionamientos en vía pública, recaudo por concepto de multas de tránsito, valor residual de concesiones, cobros de valorización y sobretasa a la gasolina, entre otros (DNP, 2020). A pesar de la expedición de esta Ley hace más de 3 años son pocos los avances en el uso de estos mecanismos por parte de la mayoría de las ciudades con SITM. En la parte de recomendaciones del documento se hace un recuento de los instrumentos disponibles que podrían ser utilizados para recaudar ingresos adicionales para la operación de los SITM en Colombia.

Finalmente, la pandemia generada por el Covid 19 en 2020 agravó la sostenibilidad financiera de todos los SITM en el país<sup>8</sup>. Las medidas adoptadas para el aislamiento y distanciamiento de la población generaron una disminución abrupta en la demanda de los SITM a partir del segundo trimestre del año, lo cual impactó negativamente los ingresos operacionales provenientes de la

<sup>8</sup> Los gobiernos locales y nacionales hicieron grandes esfuerzos para mantener los SETPs y SITPs a flote durante la pandemia. La principal lección aprendida es que en grandes aglomeraciones urbanas, se requiere una cofinanciación nacional y local, tanto de las inversiones en material rodante, como de una fracción de sus gastos operativos.

tarifa del usuario. A febrero de 2022 según datos suministrados por Asocapitales, ningún SITM había logrado recuperar la demanda observada antes de la pandemia<sup>9</sup>.

## 1.5 Descripción de las regiones estudiadas

### Pacífico

La Región Pacífico está ubicada al oeste del país y la conforman 178 municipios distribuidos en cuatro departamentos: Chocó, Valle del Cauca, Cauca y Nariño. Esta región habitada por 8,5 millones de personas tiene una longitud de 1.300 kilómetros sobre el Océano Pacífico.

La Región Pacífica se puede caracterizar en dos franjas territoriales: la zona andina y el litoral Pacífico. En la parte andina están ubicadas las principales aglomeraciones urbanas (Cali y Yumbo las principales) y concentra los mayores niveles de desarrollo e infraestructura. La actividad empresarial se desarrolla principalmente en el Valle del Cauca y se destacan las cadenas productivas del azúcar, los alimentos procesados, los empaques, la industria farmacéutica, entre otras (DNP, 2018c).

El litoral Pacífico por su parte se caracteriza por su gran diversidad biológica y la presencia de grupos étnicos. Los niveles de desarrollo son incipientes y las principales actividades económicas son la pesca artesanal, el comercio y actividades agropecuarias. Esta zona de la región Pacífico presenta además peores condiciones de vida que la zona andina, con problemas sociales en términos de acceso a viviendas, energía, agua y saneamiento básico entre otros (DNP, 2018c).

Entre las actividades con mayor potencial en la región Pacífica se encuentran el turismo y la minería. La zona sur se caracteriza por sus playas rodeadas de manglares y acantilados con un potencial importante para la pesca y el desarrollo del ecoturismo. En cuanto a la minería hay un gran potencial de aprovechamiento particularmente en los departamentos de Nariño y Chocó. Sin embargo, actualmente esta actividad se desarrolló de manera ilegal e informal, causando afectaciones ambientales considerables y generando problemas de seguridad debido a la presencia de grupos ilegales en la región.

En materia de comercio internacional y competitividad, el documento CONPES 3982 (DNP, 2020) plantea que aún persisten numerosos retos para consolidar un sistema logístico nacional eficiente. Entre estos se encuentran el limitado desarrollo del transporte intermodal, los tiempos elevados en los procesos de importación y exportación y la debilidad institucional para la toma de decisiones de política y proyectos de competitividad en logística.

Haciendo énfasis en los tiempos elevados en los procesos de importación y exportación de la región Pacífica, específicamente del puerto de Buenaventura, la DIAN (2021) en su estudio de tiempos de despacho de mercancías señala que en lo que respecta a las importaciones marítimas en el puerto, la mayor parte de estas (79%) se demoran 213 horas (8,8 días) desde el aviso de llegada de la

---

<sup>9</sup> En una presentación realizada por Asocapitales denominada “Ruta hacia la sostenibilidad de los SITM 2022”, los niveles de recuperación de la demanda en febrero de 2022 comparados con febrero de 2020 eran del 78% para Megabus (Pereira), 67% para Transcaribe (Cartagena), 64% para Transmilenio (Bogotá), 58% para Transmetro (Barranquilla), 54% para MIO (Cali) y 34% para Metrolínea (Bucaramanga).

mercancía hasta el levante de la misma. Por su parte, las exportaciones que salen de este mismo puerto tardan aproximadamente 165 horas (6,8 días) desde la solicitud de autorización de embarque hasta el embarque del producto. Tomando como referencia las metas planteadas a 2030 en el documento CONPES 3982, el proceso de importación y exportación debería tener una duración de 48 horas cada uno, por lo que los retos para mejorar el escenario actual son palpables.

Igualmente, la Cámara de Comercio de Cali (2017) señala como principales problemas o retos de política la convivencia y la paz (presencia de grupos disidentes y/o conexos al narcotráfico), el desarrollo económico y social (altos índices de pobreza monetaria y multidimensional), la sostenibilidad del medio ambiente (desarrollo de minería ilegal) y la gestión pública transparente y participativa sustentada en el fortalecimiento institucional. De esta manera, las propuestas y recomendaciones estarán orientadas a resolver algunos de los desafíos anteriormente mencionados.

### **Caribe**

La Región Caribe está ubicada al norte del país, conformada por 196 municipios localizados en 8 departamentos (Atlántico, Bolívar, Cesar, Córdoba, La Guajira, Magdalena, San Andrés y Sucre). En esta región habitan más de 10,7 millones de personas y se produce el 15% del PIB.

En términos económicos la región tiene un aporte significativo al PIB nacional que históricamente ha estado alrededor del 15%. Los departamentos con mayor participación en el PIB de la región son Atlántico y Bolívar, los cuales representan más de la mitad del PIB regional. Las actividades económicas más representativas de la región son la industria y la construcción. La presencia de la infraestructura portuaria en Cartagena y Barranquilla explica en buena medida el buen comportamiento de estos sectores, los cuales se desarrollaron a partir del crecimiento poblacional y el mercado regional (Aguilera et al, 2017).

Otras actividades productivas estratégicas para la región son la minería y las actividades agropecuarias, en particular la actividad pecuaria. Los principales productos mineros de la región son el carbón y ferroníquel. Los departamentos de la Guajira y el Cesar concentran buena parte de la actividad minera no solo de la región sino también del país. La producción de carbón de la región representa más del 91% de la producción nacional y para estos departamentos aportan el 42% y el 33% de su PIB departamental respectivamente.

La actividad agropecuaria por su parte redujo su participación en la producción regional. Las actividades agrícolas, de ganadería, caza y pesca pasaron de representar el 14,9% en 1997 al 7,3% en 2016 (Aguilera, M. et al, 2017). Esta situación se explica, además del deterioro generalizado de la agricultura en todo el país, por la disminución de la participación de la ganadería en la actividad agropecuaria en los departamentos de Bolívar, Cesar y Córdoba principalmente.

Fundesarrollo (2022) señala que los desafíos más importantes para el Caribe se encuentran:

- Servicios públicos, ya que la cobertura en acueducto de la región está 6 puntos porcentuales por debajo del agregado nacional con diferencias de alrededor de 43 puntos entre la zona

urbana y rural. Adicional a lo anterior, la Costa Caribe se mantiene como la región con una de las mayores frecuencias y duraciones de las interrupciones del servicio de energía en el país.

- Medio ambiente, pues del bosque seco tropical en el Caribe sólo queda un 8%. Los suelos sufren procesos de degradación, erosión, salinización y compactación y los sistemas acuáticos, (ríos, ciénagas, playones, caños, etc.) han sido afectados por sedimentación, deforestación, minería, entre otros.
- Gobiernos territoriales que también son un tema de especial atención, pues la región tiene débiles capacidades para recaudar ingresos por habitante y baja gestión de recaudo por la vía de la aplicación de instrumentos de ordenamiento territorial.
- El acceso a TIC representa de igual manera un desafío, dado que existe una cobertura deficiente y desigual con altos costos de los datos, dispositivos y barreras en el acceso a la información.

### **Santanderes**

Los departamentos de Santander y Norte de Santander hacen parte de la Región Centro Oriente junto con los departamentos de Boyacá y Cundinamarca. Esta región concentra gran parte de la industria nacional por lo cual el desarrollo de infraestructura de transporte y provisión de servicios es superior al del resto del país. Los niveles de calidad vida están por encima de las regiones Pacífico y Caribe como consecuencia del desarrollo social y económico que ha tenido esta región históricamente.

El desarrollo de la industria petrolera en el departamento de Santander es la que explica en mayor medida estos resultados. Actualmente el departamento constituye la cuarta economía más grande de Colombia y tiene el cuarto PIB per cápita más alto de Colombia. Entre las actividades petroleras la más relevante es la refinación, ubicada en la ciudad de Barrancabermeja mientras que la extracción sólo representa el 7% del total nacional. En el departamento se refina más del 80% de los hidrocarburos del país y esta actividad representa el 50% del PIB de manufactura del departamento (Carpentier, N. et al 2021).

La reapertura de relaciones comerciales entre Colombia y Venezuela puede reactivar la economía de ambos países. Por ejemplo, el Ministro de Comercio, Industria y Turismo de Colombia (Germán Umaña) ha planteado en la prensa nacional que en 2023, el comercio con Venezuela sería de US\$ 2 mil millones, y que se espera que en el año 2026 se llegue a un monto de US\$ de 4,5 mil millones. En el pasado, una fracción importante del comercio entre los dos países se ha originado en los Santanderes, especialmente en manufacturas, ropa y confecciones, y alimentos y bebidas. La suspensión del comercio bilateral por varios años y el choque de la pandemia hace que la nueva proporción y composición del comercio esté por descubrirse. La infraestructura de transporte (especialmente la vial y fluvial) y la digitalización deben apoyar la reconstitución de los flujos comerciales en estos dos departamentos.

El principal reto de la región en términos económicos es el desarrollo de sectores no petroleros (Prosantander, 2022). Lo anterior es de gran importancia ya que, a pesar de los buenos resultados

del sector, los niveles de desigualdad, pobreza y empleabilidad siguen siendo bajos. De acuerdo con cálculos de ProSantander, menos del 10% del PIB generado por el sector petrolero se queda en el departamento. Para desarrollar el sector no petrolero las principales apuestas deben estar encaminadas al desarrollo de los servicios, la manufactura y el sector agropecuario. Para esto, la región debe suplir las siguientes necesidades:

- Digitalización y conectividad mediante la mejora en la conectividad, apropiación de TIC, transformación digital empresarial de los atributos digitalizables y fomento de la industria 4.0<sup>10</sup> en la región (MinTIC, 2019).
- Navegabilidad del río Magdalena. Garantizar la navegabilidad constante y permanente en el río Magdalena las 24 horas del día es esencial para mejorar la eficiencia en el transporte de carga. Con lo anterior, se sugiere consolidar el proyecto de la APP del Río Magdalena, el cual busca invertir 1.5 billones de pesos para mejorar la navegabilidad ente Bocas de Ceniza hasta Barrancabermeja (Ministerio de Transporte, 2022).
- Multimodalismo en Barrancabermeja. Dada la ubicación estratégica de Barrancabermeja, la ciudad tiene el potencial para convertirse desarrollar un sistema multimodal que interconecte la red vial, férrea y fluvial del país (PMTI, 2015).
- Conectividad con la frontera de Venezuela. Los departamentos de Santander y Norte de Santander deben aprovechar su cercanía con la frontera venezolana para potenciar el comercio y los acuerdos económicos con este país. Con la infraestructura actual, podría ser más eficiente trasladar los productos de exportación al puerto de Maracaibo en Venezuela, que a los puertos colombianos.

### **Pobreza regional**

La Tabla 4 presenta los Índices de pobreza multidimensional de las regiones estudiadas:

**Tabla 4. Índice de pobreza multidimensional (IPM) en 2021**

<b>Regiones</b>	<b>IPM 2021</b>
Caribe	26,8%
Pacífico (Sin Valle del Cauca)	22,7%
Valle del Cauca	8,6%
Santanderes*	19,0%
Nacional	16,0%

Fuente: DANE 2022.

Nota: La región Santanderes es el promedio simple del IPM observado en Santander y Norte de Santander. La región Caribe corresponde a los departamentos de Atlántico, Bolívar, Cesar,

<sup>10</sup> La industria 4.0 hace referencia a un nuevo modelo industrial basado en la digitalización y automatización de los procesos productivos y de distribución, en donde el núcleo se centra en las nuevas tecnologías digitales y las tecnologías de internet, y el papel de los humanos está limitado a su inicio, control y mantenimiento técnico (MinTIC, 2019).

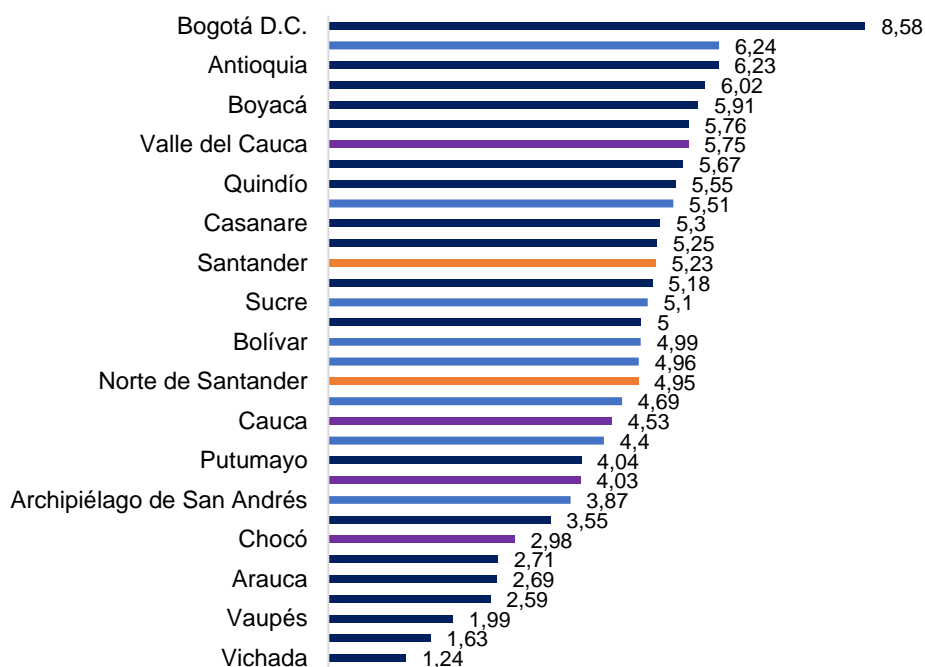


Córdoba, La Guajira, Magdalena y Sucre, mientras que la región Pacífico considera a Cauca, Chocó y Nariño.

Además de los altos índices de pobreza multidimensional que registran las tres regiones de estudio, CAF (2022b) señala otros desafíos como altos niveles de desigualdad salarial, informalidad y desempleo, generando dificultades en el acceso a los bienes y servicios necesarios (altos índices de necesidades básicas insatisfechas). Lo anterior, sugiere la importancia de orientar los programas en el corto plazo al cierre de brechas entre la cobertura y calidad de los servicios de electricidad, agua y alcantarillado, con el fin de mejorar la calidad de vida de su población y a la vez crear las condiciones para atraer las inversiones y el capital humano para aprovechar su potencial productivo.

Desde una perspectiva de desarrollo, una de las condiciones habilitantes para el crecimiento económico que incide directamente en la competitividad está asociado a la infraestructura. En materia de infraestructura, los resultados del Índice Departamental de Competitividad (IDC) muestran que la mayoría de los departamentos del pacífico se encuentran hacia el final de la distribución, superando a los departamentos de la región de la Orinoquía y de la Amazonía. Los Santanderes se ubican hacia la mitad de la distribución mientras que los departamentos del Caribe se distribuyen de manera más o menos uniforme a lo largo del ranking, concentrándose en la mitad inferior (Gráfica 22).

**Gráfica 22. Pilar de infraestructura en el IDC**



Fuente: Índice Departamental de Competitividad 2020-2021

Las recomendaciones para las regiones del Caribe, Pacífico y los Santanderes estarán orientadas a mejorar las condiciones de vida de la población, superando el déficit en infraestructura de varios de

sus territorios y contribuyendo a mejorar su desarrollo social y económico. De esta forma, se contribuirá con la formulación e implementación de intervenciones que impacten de manera directa sobre la mejora de la inclusión y la productividad y se apoyará los esfuerzos para cumplir con los objetivos de desarrollo sostenible y atender las necesidades específicas de cada región (CAF, 2022b).

### **1.6 Infraestructura para el desarrollo agropecuario**

El sector agropecuario es fundamental para el crecimiento económico en términos de provisión de recursos para el funcionamiento del resto de las cadenas productivas, además de contar con una alta vocación exportadora. Este sector también es clave para el logro de los ODS debido a sus encadenamientos con la formación de capital humano a través de la nutrición, la seguridad alimentaria y la disponibilidad de mano de obra para otros sectores. En materia ambiental, la utilización eficiente de la tierra y los factores de producción pueden reducir la huella de carbono e hídrica del país, mitigando los riesgos asociados a una mayor ampliación de la frontera agrícola y los cambios en el uso del suelo.

A pesar de su relevancia, el sector agropecuario ha perdido participación en el total del PIB colombiano, pasando de 17,4% en 1991 a 7,5% en el 2021. Esto implica que el crecimiento del sector ha sido consistentemente más bajo que el del total de la economía en el promedio de las últimas tres décadas. Los diagnósticos sobre el campo colombiano han atribuido este hecho a múltiples factores. Algunos de los factores más recurrentes en múltiples estudios son la protección comercial, el narcotráfico, el conflicto armado, la informalidad jurídica en los derechos de propiedad de la tierra, la ausencia de procesos de adopción e innovación tecnológica, y las deficiencias en la provisión de bienes públicos (Perfetti, 2019; DNP, 2014; Delgado, 2019).

Las intervenciones para superar los obstáculos del sector deberán comprender de manera integral toda la cadena de valor y el ecosistema de los insumos-producción-comercialización de los bienes y servicios agrícolas, que requieren en primer lugar solucionar el tema de riegos y adecuación de tierras y encaminarse hacia mejoras complementarias en el uso energético, de tecnologías y de transporte.

Para este estudio es importante destacar dos grandes subclasificaciones para el sector: agro/agroindustria y agroforestal. El primero hace referencia a las actividades agropecuarias ligadas a los cultivos permanentes y no permanentes que se realizan en áreas cultivables de tierra y lugares modificados para ello, ya que requieren áreas despejadas, lo que lleva a la eliminación de árboles naturales. En Colombia, los más importantes son los cultivos de arroz, palma, caña de azúcar, y otros bienes básicos. Respecto a área agroforestal, se refiere a cultivos sostenibles con los diversos ecosistemas boscosos del país, especialmente en áreas selváticas como el Amazonas o el Pacífico colombiano. Los cultivos más representativos actualmente son los del café, el cacao y más recientemente el copoazú, entre otros emergentes como el aguacate y el limón Tahití. La mayoría de las intervenciones mencionadas en la sección 3.4 son transversales a ambos cultivos, aunque dadas las especificidades de cada una requerirán adecuaciones especiales dada la geografía y la localización de los cultivos.

A pesar de que el país cuenta con una potencialidad de 17 millones de hectáreas, con adecuación de tierras solo tiene 1,14 millones de hectáreas ya adecuadas, es decir, apenas el 6,7% del total (Perfetti, 2019). Otra medición que evidencia esta problemática es el Censo Nacional Agropecuario de 2014 (CNA, 2014), según el cual solo un 33% de las unidades de producción agropecuaria (UPA) del país con cultivos utilizaban algún tipo de riego.

La literatura muestra que la productividad de un cultivo con riego es 2 veces más alta que la de un cultivo de secano, un indicador que puede llegar a ser 3 veces más alta si el proceso y los insumos de producción son los óptimos. A pesar de que el país viene trabajando políticas agropecuarias orientadas a este fin, los avances son escasos y las disparidades en la adecuación de tierras se han acentuado en las últimas décadas Perfetti (2019).

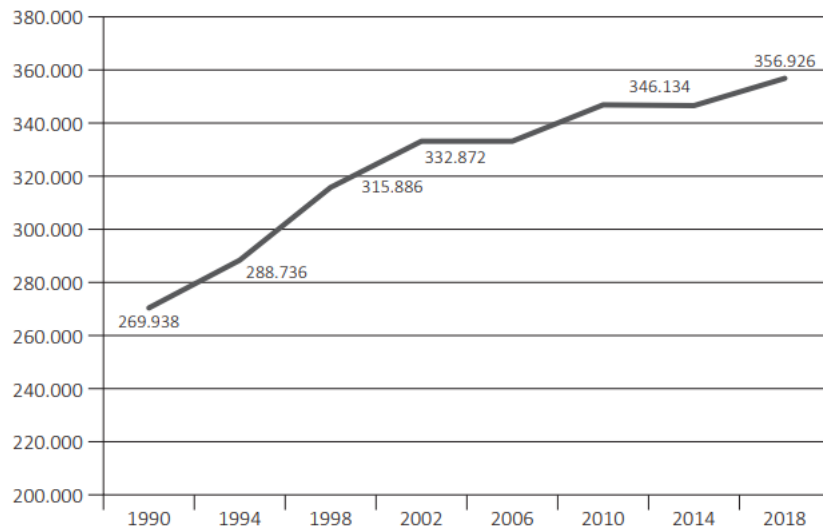
¿Por qué resulta este ser este un factor fundamental en términos de producción agropecuaria? No solamente en Colombia, sino a un nivel generalizado, la literatura destaca la importancia de fuentes eficientes de riego para mejorar los rendimientos de la tierra a un bajo costo. A ello se suman la llamada “intensificación sostenible”, que exige que este salto de productividad se realice con eficiencia en el uso de agua, conservando suelos, sin ampliar las tasas de deforestación, ni utilizando más pesticidas, lo que requiere promover inversiones contemplando todo el paquete tecnológico.

Además, el riego se traduce en la producción de mejores productos con mayor valor, lo que se traduce en mayores ingresos para las familias que derivan su sustento del campo. No obstante, es necesario tener en cuenta que este mecanismo también tiene algunos problemas, especialmente los sistemas de origen de riegos requieren altos costos, la obligación de pagar por el servicio de agua, algo que puede parecer contraintuitivo para los agentes del sector, y la dificultad de recuperar la inversión inicial. Por tal motivo, la inversión en esta infraestructura se ha reducido a nivel mundial durante los últimos años.

De acuerdo con Perfetti (2019), los cambios en la arquitectura institucional de la Adecuación de Tierras – ADT ocurridos durante las dos últimas décadas han dejado vacíos normativos e institucionales que han afectado la eficacia de la acción gubernamental y limitado los avances en materia de riego y adecuación de tierras lo que se evidencia en el lento crecimiento en la cobertura acumulada de distritos de riego desde 1990 hasta 2018. De esta manera, el acceso al agua a través de los distritos es todavía reducido y depende especialmente de fuentes alternativas (

**Gráfica 23** y Tabla 5).

**Gráfica 23. Evolución indicativa de la cobertura acumulada en hectáreas a partir de la política pública nacional**



Fuente: Perfetti (2019).

**Tabla 5. Fuentes de agua**

Fuente de agua para las actividades agropecuarias	UPA	%	Área total (ha)	%	Área promedio
<b>Distritos de riego (DR)</b>	16.948	0,79	152.332	0,15	9
<b>DR con fuente complementaria</b>	7.973	0,37	131.719	0,13	17
<b>Sistema privado de riego (SPR)</b>	71.115	3,3	888.364	0,88	13
<b>SPR con fuente complementaria</b>	16.234	0,75	458.641	0,46	28
<b>Reservorios</b>	219.666	10,19	6.802.586	6,77	31
<b>Acueducto</b>	290.088	13,46	1.273.852	1,27	4
<b>Carro tanque</b>	2.643	0,12	15.577	0,02	6
<b>Río, quebrada, caño o manantial</b>	679.876	31,54	14.674.128	14,6	22
<b>Cuerpo de agua</b>	42.670	1,98	896.848	0,89	21
<b>Agua lluvia</b>	266.692	12,37	38.784.340	38,58	145
<b>Otra combinación</b>	196.929	9,14	5.646.264	5,62	29
<b>No tiene acceso al agua</b>	259.396	12,04	2.777.265	2,76	11
<b>No reporta</b>	85.037	3,95	28.020.414	27,87	330
<b>Total</b>	<b>2.155.267</b>	<b>100</b>	<b>100.522.333</b>	<b>100</b>	<b>47</b>

Fuente: Tomado de Perfetti (2019)-

Se observa que del total de las Unidades de Producción Agropecuaria (UPA) solamente 0,8% están cubiertas por distritos de riego, mientras que la mayoría de ellas usa soluciones ligadas a las dotaciones de recursos naturales como los ríos o la lluvia, mientras que un porcentaje elevado menciona no tener acceso del todo (12%).

A este respecto, CAF apoyó al DNP con estudios que alcanzaron recomendaciones sobre cómo abordar la mejora de los Distritos de Adecuación de Tierras existentes, así como los llamados de “segunda generación”, contemplando el marco legal y normativo, que consideramos puede ser un insumo importante. De igual manera, se propuso el sistema de tarifas para los sistemas de extensión tecnológica para la implementación de la Ley que pone en marcha el Sistema Nacional de Innovación Agropecuaria – SNIA, que debería complementar los esfuerzos en infraestructura para asegurar cultivos rentables en esos proyectos.

Por otro lado, con priorización del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Sostenible, se han apalancado recursos del *Global Climate Fund* (GCF) para estructurar un proyecto de agricultura climáticamente inteligente (CSICAP por sus siglas en inglés), con un aprox. USD 100 MM, que permitirá a las principales cadenas nacionales contar con información agrometeorológica, genética y tecnología para hacerse más resilientes al cambio climático. Este es un aspecto que también deberá ser parte de la política para la intensificación sostenible de las cadenas en las que el país invierte.

CAF, en su Nota Técnica de Logística para la Ruralidad, otorga un papel esencial a la agrologística para el desarrollo agropecuario (CAF, 2021b). De acuerdo con la CAF, la agrologística se define como la logística de apoyo a la producción agropecuaria en entornos rurales, lo que comprende las actividades de planeación, ejecución y control en el flujo de productos agrícolas, desde el productor hasta el consumidor final. Los procesos logísticos actuales conllevan a que cada año, se desperdicia el 34% de los alimentos disponibles, el equivalente a 9.76 millones de toneladas (DNP, 2020); esto lleva a problemas de costos, calidad y desperdicios. Una logística eficiente en el agro promueve la competitividad y estimula el desarrollo rural y social.

En la Nota Técnica de Logística para la Ruralidad, se definen cinco ejes de la agrologística en Colombia: i) Institucionalidad, ii) Infraestructura y servicios logísticos especializados, iii) Tecnologías de información y comunicación (TIC), iv) Gestión de la agrologística, y v) Talento humano. La Tabla 6 presenta la situación actual del país en los cinco ejes.

**Tabla 6. Desafíos en agrologística**

<p><b>Institucionalidad:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Estructura organizacional de agrologística inexistente</li> <li>• Multiplicidad de acciones y herramientas desarticuladas</li> </ul>
<p><b>Infraestructura y servicios logísticos especializados:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vías: mal estado o inexistencia de vías secundarias y terciarias. Poco avance en vías terciarias contenidas en los Planes de Desarrollo con Enfoque Territorial – PDET</li> <li>• Plataformas: no hay consolidación de Infraestructuras Logísticas Especializadas (ILE) e Infraestructuras Logísticas Agropecuarias (ILA)</li> <li>• Servicios logísticos especializados: oferta reducida de servicios de cadena de frío, almacenamiento, empaque y embalaje, transporte y trazabilidad.</li> </ul>
<p><b>Tecnologías de información y comunicación:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fallas en el acceso a la información de la agrologística por parte de los actores, especialmente de pequeños productores.</li> <li>• Escasa apropiación y uso de herramientas digitales que no favorece el desarrollo de capacidades empresariales</li> </ul>
<p><b>Gestión de la agrologística:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrollo limitado de los modelos de gestión enfocados al aprovechamiento de economías de escala.</li> <li>• Atraso en la ejecución del Subsistema Nacional de Extensión Agropecuaria</li> </ul>
<p><b>Talento humano:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Baja capacidad técnica para desarrollar procesos logísticos.</li> <li>• Oferta inadecuada de formación y cualificación en logística agropecuaria</li> <li>• Desconocimiento de referentes y prácticas exitosas en la gestión de procesos logísticos.</li> </ul>

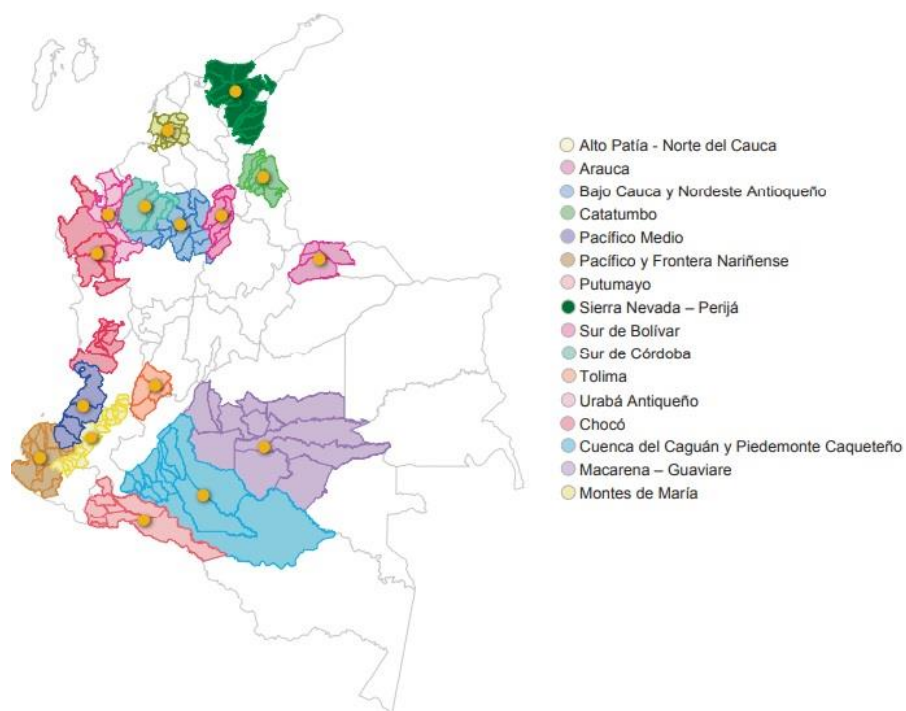
Fuente: Elaboración propia con base en (CAF, 2021b)

Esta realidad se relaciona directamente con el problema de la baja productividad agrícola, por lo que recomendaciones específicas para el desarrollo del sector agropecuario se amplían en la sección 4.3, las cuales recogen a su vez las recomendaciones de la nota técnica de logística para la ruralidad de la CAF.

#### **Programas de Desarrollo con Enfoque Territorial – PDET**

De acuerdo con la Agencia de Renovación del Territorio, los Programas de Desarrollo con Enfoque Territorial – PDET son un instrumento especial de planificación, definido en el acuerdo de paz con las FARC, que tienen como objetivo gestionar con mayor premura las acciones encaminadas a estabilizar y transformar los territorios más afectados por la violencia, la pobreza, las economías ilícitas y la debilidad institucional. Esto, con el fin de lograr el desarrollo rural que se requiere en los territorios. Los territorios PDET se componen de 16 subregiones y 170 municipios de 19 departamentos (ver Gráfica 24).

**Gráfica 24. Subregiones PDET**



Fuente: Agencia de Renovación del Territorio

Los municipios PDET fueron seleccionados con base en criterios de niveles de pobreza extrema y necesidades insatisfechas, afectación derivada de la violencia, debilidad institucional y presencia de cultivos de uso ilícito y de otras economías ilegítimas. Son importantes, ya que corresponden al 36% del territorio nacional, albergan a más de 6 millones de colombianos y a cerca del 24% de la población rural del país. En este sentido, es importante tener en cuenta los PDET son importantes en la conversación de la infraestructura para el desarrollo agropecuario, pues son territorios en su mayor parte rurales, con grandes necesidades de progreso y con potencial en el sector del agro, agroindustria y agroforestal.



## Capítulo 2. Diagnóstico

En este capítulo se describe cada sector de infraestructura desde el punto de vista de su peso en la economía y por el valor de sus multiplicadores de PIB. Igualmente se discuten las brechas en infraestructura a nivel nacional desde diferentes aproximaciones, y necesidades regulatorias. La información económica de cada sector se describe en el Anexo 2.

### 2.1 Valor económico sectorial

En conjunto, el valor económico de los sectores de infraestructura representó el 17,0% del PIB en 2021 (Tabla 7). El sector agropecuario, las TICs (incluyendo otras actividades relacionadas) y el de transporte son las actividades que mayor participación tuvieron en la economía con un peso del 7,4%, 3,4% y 3,1% del PIB respectivamente.

La dinámica reciente de estos sectores ha mostrado cambios significativos. Por ejemplo, los sectores relacionados con la agricultura, ganadería, silvicultura y pesca (participación de 7,53% del PIB en 2005) y el de energía (participación de 2,18% del PIB en 2005) son los que han ganado mayor participación desde los últimos 6 años. Otros sectores como el de agua y residuos han mantenido una participación relativamente baja ubicándose por debajo del 1% del PIB.

**Tabla 7. Resumen del valor económico de los sectores de infraestructura**

Sector	Peso del sector en el PIB 2021, %	Variación 2005 vs 2021, %
Agua	0,3%	30,1%
Residuos	0,8%	34,4%
Energía	2,0%	47,7%
Transporte	3,1%	37,6%
TICs	3,4%	111,6%*
Agropecuario	7,4%	51,1%
<b>Total</b>	<b>17,0%</b>	

Fuente: DANE.

Nota: \*El comportamiento del subsector económico se aproximó a partir de la dinámica observada en el sector de información y comunicaciones en las cuentas nacionales publicadas por el DANE.

La evolución real (series encadenadas de volumen con año de referencia 2015) del sector de tecnologías para la información y las comunicaciones representa la actividad económica que ha registrado una mayor dinámica en los últimos 17 años (variación de 111,6%) pasando de contabilizar \$12.730 miles de millones de pesos constantes en 2005 a \$26.939 miles de millones en 2021, lo que significó una variación anual promedio de 5,0% durante el mismo periodo de referencia. A su vez, las siguientes dos actividades que registraron mayores crecimientos fueron las agropecuarias y la de energía con variaciones respectivas de 51,1% y 47,7%.

Para un mayor nivel de detalle, en el segundo apartado de los Anexos se presenta de manera específica el valor económico de cada uno de estos sectores, las actividades económicas que consideran y la evolución real en los últimos 17 años. A continuación, se presenta una estimación acerca del impacto que tendría las inversiones en el producto agregado.

## **2.2 Multiplicadores de la inversión en infraestructura**

La inversión en infraestructura tiene además un efecto multiplicador en diferentes dimensiones de la economía. En este aparte se analizan los multiplicadores que genera en términos fiscales, impacto en el PIB y en el desarrollo regional.

### **Multiplicadores fiscales**

La inversión pública como aproximación de la inversión de un gobierno en infraestructura, es más eficiente que otros tipos de gasto público para estimular el crecimiento económico, en el mediano plazo, como demuestra Global Infrastructure Hub (2020) en un metaanálisis con más de 3.000 estimaciones del multiplicador fiscal de más de 200 estudios académicos en economías desarrolladas y en desarrollo durante los últimos 25 años.

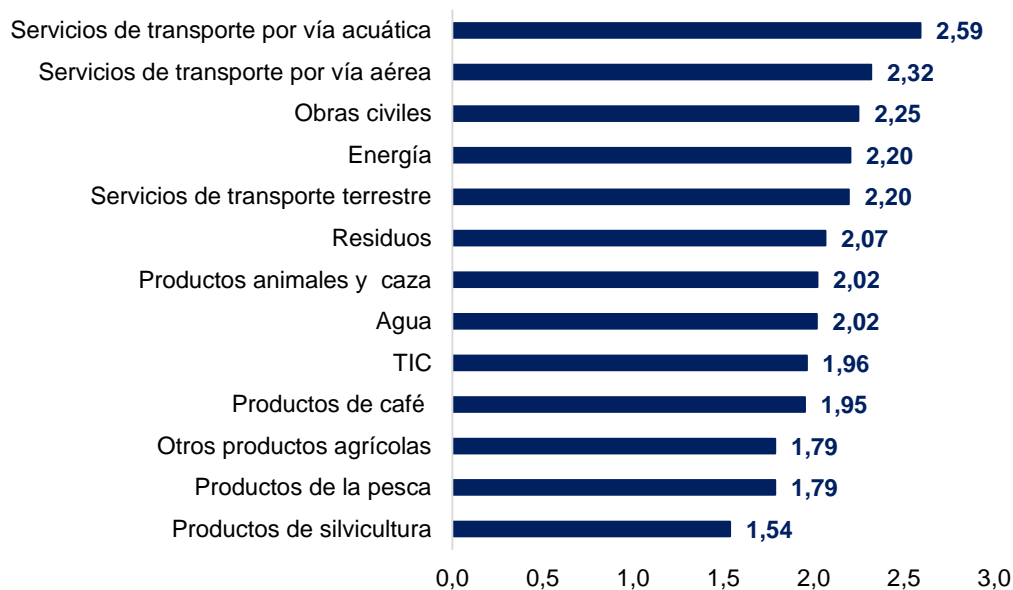
Este estudio, realizado para respaldar el Plan de acción del G20 en respuesta a la pandemia de COVID-19, encontró que la *inversión pública tiene un multiplicador fiscal promedio de aproximadamente 0,8 dentro de 1 año y de aproximadamente 1,5 dentro de 2 a 5 años*. Estos multiplicadores son superiores a los encontrados para el gasto público en su conjunto, en ambos horizontes temporales. Por su parte, el multiplicador fiscal tiende a ser mayor (alrededor de 1,6) durante la fase de contracción del ciclo económico, lo que sugiere que, en general, es menos probable que la inversión pública “desplace” (*crowd out* en inglés) la actividad económica privada en tiempos de recesión.

Estos resultados tienen implicaciones importantes para los gobiernos de todo el mundo, ya que el desafío de las políticas pasa cada vez más de una respuesta inmediata de las crisis del COVID-19 y de la guerra entre Rusia y Ucrania, a una recuperación económica a más largo plazo. Aplicado al caso colombiano, la inversión en infraestructura es un elemento importante de los paquetes de estímulo a mediano y largo plazo para ayudar a impulsar un repunte económico y permitir una transformación sostenible de la economía.

### **Multiplicadores de PIB**

Una vez entendido el efecto que tiene la inversión pública en infraestructura, queda la inquietud de cuales sectores económicos podrían tener un mayor efecto multiplicador en la economía. La Gráfica 25 presenta los multiplicadores en el PIB de cada uno de los sectores considerados a lo largo del trabajo. La interpretación de los multiplicadores es el cambio que se observaría en el PIB ante un aumento de una unidad de valor (un peso colombiano o COP) de la demanda final. Los multiplicadores se obtienen con la ayuda de una Matriz de Contabilidad Social (MCS), que registra todas las transferencias y transacciones reales entre sectores e instituciones de una economía nacional.

**Gráfica 25. Multiplicadores del PIB por sectores económicos**



Fuente: DANE y cálculos Fedesarrollo.

Nota: los multiplicadores captan los impactos directos, indirectos e inducidos de un aumento de la demanda final. El cálculo utiliza la MCS de Fedesarrollo para Colombia, que está compuesta por 12 grupos de sectores y 68 subsectores.

Considerando los anteriores resultados, los sectores que tendrían un mayor efecto multiplicador en la economía desde el punto de vista de los encadenamientos sectoriales son los de transporte acuático y aéreo, la construcción de infraestructura de todo tipo (obras civiles), y las inversiones en el sector de energía, ya que dichas actividades económicas cuentan con multiplicadores de 2,59, 2,32, 2,25 y 2,20 respectivamente.

### **Multiplicadores regionales**

Hernández (2020) presenta los efectos de las inversiones de proyectos de regalías sobre el producto departamental a nivel sectorial. Para esto se utiliza una Matriz Insumo Producto Regional (MRIO) construida con los datos del 2010 para Colombia.

**Tabla 8. Multiplicadores de la producción a nivel departamental**

	Agua	Construcción	Obras Civiles	Transporte terrestre	Transporte acuático	Transporte aéreo	Otros servicios	Educación	Salud	Alcantarillado	Recreación
Amazonas	1,128	1,000	1,000	1,000	1,000	1,314	1,129	1,107	1,782	1,117	1,266
Antioquia	1,417	1,595	1,656	1,385	1,698	1,563	1,305	1,308	1,963	1,466	1,476
Arauca	1,106	1,075	1,114	1,060	1,244	1,137	1,067	1,072	1,439	1,108	1,127
Atlántico	1,392	1,552	1,606	1,380	1,486	1,573	1,299	1,301	1,986	1,441	1,451
Bogotá	1,350	1,477	1,556	1,385	1,415	1,545	1,296	1,298	1,768	1,433	1,481
Bolívar	1,370	1,440	1,534	1,455	1,755	1,647	1,255	1,237	1,946	1,417	1,367
Boyacá	1,286	1,470	1,510	1,261	1,218	1,000	1,183	1,181	1,770	1,300	1,328
Caldas	1,385	1,502	1,583	1,381	1,000	1,524	1,271	1,268	1,926	1,430	1,440
Caquetá	1,220	1,200	1,262	1,166	1,508	1,280	1,154	1,158	1,808	1,255	1,263
Casanare	1,156	1,132	1,197	1,111	1,274	1,253	1,089	1,083	1,404	1,173	1,122
Cauca	1,334	1,414	1,492	1,260	1,496	1,453	1,248	1,249	1,948	1,366	1,399
Cesar	1,245	1,179	1,256	1,158	1,443	1,369	1,166	1,162	1,832	1,250	1,254
Chocó	1,123	1,094	1,122	1,057	1,478	1,198	1,082	1,086	1,761	1,122	1,145
Córdoba	1,334	1,228	1,341	1,203	1,565	1,424	1,223	1,217	1,863	1,370	1,334
Cundinamarca	1,323	1,542	1,586	1,368	1,686	1,000	1,234	1,235	1,869	1,354	1,390
Guajira	1,176	1,046	1,103	1,095	1,347	1,211	1,094	1,087	1,785	1,124	1,145
Guainía	1,000	1,047	1,080	1,000	1,000	1,204	1,113	1,000	1,779	1,000	1,267
Guaviare	1,172	1,000	1,236	1,090	1,000	1,220	1,111	1,000	1,779	1,000	1,253
Huila	1,287	1,244	1,327	1,266	1,300	1,420	1,189	1,179	1,765	1,294	1,300
Magdalena	1,259	1,227	1,308	1,269	1,567	1,469	1,207	1,195	1,849	1,286	1,330
Meta	1,179	1,156	1,233	1,245	1,397	1,358	1,120	1,104	1,464	1,217	1,175
Nariño	1,257	1,350	1,402	1,259	1,000	1,372	1,193	1,195	1,831	1,295	1,304
Norte de Santander	1,285	1,450	1,482	1,260	1,000	1,440	1,230	1,231	1,857	1,303	1,387
Putumayo	1,140	1,000	1,142	1,241	1,667	1,339	1,120	1,109	1,781	1,166	1,217
Quindío	1,304	1,368	1,436	1,340	1,000	1,456	1,222	1,219	1,851	1,353	1,373
Risaralda	1,310	1,448	1,533	1,362	1,000	1,551	1,271	1,271	1,893	1,394	1,433
San Andrés y P.	1,283	1,105	1,229	1,283	1,456	1,450	1,201	1,175	1,751	1,301	1,343
Santander	1,272	1,282	1,382	1,445	1,769	1,540	1,212	1,210	1,674	1,339	1,304
Sucre	1,251	1,389	1,409	1,259	1,317	1,399	1,177	1,174	1,828	1,261	1,277
Tolima	1,317	1,419	1,484	1,337	1,000	1,461	1,235	1,223	1,864	1,365	1,396
Valle	1,382	1,529	1,599	1,381	1,363	1,586	1,300	1,296	1,869	1,433	1,459
Vaupés	1,000	1,000	1,101	1,000	1,000	1,350	1,126	1,000	1,778	1,000	1,257
Vichada	1,167	1,059	1,139	1,060	1,000	1,217	1,114	1,000	1,782	1,000	1,260

Fuente: DNP (2020). Nota: en el caso de Antioquia, una inversión de \$1000 en proyectos de regalías para el sector de agua potable aumenta el producto en \$417.

### 2.3 Análisis de brechas

Con el objetivo de identificar las brechas en infraestructura, se consultaron cuatro fuentes, nacionales e internacionales: el Departamento Nacional de Planeación (DNP), el Ministerio de Vivienda, el cálculo de las brechas para dar cumplimiento a los ODS y el estudio de brechas en infraestructura para la Región Andina realizado por el BID.

Las siguientes tablas presentan un compilado de inversiones requeridas para el cierre de brechas en los sectores de agua y saneamiento, energía, telecomunicaciones y transporte. Así mismo, los sectores tienen divisiones dentro de sí. El sector de agua y saneamiento tiene inversiones para los subsectores de agua potable, saneamiento y tratamiento de aguas residuales. Las inversiones del sector de energía se dividen entre cobertura universal, seguridad energética, entendida como inversiones de combustibles fósiles, y transformación energética. En el sector de telecomunicaciones, se encuentran las inversiones para móvil y banda ancha.

Para los ODS, los cálculos se enfocan en acceso a banda ancha y a internet en general; mientras que, en el estudio para países andinos, se calcula el acceso a red de telefonía móvil. Finalmente, el sector de transporte se compone de cinco subsectores o modalidades: aéreo, férreo, portuario, carreteras, transporte público y fluvial. Es importante resaltar que los datos se encuentran como porcentaje del PIB y, cuando la fuente no incorpore datos de algún sector o subsector, se encuentran las siglas s.i., sin información.

En primer lugar, la Tabla 9 presenta las estimaciones nacionales, realizadas por el DNP y Ministerio de Vivienda. La columna (1) utiliza como fuente el cálculo de la Dirección de Infraestructura y Energía

Sostenible (DIES) del DNP. La misma, contiene información relacionada con los sectores de transporte y energía.

Las columnas (2) y (3) presentan los cálculos del Ministerio de Vivienda, que corresponden a la inversión necesaria para dar cumplimiento con las metas sectoriales de gestión sostenible del agua potable y saneamiento básico que se establecieron en los Objetivos de Desarrollo Sostenible para la vigencia 2030. Cada una de las columnas consideran dos escenarios: por un lado, suponen la estructuración de estudios y diseños con la Resolución MVCT 1096 de 2000 (columna 2) y por el otro suponen la disminución de costos debido a la renacionalización de la infraestructura y menores dotaciones definidos en el marco de la Resolución MVCT 330 de 2017 (columna 3).

Finalmente, la columna (4) presenta la inversión anual promedio como porcentaje del PIB entre 2008 y 2019 para cada sector de infraestructura. Esto, permite comparar las inversiones realizadas con las brechas existentes.

Los sectores en los cuales se calculan las brechas son agua potable y saneamiento, energía, telecomunicaciones y transporte. No obstante, en el ámbito nacional, el DIES contiene estimaciones de energía y transporte; mientras que el Ministerio de Vivienda sólo presenta cálculos de agua potable y saneamiento.

**Tabla 9. Brechas por sector – cálculos nacionales**

Sectores / Estudios	DIES (1)	Ministerio de Vivienda		Inversión en el sector ( % PIB ) (4)
		Escenario 1 (2)	Escenario 2 (3)	
<b>Agua potable y saneamiento</b>				<b>0.57%</b>
Agua potable	s.i.	2.90%	2.64%	
Saneamiento	s.i.	2.08%	2.08%	
Tratamiento de aguas residuales	s.i.	1.56%	1.56%	
<b>Energía</b>				<b>0.14%</b>
Cobertura universal	0.59%	s.i.	s.i.	
Seguridad energética	11.22%	s.i.	s.i.	
Transformación energética	5.11%	s.i.	s.i.	
<b>Telecomunicaciones</b>				<b>0.11%</b>
Móvil	s.i.	s.i.	s.i.	
Banda ancha (Suscripción a internet)	s.i.	s.i.	s.i.	
<b>Transporte</b>				<b>1.20%</b>
Aéreo	2.28%	s.i.	s.i.	
Férreo	0.32%	s.i.	s.i.	
Marítimo	0.56%	s.i.	s.i.	
Carreteras	7.55%	s.i.	s.i.	
Transpore público	4.11%	s.i.	s.i.	
Fluvial	0.45%	s.i.	s.i.	
<b>Total</b>	<b>32.19%</b>	<b>6.54%</b>	<b>6.27%</b>	<b>2.02%</b>

Fuente: Tomado de (1) Departamento Nacional de Planeación (2022b). (2 y 3) Ministerio de Vivienda (2018). (4) Infracolombia (2019).

Nota: Se calculan las brechas de inversión como porcentaje del PIB. Asimismo, se utiliza el PIB de 2019 para obtener cifras prepandemia.

La Tabla 10 presenta las estimaciones internacionales de las brechas en agua potable y saneamiento, energía, telecomunicaciones y transporte. La columna (1) indica las necesidades de inversión para cumplir con las metas de los ODS para 2030. La información fue obtenida a partir de BID (2021), Brichetti et al (2021) y CAF (2016). Las columnas (2) a la (5) presentan las brechas en infraestructura calculadas por BID (2020). Allí, se realizó el cálculo de las brechas bajo dos modalidades: horizontal y vertical. La brecha horizontal mide la diferencia en los indicadores de stock de infraestructura entre Colombia y algunos países o regiones objetivo. Dentro de la metodología de brechas horizontales se calcularon brechas de corto y largo plazo. La columna (2) presenta las brechas de corto plazo, las cuales indican la diferencia en el stock de infraestructura que tiene actualmente Colombia, frente al potencial en el que debería estar el país. Este stock potencial fue calculado mediante un modelo econométrico que incorpora características de la economía, tales como el tamaño de la economía, densidad poblacional, condiciones geográficas y características socioeconómicas<sup>11</sup>.

Similarmente, la columna (3) indica las brechas de largo plazo, las cuales presentan las diferencias en infraestructura de Colombia con algún grupo de países o regiones de comparación. Para los sectores de agua potable y saneamiento, electricidad, telecomunicaciones y aeropuertos se realiza la comparación con los países OCDE, incluyendo sólo los países que forman parte de la distribución mediana de ingresos. Para el subsector de transporte, férreo se contrasta con los países de la Alianza del Pacífico, para el marítimo con los Países Asiáticos<sup>12</sup> y para carreteras con los Upper Middle Income y Lower High Income, es decir, países con PIB per cápita inferior a US\$ 20,578. Para la estimación de la brecha en el corto plazo, se utilizó información anual en el periodo 2010 – 2017; mientras que para la brecha de infraestructura de largo plazo se utilizó el dato disponible más reciente de cada indicador.

Por su parte, las brechas verticales en infraestructura fueron calculadas a partir de un ejercicio econométrico de series de tiempo, en el cual se predijeron los valores futuros de los indicadores de infraestructura, controlando por presiones de demanda asociada a la población y al PIB. En este sentido, se presentan dos escenarios: la columna (4) presenta los cálculos mediante un escenario base, correspondiente a los pronósticos de variables estructurales provenientes del WEO-FMI y la columna (5) expone los resultados en un escenario optimista, bajo el escenario de crecimiento del PIB del 5%; bajo el argumento que las inversiones en infraestructura para el cierre de las brechas impulsarían la economía. La brecha vertical resultante es producto de las demandas estimadas, y los precios utilizados en la estimación de la brecha horizontal<sup>13</sup>. Similar a la tabla anterior, la columna

---

<sup>11</sup> La estimación de la brecha del transporte férreo no se contabiliza en el total de la brecha de corto plazo. Lo anterior, debido a que el valor de corto plazo fue superior al de largo plazo.

<sup>12</sup> China, Indonesia, Japón, República de Corea, Malasia, Filipinas, Singapur, Tailandia y Vietnam

<sup>13</sup> Para el sector de agua potable y saneamiento existe solo un escenario, teniendo en cuenta que no se utilizó en la estimación diferentes escenarios de demanda.

(6) presenta la inversión anual promedio como porcentaje del PIB entre 2008 y 2019 para cada sector de infraestructura.

**Tabla 10. Brechas por sector – cálculos internacionales**

Sectores / Estudios	ODS (BID) (1)	BID (Brechas en América Latina)				Inversión en el sector (% PIB) (6)
		Brecha horizontal		Brecha Vertical		
		Corto plazo (2)	Largo Plazo (3)	Escenario base (4)	Escenario optimista (5)	
<b>Agua potable y saneamiento</b>						
Agua potable	2.75%	1.25%	3.28%	0.21%		<b>0.57%</b>
Saneamiento	5.59%	0.73%	5.96%	1.41%		
Tratamiento de aguas residuales	0.62%	s.i.	s.i.	s.i.	s.i.	
<b>Energía</b>						
Cobertura universal	1.94%	0.08%	0.95%	24.31%	29.48%	<b>0.14%</b>
Seguridad energética	s.i.					
Transformación energética	10.76%					
<b>Telecomunicaciones</b>						
Móvil	5.91%	-	-	-	-	<b>0.11%</b>
Banda ancha (Suscripción a internet)		-	0.65%	0.82%	1.10%	
<b>Transporte</b>						
Aéreo	0.16%	-	0.08%	0.63%	0.78%	<b>1.20%</b>
Férreo	s.i.	*25.63%	8.31%	s.i.	s.i.	
Marítimo	1.50%	0.10%	1.24%	0.35%	0.45%	
Carreteras	16.58%	8.91%	16.37%	5.17%	6.57%	
Transporte público	7.96%	s.i.	s.i.	s.i.	s.i.	
Fluvial	s.i.	s.i.	s.i.	s.i.	s.i.	
<b>Total</b>	<b>53.76%</b>	<b>11.08%</b>	<b>36.85%</b>	<b>32.91%</b>	<b>39.99%</b>	<b>2.02%</b>

Fuente: Tomado de (1) Brichetti et al (2021) y CAF (2016). (2 a 5) BID (2020). (6) Infralatam (2019).

Notas: Se calculan las brechas de inversión como porcentaje del PIB. Se utiliza el PIB de 2019 para obtener cifras prepandemia.

\* El ferrocarril no se tiene en cuenta para la sumatoria de brechas totales en el corto plazo. Esto, debido a que el valor es superior a la brecha de corto plazo. La sigla s.i. corresponde a: sin información para el sector. En los cálculos del BID, la brecha monetaria en la brecha horizontal es cero para la red móvil. No se calcula la brecha vertical porque el acceso a la red móvil es cercano al 100%.

De acuerdo con las tablas anteriores, es importante tener en cuenta algunos aspectos sobre los cálculos. En el sector de agua potable, saneamiento y tratamiento de aguas residuales, ODS y BID realizan sus cálculos de brechas teniendo en cuenta únicamente el acceso a estos servicios; mientras que el Ministerio de Vivienda propone un monto de inversión que contempla los componentes de ampliación de cobertura, optimización y reposición de infraestructura, mejoramiento en los procesos de producción y sistematización de información, así como la implementación de estrategias de fortalecimiento institucional a nivel nacional, regional y local.

Para el sector de energía, el DIES se enfoca en las incorporaciones de nuevas fuentes y tecnologías a la matriz energética, y seguridad energética (combustibles fósiles), y el BID en cobertura de electricidad; por su parte, los ODS combinan la cobertura eléctrica y la capacidad instalada para generación de energía eléctrica correspondiente a fuentes renovables. Para el sector telecomunicaciones, en los ODS se incluye banda ancha y acceso a internet en general; mientras que para el cálculo del BID se incorpora el acceso a banda ancha y a red móvil, esta última entendida como acceso a red de telefonía móvil<sup>14</sup>. Finalmente, en el sector de transporte, sólo DIES y ODS contemplan brechas en el transporte público.

En el sector de telecomunicaciones, los resultados previos se enfocan en las brechas relacionadas con el acceso. No obstante, es menester observar las brechas relacionadas con la calidad de los servicios. De acuerdo con lo anterior, el Índice de Desarrollo de la Banda Ancha (IDBA) es una herramienta utilizada por el BID para calcular las brechas digitales, tanto con el clúster al cual pertenece el país, como con OCDE. Este índice se compone de cuatro pilares: “Políticas públicas y visión estratégica”, “Regulación estratégica”, “Infraestructuras” y “Aplicaciones y capacitación” (Ver anexo A1).

Así mismo, en 2020 se desarrolló una metodología para calcular el CAPEX necesario para cerrar la brecha con respecto a la OCDE. Esta brecha tiene en cuenta no solo acceso sino calidad del servicio, teniendo en cuenta variables como: índices de concentración de la competencia en el mercado de la banda ancha fija y móvil; estado de los planes de desarrollo de la banda ancha; uso de los fondos de servicio universal; suscripción a la banda ancha fija y móvil, en el caso de los países de ALC; existencia de Puntos de Intercambio de Internet [IXP, por sus siglas en inglés, Internet Exchange Provider], y asignación de espectro para comunicaciones móviles en bandas por debajo de 3 GHz.

La Tabla 11 presenta la inversión necesaria para el cierre de la brecha digital en Colombia, en comparación con la OCDE. Se estiman los resultados para banda ancha móvil y fija. Así mismo, se obtienen los resultados tanto en dólares, como en términos porcentuales con respecto al PIB.

**Tabla 11. Inversión para el cierre de brecha digital para Colombia, con respecto a la OCDE**

	USD dólares	Inversión / PIB <sup>15</sup>
CAPEX Móvil	\$2,006,378,306.60	0.64%
CAPEX Fijo	\$3,803,526,628.28	1.21%
CAPEX Total	\$5,809,901,934.88	1.85%

Fuente: Elaboración propia con base en García et al, (2020).

Por su parte, la

<sup>14</sup> Cuando no exista información se colocan las siglas s.i.

<sup>15</sup> Para el cálculo de la inversión en términos de PIB se utilizó el PIB promedio de los años 2008 a 2019.



Tabla 12 presenta los resultados del IDBA y sus respectivos subíndices para Colombia, los países prestatarios del BID<sup>16</sup>, el clúster de países andinos<sup>17</sup> y los miembros OCDE. El ranking del país corresponde a la posición de Colombia entre los 65 países analizados. Las estimaciones de todas las variables se encuentran en el Anexo A2.

**Tabla 12. Ranking global IDBA y subíndices**

	Colombia		BID	BIDPA	OCDE
	Ranking	Puntaje			
Índice de Desarrollo de la Banda Ancha (IDBA)	46	4.69	4.41	4.11	6.20
Subíndice de Políticas Públicas (PE)	51	4.34	3.75	3.46	6.43
Subíndice regulación estratégica (RG)	32	5.78	5.23	5.27	5.94
Subíndice de infraestructura (IN)	48	4.32	4.27	3.76	6.12
Subíndice aplicaciones y capacitación (AC)	48	4.33	4.29	3.99	6.52

Fuente: García et al, (2020).

## 2.4 Necesidades regulatorias y oportunidades de política pública

En esta sección se presentan necesidades regulatorias por cada sector de infraestructura, y en el capítulo de propuestas se seleccionan aquellas que se proponen como prioridad de inclusión en el Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026.

### En energía

- Usar los ingresos fiscales de las exportaciones de combustibles fósiles para financiar investigación y desarrollo en energía para llevar nuevas tecnologías a su frontera comercial, y la financiación de infraestructura más verde y digitalizada.
- Promover los recursos renovables a una velocidad consistente con el mejor esfuerzo de financiación y adopción de tecnologías limpias rentables en oferta y demanda.
- Diseñar una política de oferta construida como un portafolio que balancee la participación de diferentes energéticos para asegurar la continuidad del servicio y reducir eficientemente la dependencia de las importaciones en un contexto de turbulencia de los mercados energéticos.
- En particular, aprovechar el gas natural como el combustible fósil más limpio posible que provee densidad en usos térmicos directos e indirectos y una parte del transporte, así como seguridad y continuidad en la generación eléctrica.
- Construir una política de transición justa para las regiones productoras de hidrocarburos.

<sup>16</sup> Países BID: Argentina, Bahamas, Barbados, Belice, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Guyana, Haití, Honduras, Jamaica, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, Perú, República Dominicana, Suriname, Trinidad y Tobago, Uruguay y Venezuela.

<sup>17</sup> Países BID – Andinos: Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela.

- Reducir la brecha entre oferta y demanda de financiación energética limpia, que es atomizada en ambos lados del mercado de financiación.
- Promover la innovación en aumento de la cobertura en zonas no interconectadas, en uso de recursos energéticos descentralizados y en modelos de gobernanza de recursos energéticos descentralizados (RED) en entornos urbanos (Ciudades inteligentes en Energía) y en aprovechamiento de residuos orgánicos agrícolas y forestales.

### **En transporte**

- El Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026 debe tener como una de sus prioridades definir una política de financiamiento de la infraestructura de transporte. Esto incluye proponer una senda estable de aumento simultáneo de los aportes públicos nacionales y subnacionales, adición de nuevas fuentes de financiación por fuera del sector (valor del suelo, valor residual de concesiones), y racionalización de los cobros a los usuarios y de los recursos de regalías. Lo anterior se logrará con incentivos y arreglos innovadores que puedan atender la expansión y mantenimiento de las redes en todos los niveles y acerquen a los sistemas de transporte masivo urbano a su sostenibilidad financiera.
- Es importante confirmar la continuidad y aclarar el alcance del instrumento de las APP, preservando la estructura de incentivos de inversión y operación integradas por actores privados y aumentando su valor por dinero con mayor competencia en los mercados de concesionarios y de capitales.
- Promover el desarrollo de capacidades empresariales y atraer nuevos jugadores en servicios de transporte, que pasa por la creación de firmas regulables en transporte de carga. Estimular la entrada de nuevos financiadores y *sponsors* de concesiones con simplificación y estabilidad normativa. Se deben elaborar especificaciones técnicas para el mantenimiento y desarrollar planes de capacitación en estructuración de proyectos en los entes territoriales.
- Definir una política de gestión de riesgos climáticos en transporte. Se debe establecer el marco de referencia de {retención + transferencia + mitigación del riesgo + abandono de activos expuestos} con respecto a los riesgos climáticos, y adoptar una metodología de toma de decisiones bajo incertidumbre profunda. Colombia debe prepararse para promover menos proyectos individuales de infraestructura, o de menor tamaño, pero con mayor capacidad de enfrentar eventos extremos.
- Continuar la implementación de recomendaciones de Comisión de Infraestructura 2019. Incluye la reglamentación de concesiones, la mejora de la asignación de riesgos contractuales, la reglamentación del cabildeo, la introducción de expertos independientes para reducir los tiempos y costos de las controversias y fortalecimiento de la gestión contractual. La contratación de proyectos de infraestructura debe subir sus estándares en sostenibilidad

ambiental, social, de gobernanza y transparencia. El aumento de la competencia efectiva entre agentes idóneos será un elemento disuasivo de prácticas corruptas.

- Profundizar el diálogo entre ordenamiento territorial y redes nacionales. Los Planes de Ordenamiento Territorial (POT) deben habilitar usos logísticos y la infraestructura de conexión nacional. En particular, los empalmes entre diferentes modos de transporte, los accesos y la logística requieren coordinar usos del suelo e inclusión en los contratos de concesión de obras lineales. Los accesos urbanos son hoy un cuello de botella importante limitando la productividad urbana, que requieren de atención urgente en materia de coordinación jurisdiccional, institucional y de financiación.
- Se recomienda estimular el desarrollo de plataformas de entrega por demanda que minimicen los costos de las transacciones, ayuden a coordinar todas las cadenas logísticas, acercando más directamente y de una manera más eficiente a propietarios de los vehículos, conductores, operadores, prestadores de servicios, y generadores. Estas plataformas podrán amplificar las oportunidades de crecimiento económico aprovechando nodos de la red de transporte (aeropuertos, puertos, zonas de logística de valor agregado) con una regulación avanzada de comercio electrónico y de plataformas.
- Promover el transporte público urbano y su descarbonización, y alternativas de servicios de movilidad sin emisiones. Para esto es necesario desarrollar una política sostenible de cofinanciación de la operación de los sistemas de transporte público masivo, la identificación de fuentes adicionales de financiación dentro y fuera del sector transporte, junto con la revisión de la política tarifaria teniendo en consideración la capacidad de pago de los usuarios, y la mejor focalización de los recursos.
- Las motos deben recibir un tratamiento regulatorio e impositivo que no estimule su crecimiento indiscriminado, su depredación del transporte público y su aporte más que proporcional a la accidentalidad vial.
- La coordinación de políticas transversales que protejan el medio ambiente, aceleren la renovación de flota limpia (pública y privada, de carga y de pasajeros) y mejoren el acceso a oportunidades en las ciudades, tiene altos retornos en congestión/productividad, emisiones locales y globales, y equidad. En este sentido, continuar con la implementación de cargos por congestión y contaminación, establecer zonas de protección ambiental, y aumentar la eficiencia del uso de la infraestructura y los vehículos aumentado las tasas de ocupación y reduciendo los viajes en vacío es determinante.
- Se debe coordinar entre MinTIC y Ministerio de Transporte la regulación de las plataformas de intermediación en transporte, con el criterio de fomentar la competencia, la seguridad y la ampliación de oportunidades para el usuario final. Las plataformas deben ajustarse a la legislación fiscal y demás normativas que aseguren una competencia justa.

### **En agua, saneamiento básico y residuos**

- Ajustar la normativa tarifaria de agua potable y saneamiento básico, con base en la consultoría de la CRA sobre las tarifas de agua. A través de esta normativa, se pueden generar arreglos institucionales acordes con la ruralidad, para desarrollar los municipios, proponer mecanismos de financiación y otorgar asistencia técnica.
- Realizar el seguimiento al piloto de regionalización de los servicios de agua potable y alcantarillado en el departamento de Córdoba. Con base en ello, implementar otro piloto en una región diferente, que permita fortalecer el mecanismo y la hoja de ruta para la implementación del sistema de regionalización de acueductos.
- Promover la economía circular a través del diseño de instrumentos en el marco de la gestión integral de residuos sólidos.
- Promover la cultura ciudadana, la educación e innovación en gestión integral de residuos con el fin de prevenir la generación de residuos, promover la reutilización e incrementar los niveles de separación en la fuente y de aprovechamiento.
- Generar un entorno institucional propicio para la coordinación entre actores que promueva la eficiencia en la gestión integral de residuos sólidos.
- Mejorar el reporte, monitoreo, verificación y divulgación de la información sectorial para el seguimiento de la política pública referente a la gestión integral de residuos sólidos.

#### **En TICS**

- Acelerar la regulación de convergencia. Con la reforma a la CRC, se deben actualizar las regulaciones previas que impliquen ambigüedad o arbitraje para que las firmas de telecomunicaciones desplieguen rápidamente la tecnología 5G. La mejora regulatoria incluye la profundización de las disposiciones para uso compartido de las redes, especialmente en la 'última milla', para evitar la creación de barreras a la competencia.
- Desarrollar regulación favorable al funcionamiento e inversión en plataformas. En la reconfiguración permanente de las cadenas de valor, las plataformas serán vitales para armonizar las nuevas políticas de distanciamiento social y virtualización de actividades, la circulación de bienes y servicios postpandemia.
- Desarrollar un Plan agresivo de conectividad inteligente (Huawei 2019; ver Gráfica 28) con enfoque en las pymes. El reto más importante del sector TIC en Colombia, además de reducir las brechas digitales en conectividad a banda ancha y velocidad de descarga, es avanzar en *conectividad inteligente* (integración entre computación en la nube (*cloud*), conectividad de banda ancha, internet de las cosas e inteligencia artificial), como se plantea en el capítulo 4 de recomendaciones.
- Introducir medidas para promover mayor competencia efectiva en las telecomunicaciones móviles, con medidas que nivelen las tarifas de los planes de voz y datos, y las capacidades de cada operador de competir según su participación de mercado.



## Capítulo 3. Transición energética en Colombia<sup>18</sup>

En este capítulo se compara la actual transición energética internacional con las anteriores, que han cambiado los porcentajes de las fuentes primarias, pero no han reducido los totales de producción de estas fuentes, se proponen principios para desarrollar una transición factible en Colombia, se presenta la evolución de una evolución del PIB per cápita, energía per cápita, emisiones de GEI per cápita hasta el año 2030, y se enumeran medidas de regulación y política energética, financiación e intervenciones a nivel nacional.

### 3.1 Las motivaciones de las transiciones energéticas

Las lecciones de las transiciones energéticas anteriores en el mundo se resumen a continuación:

El *driver* de las transiciones no proviene de la aparición de nuevas fuentes primarias, sino de la disponibilidad de artefactos que las pueden usar. La descarbonización no tendrá lugar por motivos de escasez de fuentes primarias ni por precios excesivos de la energía, ni por la necesidad de atender racionamientos, ni por baja confiabilidad (Smil 2020). La actual transición energética está motivada por el cambio climático, para reducir porcentajes y niveles totales de consumo de hidrocarburos. Un cambio de este tipo no tiene precedentes en la historia de la humanidad por las aspiraciones de velocidad, la escala y la apuesta a las fuentes intermitentes de baja densidad de energía y de potencia.

La civilización global es altamente dependiente de los combustibles fósiles y la demanda futura de carbón y de combustibles líquidos aumentará en los países de ingreso medio y bajo. El costo de llegar a la carbono-neutralidad es muy alto. Fedesarrollo (2022) tiene, como estimativo de orden de magnitud, que las inversiones necesarias para cumplir con los compromisos NDC en mitigación ascenderían a 0,5% del PIB.

La meta de llegar a economías libres de carbono en 20 años ignora o subestima la profundidad de la descarbonización requerida y las necesidades de mayor consumo de energía de los países en desarrollo. Se debe ampliar el uso de las fuentes más limpias, pero, durante 20 años por lo menos, *no toda la energía se va a electrificar* (teniendo presente que en la situación actual la electrificación del consumo energético es del 21%), *ni toda la electricidad se va a producir con fuentes renovables*.

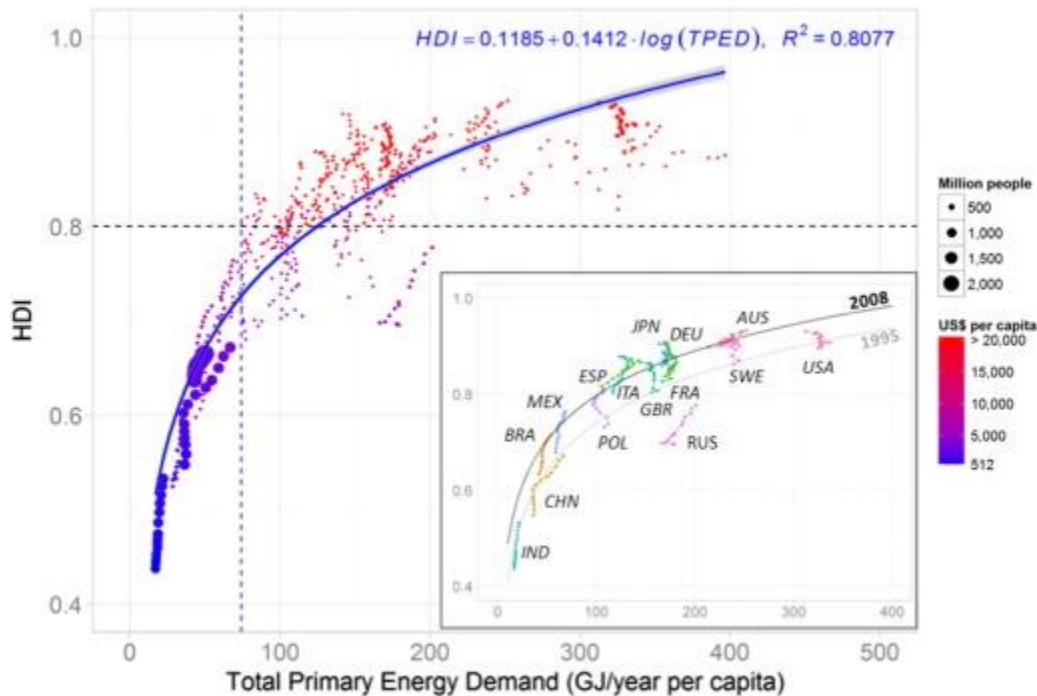
La electricidad renovable intermitente y de baja densidad, y el hidrógeno -que es ante todo un vector energético más que un combustible de uso universal- y las baterías -con capacidades de almacenamiento muy bajas y costos muy altos en la actualidad- no pueden sustituir rápida ni universalmente el consumo final de transporte a largas distancias ni los usos actuales térmicos directos e indirectos (hornos y calderas) en la industria y el comercio. Una fracción de las tecnologías más limpias es factible comercialmente, pero no hay tecnologías rentables para sustituciones de gran densidad de energía o potencia en el mediano plazo.

---

<sup>18</sup> Capítulo realizado por Juan Benavides.

La experiencia internacional encuentra una correlación alta entre consumo de energía y bienestar: los países con un consumo de 130 GJ o más por habitante muestran un índice de desarrollo humano sostenible superior a 0.8 (Ver Gráfica 26). La correlación entre consumo de energía per cápita y desarrollo no implica causalidad. En el caso de Colombia, sin embargo, es notoria la magnitud de necesidades de consumo de energía que se deben llenar para salir de la trampa de ingreso medio y convertirse en una economía industrializada.

**Gráfica 26. Consumo de energía per cápita e Índice de Desarrollo Humano**



Fuente: Arto et al (2016).

En los países desarrollados, existen grandes oportunidades de ahorro energético y condiciones para cambiar radicalmente la estructura productiva hacia servicios o productos de mayor valor y menor intensidad energética. Cuando ese es el punto de partida, es posible crecer con menores consumos de energía y menores emisiones de GEI por habitante de manera simultánea.

Diversos factores impiden el aplanamiento o la reducción inmediata de las emisiones totales cuando se parte de un ingreso bajo por habitante y emita menos gases de efecto invernadero per cápita de manera simultánea en Colombia. Algunas barreras son de tipo financiero (rentabilidad insuficiente de las nuevas tecnologías más limpias o reconversiones, demanda atomizada), o son imposibilidades técnicas. Otras son fallas de mercado y de percepción.

Los impuestos al carbono son un instrumento importante para facilitar una migración a tecnologías de menores emisiones de GEI, pero esta migración enfrenta *costos ocultos* de adopción (necesidades de personal calificado, repuestos, mantenimiento, menor confiabilidad de la nueva tecnología, aversión al cambio desde el lado de la demanda), y además muchas inversiones en activos técnicamente eficientes como hornos y calderas que consumen combustibles fósiles no se

han depreciado y tienen costos de capital (CAPEX) inferiores a las tecnologías más limpias. Es indispensable complementar los impuestos al carbono con instrumentos que reduzcan los riesgos y costos de adopción, y con investigación y desarrollo para acercar tecnologías a su frontera comercial.

### **3.2 Principios de política**

Por el bajo consumo de energía per cápita, unas emisiones totales y relativas bajas y porque la mayoría de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) no provienen de la producción y consumo de energía, sino de actividades vinculadas en el uso y cambio de uso del suelo, la transición energética de Colombia debe ser distinta de la de los países industrializados.

Colombia debe aumentar su consumo de energía per cápita porque tiene un rezago en inversiones de 'ambiente construido' (edificios, infraestructura en sentido amplio) y porque no se ha industrializado. Además de avanzar en el cumplimiento de los compromisos de descarbonización, la política de transición energética debe promover el crecimiento, el bienestar y la equidad. Las intervenciones de la transición deben realizarse en la medida que sean rentables socialmente.

### **3.3 La transición energética de Colombia en dos fases (Fedesarrollo 2022B)**

En 2021, Colombia tuvo un consumo de energía per cápita de 36 GJ/habitante y un PIB per cápita de US\$ 6000/habitante. En 2020, el consumo de energía primaria fue 0,32% del total mundial (BP 2021), la mitad de nuestra participación en la población del planeta (0,65%). En 2018, las emisiones por energía del país fueron de 1,60 toneladas de CO<sub>2</sub> por habitante, mientras que las de Suecia, Alemania y España fueron de 3,54, 8,55 y 5,52 ton CO<sub>2</sub>/habitante, respectivamente (Banco Mundial 2022). Las actividades AFOLU (agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra) responden por el 55% de las emisiones de GEI, y la producción y uso de la energía responde por el 35%.

Colombia tiene un bajo consumo de energía y nivel de emisiones de GEI por consumo de energía porque viene de una estructura productiva débil en manufactura, con una baja tasa de motorización (menos de 200 vehículos/habitante, contra niveles cuatro veces más altos en países industrializados), El 42,5 de la población estaba en condición de pobreza en 2020. El 70% de su generación eléctrica es limpia (hidroeléctrica). Adicionalmente, el porcentaje de emisiones acumuladas de GEI en toda la historia de Colombia es inferior al porcentaje dentro de la población actual del mundo.

En una transición que hace el mejor esfuerzo de reducir emisiones de GEI por unidad de energía producida, y con el objetivo de salir de la *trampa de ingreso medio*, se observaría una curva de Kuznets leve (U invertida) entre el PIB per cápita y las emisiones per cápita, unida a reducciones persistentes en el nivel de emisiones de CO<sub>2</sub> por unidad de energía consumida. No existen modelos teóricos que vinculen las dinámicas simultáneas de PIB/cápita, CO<sub>2</sub>/cápita, energía/cápita y CO<sub>2</sub>/energía, en parte porque hay dependencia de la trayectoria tecnológica, las dotaciones y las políticas de fomento de la diversificación y aumento de productividad. Se pueden construir escenarios plausibles con sendas de evolución o valores corrientes de situaciones que se pueden comparar o escalar.



Con estas limitaciones, Fedesarrollo (2022B) ha desarrollado un modelo estilizado que articula sendas de crecimiento del PIB y de la población con sendas plausibles de los cocientes de energía por unidad de PIB y de emisiones de GEI por unidad energética. Las diferentes velocidades se reflejan en una transición con un aumento del consumo de energía a una velocidad superior a la de la descarbonización en una primera fase de 10 años, situación que puede revertir en los siguientes 20 años, en una senda de dos fases:

- Primera fase: Con la reducción de la pobreza, el crecimiento de la clase media, el aumento de la formación bruta de capital fijo para construir una base industrial moderna y el aumento de las inversiones en infraestructura para descongestionar al capital privado, se requerirá expandir el consumo de energía más rápidamente que el crecimiento de la población.
- Segunda fase: Una vez se haya reducido la vulnerabilidad y la pobreza energética, y se haya llegado a acervos de capital construido y capital público que faciliten el comercio y las economías de aglomeración, el consumo por individuo podrá crecer de manera más lenta, con reestructuraciones sectoriales basadas en cambio tecnológico, y con reestructuración de la vida urbana.

Los siguientes son los resultados de las simulaciones. Si el PIB per cápita creciera al 2,7%, la población al 1,1%, el consumo de energía por habitante al 5% entre 2021 y 2030, al 2,5% entre 2031 y 2040, y al 2,0% entre 2041 y 2050; y si las emisiones per cápita crecieran al 2% entre 2021 y 2030, decrecieran al 2% entre 2031 y 2040, y decrecieran al 1% entre 2041 y 2050 se tiene que Colombia:

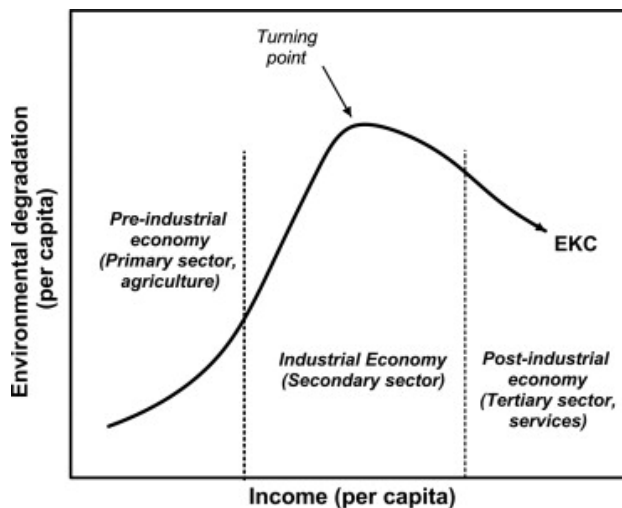
- Llegaría en 2050 a un ingreso per cápita de US\$13.000/habitante, similar al PIB/habitante actual de Chile.
- El consumo de energía per cápita pasaría de 36 GJ/habitante-año a 47 GJ/habitante-año en una década, y se duplicaría en 2050, llegando a 72,3 GJ/habitante, similar al promedio mundial actual (71,5).
- Subiría sus emisiones per cápita a 2,22 ton CO<sub>2</sub>/habitante en 2030, que luego descenderían a 1,48 ton CO<sub>2</sub>/habitante en 2050 (cinco veces menos que los niveles actuales de Alemania (8,56); o 2,5 veces menos que los actuales de Chile (4,60).
- Reduciría las emisiones por unidad de energía de manera persistente en un 61%, pasando de 0,052 ton CO<sub>2</sub>/GJ en 2021 a 0,020 ton CO<sub>2</sub>/GJ en 2050.
- Tendría una senda de emisiones totales por concepto de energía que partiría de 93 millones de toneladas en 2021 para llegar a 122 millones de toneladas en 2030, y a 102 millones de toneladas en 2050<sup>19</sup>.

---

<sup>19</sup> Ver Anexo 3.

Esta dinámica se conoce como la curva de Kuznets (U invertida), donde se pueden tener emisiones bajas por un escaso nivel de desarrollo o porque la producción es muy eficiente y está concentrada en sectores de gran valor y bajo consumo de energía (ver Gráfica 27).

**Gráfica 27 . Curva de Kuznets hipotética**



Fuente: Kaika y Zervas (2013).

Aunque se deben hacer esfuerzos de limpiar la economía, estos resultados advierten sobre la dificultad que la reducción del total de emisiones de Colombia (280 millones de toneladas/año en 2021) en un 50% en 2030 es difícil de cumplir. En la transición factible que se ha planteado las emisiones por producción y consumo de energía aumentarían en 2030 con respecto a 2021. Para cumplir con los compromisos NDC actualizados, se deberían reducir en 159 millones de toneladas de GEI las emisiones de los usos industriales de energía que no pasan por combustión (IPPU), agricultura, forestal y cambio de uso del suelo (AFOLU) y residuos, sectores en los que no hay todavía planes claros de modernización o descarbonización y que en algunos casos requieren cambios simultáneos en muchos frentes. Fedesarrollo (2022C) ha propuesto medidas para acelerar la financiación climática en mitigación y adaptación, que incluyen desarrollo de instrumentos y uso catalítico de fondos públicos.

La producción y el consumo de energía en algunos nichos están sujetos a diversos grados de regulación. Esta situación es al tiempo una oportunidad y un riesgo. Por la facilidad relativa de intervenirlos se los puede presionar con consecuencias negativas para el crecimiento:

- Un primer ejemplo es impulsar las fuentes de energía renovables no convencionales más allá de su nivel óptimo dentro del portafolio de generación, lo que puede llevar a sacar del mercado a plantas que proveen continuidad del servicio y aseguran el abastecimiento durante períodos de sequía. Estos activos valiosos se ‘encallarían’ (*stranded assets*).
- Un segundo ejemplo es introducir barreras normativas a la inversión en activos de uso final que no sean la alternativa más limpia pero que tengan rentabilidad social positiva, como serían los activos que consumen gas natural en la industria y el transporte, con menores emisiones de GEI

que los combustibles líquidos y menores costos totales de propiedad (TCO en inglés) que las tecnologías más limpias.

- Un tercer ejemplo es restringir la producción y las exportaciones de carbón y petróleo, política cuyos impactos de corto y mediano plazo sobre los ingresos fiscales y sobre el crecimiento serán negativos si se efectúan a una velocidad superior a la del cambio tecnológico.

### **3.4 Necesidades y oportunidades de la transición energética en Colombia**

De esta sección se identifican tres grupos de necesidades y oportunidades, de tipo regulatorias, de financiación de la transición y de innovación, que se detallan en la sección 4.1. Se requiere una reflexión profunda de la política de transición energética en Colombia y construir una hoja de ruta innovadora, vinculada a la creación de valor económico y ajustada a las velocidades razonables de descarbonización y adopción de nuevas tecnologías más limpias.

## Capítulo 4. Recomendaciones

Una parte de las recomendaciones surgen para cubrir necesidades diagnosticadas, y otras surgen de oportunidades de innovación.

### 4.1 Recomendaciones transversales y nacionales

#### Para la transición energética

Las necesidades y oportunidades de la transición se clasifican en los tres grupos descritos a continuación:

#### **G1. Regulación y política pública**

##### **Hoja de ruta para enfrentar desafíos regulatorios y aprovechar oportunidades**

El volumen de intervenciones por el lado de la oferta primaria, el papel del gas natural, la gestión de la demanda y la introducción de nuevas tecnologías y métodos de gobernanza en energía, la financiación, la transición justa, y la necesidad de introducir nuevos enfoques de planificación aconsejan la revisión de la hoja de ruta de la transición energética del país, que debe pasar de la promoción de una oferta primaria más limpia, a una visión coordinada de velocidades y de acciones que apoyen el crecimiento y el bienestar. Esta labor debería liderarse por el MME y el DNP, dadas las necesidades de coordinación que surgen de una transición de amplio espectro.

##### **Mensajes sobre el papel de los recursos no renovables**

La disponibilidad de recursos no renovables ofrece una oportunidad irrepetible para ayudar a financiar el desarrollo y reducir la pobreza, por pequeño que sea su peso en el total de la riqueza. La política que maximiza el crecimiento consiste en transformar la totalidad de los flujos del capital natural en capital construido (infraestructura, por ejemplo) y en capital humano (educación/ciencia y tecnología).

Las restricciones al consumo interno y la exportación de combustibles fósiles tendrían un impacto negativo sobre el crecimiento por los canales de la contracción de la actividad productiva que no puede migrar a energías más limpias, y por los menores ingresos fiscales para invertir en capital público y en capital humano. Este tipo de mensajes no ha sido claro en las políticas públicas del país por muchos años.

##### **Planificación integrada y promoción de un mercado eléctrico descentralizado**

Introducir la Planificación Integrada de Recursos (IRP en inglés) para incorporar la respuesta de la demanda, el impacto de los recursos descentralizados y las fuentes de energías renovables no convencionales (FERNC) sobre el desempeño del sistema de potencia, y promover la entrada de proyectos que estén en la frontera eficiente de costos y riesgos. Introducir un mercado de contratos anónimo y líquido en generación, precios nodales para ayudar a la monetización de recursos energéticos distribuidos y a la dinamización de la carga de vehículos eléctricos, y usar tarifas

binomiales en distribución para balancear la inversión eficiente en la red y la innovación en recursos energéticos descentralizados.

Se debe migrar de la arquitectura de mercado mayorista al modelo de arquitectura de transacciones descentralizadas y desarrollo de pilotos regulatorios. Se deben racionalizar los subsidios a la energía, aprovechando las oportunidades tecnológicas más económicas para reducir de manera simultánea la vulnerabilidad energética y las emisiones de GEI.

### **Construcción de un mercado único de gas natural**

El mecanismo de contratación bilateral con convocatorias asincrónicas hace que los precios sean ilíquidos y opacos. Una opción superadora es crear un mercado spot (siguiendo la experiencia de Argentina) e introducir la figura de market maker obligatorio (siguiendo la experiencia del mercado ibérico) (Benavides, 2021). Hay que estimular la entrada eficiente de reservas domésticas de gas natural. En la actualidad existen dos subsistemas desconectados, lo que dificulta la expansión de la oferta y reduce la competencia.

Se recomienda implementar la propuesta de Benavides y Cabrales (2020) de conectar los dos subsistemas y no cobrar en la tarifa de transporte el tramo Ballena-Barranca (se propone recuperarlo por estampilla). Con esta modificación sencilla, Cusiana se convertiría en una fuente competitiva tanto para el submercado de la Costa como para el submercado del Interior, el gas del Valle Medio del Magdalena se convertiría en una fuente competitiva de abastecimiento tanto para la costa como para el Interior y el gas importado sería la fuente más costosa para ambos submercados. En 10 años, en el Escenario Medio de adición de reservas en el Valle Medio del Magdalena, el país se ahorraría USD 374 millones (en valor presente, tasa de descuento del 12%)<sup>20</sup> (Benavides y Cabrales, 2020).

### **Innovación en gobernanza: Ciudades Inteligentes en Energía**

Las Ciudades Inteligentes en Energía empoderan al ciudadano para resolver problemas transversales, aprovechando la ubicuidad de las redes de distribución, las funciones de las redes inteligentes de electricidad, y la conectividad inteligente. Una Ciudad Inteligente en Energía cumple dos funciones: (i) convocar a ciudadanos, organizaciones y firmas para solucionar problemas urbanos relacionados con el uso de la energía, en conjunto con las empresas de energía y las administraciones; (ii) impulsar la innovación en tecnologías digitales y asociadas a la descarbonización y en economía circular (aprovechamiento de residuos, por ejemplo).

Los arreglos de colaboración ciudadana se pueden lograr en un entorno de Ciudades Inteligentes en Energía se pueden clasificar en tres categorías (Benavides y Elizondo 2016):

- *Crowdsourcing*. Ejemplo: la administración de la ciudad organiza un concurso para optimizar el uso de energía en áreas públicas apelando a la creatividad de emprendedores y ciudadanos, con un premio monetario y de reconocimiento a la mejor solución.

---

<sup>20</sup> El ahorro no incluye lo recaudado por estampilla nacional.

- *Crowdfunding*: Ejemplo: los prosumidores de energía recaudan dinero para invertir en instalaciones de almacenamiento de tamaño mediano para aumentar el valor de sus excedentes de energía y venderlo a la empresa de distribución.
- Alianzas. Ejemplo: la empresa distribuidora de energía, la administración de tránsito, los capitalistas de riesgo y los prosumidores de energía cierran acuerdos para aumentar la proporción de la electromovilidad en las ciudades.

En Colombia, ciudades como Barranquilla han iniciado este tránsito desde hace algunos años, con logros iniciales en cultura de eficiencia energética y de difusión de tecnologías modernas y más limpias. En el contexto de Ciudad Inteligente, es importante facilitar la monetización de recursos energéticos descentralizados (lo que requiere avances en medición inteligente) y el uso del gas natural en usos finales de alta densidad. Cada ciudad, de acuerdo con sus prioridades, nivel de despliegue de redes inteligentes y capacidades financieras de su empresa de distribución, deberá diseñar su hoja de ruta para la adopción del modelo de Ciudad Inteligente. En todo caso, el primer paso consiste en el despliegue de red y medidores inteligentes, seguido de la conformación de una plataforma de convocatoria para la identificación y solución de problemas energéticos y urbanos.

### **Transición justa**

La transición justa es un conjunto de medidas compensatorias y prospectivas para las comunidades, empleados y firmas donde se desarrollan actividades extractivas minero-energéticas que están declinando o van a declinar en su demanda doméstica y/o sus exportaciones. El Banco Mundial propone principios de transición justa asociada a la pérdida de empleos por el cierre de minas de carbón, al revisar su experiencia de apoyo en procesos de cierre o reajuste industrial en diversos países.

Esta entidad encuentra 9 lecciones que se agrupan en 3 pilares: (i) política y estrategia de desarrollo nacional; (ii) población y comunidades; y (iii) remediación ambiental (Banco Mundial, 2018). Colombia puede desarrollar dos paquetes de transición justa en las regiones productoras de carbón del interior del país, que incluyen Cundinamarca, Boyacá y los Santanderes: construir una instancia para el fomento regional, que incluya el desarrollo de productos de alto valor agregado; y planificar y financiar la mitigación del impacto ambiental de las minas de carbón (Benavides, 2022B).

## **G2. Financiación de la transición**

### **Fondo de financiación combinada (*blended finance*) y eficiencia energética (Fedesarrollo 2022a).**

Se recomienda la creación de un fondo de financiación combinada, como mecanismo catalítico con la finalidad de ampliar el rango de acción de los bancos de desarrollo y de los financiadores privados, de manera colaborativa, con productos que mejoren el perfil de riesgo de los proyectos, especialmente en el lado de la demanda. Este fondo puede agregar recursos concesionales atomizados con una lógica unificada, y financiar necesidades transversales para llegar al mayor

número posible de usuarios finales, como se verá más adelante, el caso más apropiado para utilizar este vehículo en Colombia es la eficiencia energética.

La financiación combinada es un enfoque de estructuración que permite a organizaciones con diferentes objetivos invertir de manera conjunta y al tiempo lograr sus propios objetivos (ya sea retorno financiero, impacto social o una combinación de ambos). La financiación combinada crea vehículos que amalgaman recursos públicos o filantrópicos para atraer inversión del sector privado con el propósito de financiar proyectos de transición energética que se orienten a cumplir los ODS o los compromisos NDC del país. El capital público o filantrópico se utiliza catalíticamente para mejorar los perfiles de riesgo y las tasas de retorno de los proyectos con el fin de movilizar la financiación privada. La inversión inicial proviene esencialmente del financiamiento concesional; es decir otorgado por las principales instituciones financieras internacionales, como multilaterales y bancos de desarrollo, a tasas de interés menores a las del mercado.

La reciente reagrupación de fondos públicos energéticos en Fonenergía presenta una oportunidad de estimular la eficiencia energética con la conformación de un compartimento dedicado a esta actividad que funcione con incentivos de alta potencia por resultados, con una fuerte componente de acompañamiento al cliente, y que reducirá los riesgos residuales que separan la oferta y la demanda. Anteriormente, el foco de la eficiencia energética era en el cambio de equipo, y ahora es en la optimización del proceso (la cadena de producción). Muchas medidas de eficiencia energética no requieren, o requieren bajo CAPEX (en algunos casos el período de repago -payback period- es de 3 meses). La oferta financiera para equipos individuales, o sin acompañamiento para reducir los riesgos, no es atractiva para el lado de la demanda.

A pesar de los beneficios económicos y tributarios asociados a estos proyectos, entre 2017 y 2021 se presentaron 572 solicitudes de certificado UPME por inversionistas en proyectos de gestión eficiente de energía que quieren acceder a beneficios tributarios. Estos certificados representaron apenas el 1.68% de la meta nacional en reducción de energía. Fedesarrollo (2022a) encuentra que, al calcularse la energía útil para el sector, esta es del 31% de la energía final. Esto tiene un costo anual de entre USD 6.600 millones y USD 11.000 millones. Si se adoptara la mejor tecnología internacional se reduciría el consumo (y el costo) de energía entre un 38% y un 62%, respectivamente.

Por otra parte, no todo el incremento en la eficiencia se debe a un cambio tecnológico, las prácticas en mantenimiento y reparación de muchos equipos industriales juegan un papel en aumentar la eficiencia y reducir consumos de una manera más costo-efectiva. De acuerdo con Colombia Manufacturing Survey (2017), solamente 59% de las empresas del sector manufactura encuestadas realiza mantenimiento preventivo de equipos. Por otro lado, solo 2% realiza medición de huella de carbono y menos del 1% tienen certificación en eficiencia energética (ISO50001).

Uno de los retos más importantes en la industria es la optimización de los procesos de calor porque corresponden al 88% de la energía consumida en este sector. Al adoptar mejores tecnologías para sustituir las calderas y hornos actuales se lograría una mejora en eficiencia del 20%. A pesar de los beneficios privados y sociales que significa la ejecución de este tipo de proyectos, las fallas de

mercado existentes disminuyen la demanda por financiación. La solución para eficiencia energética implicaría construir un compartimento dentro de Fonenergía (entidad recién conformada por reagrupación de diversos fondos públicos en energía), que terceriza la gestión con expertos en eficiencia energética que tengan capacidad de cofinanciar las inversiones necesarias.

### **G3. Intervenciones innovadoras**

#### **Innovación en soluciones energéticas para zonas no interconectadas**

En las regiones contempladas en el estudio existe un déficit de acceso al servicio de energía, que por sus costos y distancias se debe llenar de manera descentralizada. Una posibilidad es adaptar al contexto colombiano el modelo de BBOXX, que ha llevado soluciones energéticas a hogares individuales de muy bajos ingresos en numerosos países de África y Asia. La plataforma Bboxx Pulse (Bboxx 2022) aprovecha el monitoreo remoto y la tecnología de internet de las cosas para brindar acceso a la energía en un modelo escalable y distribuido.

Las alternativas energéticas incluyen sistemas autónomos de prestación de electricidad con paneles solares de varios tamaños por hogar, cilindros de gas licuado de petróleo de diversos tamaños para cocción en entornos urbanos y periurbanos, y bombas de agua movidas por energía solar. El éxito de Bboxx descansa más en un modelo de cobro que se adapta a las condiciones socioeconómicas y culturales de los hogares, que en la prestación de tecnología.

La adaptación a Colombia o a las regiones se puede realizar subastando una concesión no exclusiva de operadores en zonas no interconectadas, con un premio por usuario conectado y un premio por continuidad del servicio. La concesión se podría otorgar por el mínimo valor de subsidios solicitados al estado.

#### **Innovación en mercados eléctricos: promoción a los Agregadores de Recursos Energéticos Descentralizados (RED)**

La gestión de la demanda debe ser un subconjunto de la eficiencia energética o del modelo de agregación de recursos energéticos descentralizados (RED), que por su naturaleza multisectorial no quedan contemplados en la taxonomía y tienen el riesgo de quedar por fuera del radar. El aprovechamiento de los RED se basa en una fuerte base digital y utiliza innovación en negocios a través de la figura de agregador o planta virtual de potencia (VPP, por sus siglas en inglés).

Las VPP son el instrumento más importante para extraer el valor económico de los recursos energéticos descentralizados y tienen mayores cobeneficios que la gestión de la demanda pura, por la oportunidad de monetizar en tiempo real las oportunidades de arbitraje por la conexión o desconexión de muchos artefactos en el lado de la demanda, con uso de inteligencia artificial e internet de las cosas. Estas intervenciones deben desregularse para que puedan surgir. Las recomendaciones de detalle para el mercado eléctrico colombiano están incluidas en Benavides y Cadena, (2018).



## **Innovación en el contexto rural: promoción de las biorrefinerías (Misión Internacional de Sabios 2019)**

Colombia posee un potencial de residuos agroindustriales de aproximadamente 72 millones Ton/año, equivalentes a 332.000 TJ/año de energía, que se encuentran disponibles en todo el territorio nacional, especialmente en las zonas con menor acceso a energía, los cuales no se aprovechan en la actualidad. La dotación de tierras, agua y radiación solar de Colombia puede sostener cultivos energéticos (caña de azúcar, palma, maíz y pastos) para aumentar la oferta de gas natural doméstico, sin afectar el uso de la tierra o la seguridad alimentaria. Se pueden crear empresas agrícolas con mercados y medios de transporte y distribución ya establecidos. La industria puede establecer sistemas híbridos, de tal manera que por la noche se genere electricidad con biogás o gas de síntesis proveniente de la biomasa leñosa. Existe un gran potencial de aprovechamiento de los residuos para la poligeneración de productos (electricidad, productos químicos y energía térmica). La poligeneración, apoyada en la pirólisis rápida de residuos agroindustriales, representa una oportunidad a corto plazo para dar valor agregado a recursos que en su mayoría tienen problemas de disposición final y de entrega como productos. Deben desarrollarse prototipos que preparen la explotación industrial.

En un escenario optimista, el biometano puede llegar a representar un consumo final de los sectores industrial y comercial de 2%, del consumo primario de energía eléctrica en un 6%, y del consumo final en el sector transporte en un 11% de la demanda energética nacional. Se tendría un mercado potencial de cerca del 20% de la demanda energética nacional. El Laboratorio Fraunhofer de Alemania desarrolló en 2019 el proyecto TO-SYN-FUEL (2synfuel, 2022) de biorrefinería que se puede escalar en Colombia. Combina tratamientos termo catalíticos con separación del hidrógeno para producir combustibles líquidos equivalentes a la gasolina y al diésel de bajas emisiones, a partir de residuos orgánicos.

El proyecto busca comprobar la viabilidad técnica y ambiental, y su competitividad financiera, con la construcción de un modelo piloto cercano a la comercialización. El piloto tiene el objetivo de desarrollar plantas modulares de pequeña escala que se puedan usar de manera descentralizada con heterogeneidad de insumos orgánicos. La solución para Colombia consiste en financiar pilotos en los cultivos de alto volumen de producción de desechos orgánicos y de concentración geográfica que facilite la logística (arroz, caña, café), y luego, en una segunda fase, escalarlo.

Este proyecto debería financiarse conjuntamente por el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, las gobernaciones, Finagro y la banca multilateral. Colombia puede adelantar pilotos, aprovechando las capacidades de investigación y desarrollo en estos temas que existen en universidades colombianas y sus relaciones con institutos y laboratorios de primer nivel mundial que han expresado su interés en aliarse en el desarrollo de esta tecnología en el contexto del país.

## Para transporte

### **Accesos y pasos urbanos (Comisión de Expertos de Infraestructura 2019)**

En Colombia existen aproximadamente 150 accesos carreteros a las ciudades, la mayoría de ellos concesionados, y unos 180 pasos urbanos principales. Según estudios realizados en el marco del PMTI (Plan Maestro de Transporte Intermodal), la velocidad promedio de un vehículo se reduce entre 10 a 30 km/h al comparar la velocidad antes y a lo largo del acceso. De igual manera, el tiempo promedio que gasta un vehículo al año en los accesos carreteros varía entre 10 y casi 40 horas.

Como se observa, los nodos de conexión entre la red vial nacional y las ciudades son cuellos de botella del sistema de transporte colombiano. Los ahorros en tiempo y costo logrados en las vías se pierden en parte por la congestión de los accesos a las ciudades y en los pasos urbanos de muchos municipios. En las zonas de empalme entre las redes viales interurbanas y las ciudades convergen alta accidentalidad y congestión, y baja coordinación en la planificación del territorio entre las vías y las zonas aledañas y entre los municipios colindantes. Los problemas de los accesos y pasos urbanos se expanden a los tramos interurbanos de las vías en doble calzada, lo que deteriora progresivamente los niveles de servicio, las velocidades y los tiempos de tránsito.

Además, de acuerdo con las proyecciones de población del DANE, entre 2022 y 2050, las cabeceras municipales del país pasarán de 39.38 millones de habitantes a 47 millones, lo que representa un incremento del 20% (DANE, 2018) . Además de continuar con la expansión de la infraestructura de transporte nacional, se deben solucionar integralmente los problemas de entradas y salidas de las aglomeraciones y pasos urbanos, articular el desarrollo territorial con la movilidad, crear la gobernanza entre Nación y territorios y mejorar las condiciones funcionales de los tramos interurbanos de dobles calzadas.

Ante esta situación, se propone expedir políticas sobre accesos y pasos urbanos, avanzando rápidamente sobre: (i) técnicos de diseño vial funcional, (ii) urbanísticos y territoriales para los Planes Básicos de Ordenamiento Territorial – PBOT y los Planes de Ordenamiento Territorial – POT, (iii) para soluciones de transporte público y privado, (iv) de facilitación para el intercambio modal y la logística, y uso de peajes dinámicos y (v) para el uso de tecnologías de gestión de la demanda. También se propone crear espacios de diálogo entre la Nación y los municipios con reglas claras para solucionar los problemas de accesos y pasos urbanos e iniciar programas piloto que demuestren las bondades de una gestión estructurada y con objetivos claros. Con prioridad, se deben estimular las plataformas de entrega por demanda, que amplificarán oportunidades de crecimiento económico aprovechando nodos de la red de transporte (aeropuertos, puertos, zonas de logística de valor agregado) con una regulación avanzada de comercio electrónico.

## **Electrificación de la flota de transporte urbano y financiación de los sistemas de transporte**

Actualmente, las grandes ciudades evidencian problemas de congestión y contaminación, lo que genera grandes costos. De acuerdo con Benavides (2021), para 2018, los costos económicos de la contaminación del aire fueron aproximadamente el 3.3% del PIB mundial, el equivalente a US\$ 8.000 millones al día. Así mismo, el número de muertes causadas por la contaminación del aire ascendió a 4.5 millones en el mundo. Con lo anterior, es necesario continuar el fortalecimiento los sistemas de transporte urbano en las ciudades, mediante la creación y modernización de los sistemas de transporte integrados.

En las siete ciudades principales donde existen Sistemas Integrados de Transporte Masivo: Bogotá, Barranquilla, Bucaramanga, Pereira, Medellín, Cali y Cartagena, se recomienda avanzar en la modernización de la flota de transporte, hacia buses y articulados que utilicen energías de transición, como el gas, o directamente electricidad. Por su parte, en las ciudades de más de 100 mil habitantes, se recomienda avanzar en la creación de sistemas de transporte integrados, con flotas modernas, para constituir un servicio de transporte sostenible.

Los buses eléctricos están próximos a tener un costo total de propiedad menor que el de los buses de combustión interna, y tienen amplios cobeneficios por la reducción de los costos de morbilidad y mortalidad por su efecto en el descenso de las emisiones de MP2.5, pero el CAPEX de los buses eléctricos es más grande que el de los de combustión interna, lo que genera una brecha de financiación (Bonzi et al, 2022). El esfuerzo de política pública se debe enfocar en la cofinanciación de la movilidad pública masiva, con aportes de la Nación y recursos de los entes territoriales, con incentivos a la eficiencia operacional.

Las propuestas para garantizar la sostenibilidad financiera de los SITM en Colombia se centran en su mayoría en desplegar los mecanismos establecidos en el marco institucional y normativo vigente. A continuación, se presentan un resumen de los instrumentos establecidos que pueden ser utilizados para aumentar los ingresos disponibles para la financiación de los SITM en las principales ciudades del país.

- Contribución por el servicio de parqueadero o de estacionamiento en vía pública (numeral 2 y 3 de la Ley 1955 de 2019): consiste en gravar con un impuesto la tarifa del servicio de estacionamiento o cobrar una contraprestación económica a quienes hagan uso del espacio público para el estacionamiento de su vehículo.
- Áreas con restricción vehicular: Las administraciones territoriales pueden restringir la circulación de los vehículos en áreas congestionadas y establecer una excepción especial a cambio del pago de una contraprestación económica o precio público. Su implementación puede ser sencilla si se desarrolla como un pago por la excepción del pico y placa (este es el caso de Bogotá que ya viene aplicando esta medida).
- Recaudo por multas de tránsito (artículo 97 de la Ley 1955 de 2019): parte de los recursos obtenidos por multas de tránsito a la financiación del sistema de transporte público.

- Factores tarifarios: consiste en incluir un factor adicional en la tarifa del transporte público complementario y destinar los recursos adicionales que se generen a la financiación del transporte público masivo. Es importante tener presente que con transporte público complementario hacemos referencia al sistema de movilidad que atiende la demanda que no cubre el sistema de transporte masivo.
- Derecho real accesorio de superficie: se trata de habilitar el desarrollo inmobiliario de la infraestructura de transporte para que un actor privado realice su explotación económica y le pague una contraprestación al titular de la infraestructura (DNP, 2021). Dentro de algunas propuestas para el desarrollo inmobiliario se encuentra la construcción de centros comerciales u hoteles en las terminales de los centros de transporte (Ministerio de Transporte, 2012).
- Asociaciones público privadas (APP): Bajo un esquema APP el sector privado puede encargarse de las actividades necesarias para la provisión de una infraestructura o servicio público y encargarse de la gestión y mantenimiento de la infraestructura durante la vigencia del contrato. En este sentido, el sector público mantiene la responsabilidad de proveer el servicio y garantiza que el privado obtenga la remuneración por sus servicios, ya sea con recursos públicos o con los generados por el proyecto; siempre y cuando la calidad del servicio cumpla con lo establecido en el contrato.
- Valorización: Esta es una herramienta de captación de recursos para la construcción de obras públicas o infraestructura que parte del principio de que una actuación, obra, o inversión pública ocasiona unos beneficios sobre los inmuebles particulares, sin que sus propietarios hayan realizado una acción directa para recibir dicho beneficio. Los recursos que se recaudan en el marco de un riego de valorización se destinan exclusivamente a la financiación total o parcial de la obra o las obras que originan el cobro.
- Sobretasa a la gasolina: es un impuesto endógeno definido por la Ley 488 de 1998 que recientemente fue modificado por la ley 2093 de 2021. Actualmente, la sobretasa al ACPM es cobrada por la Nación y distribuida en un cincuenta por ciento (50%) para el mantenimiento de la red vial nacional y otro cincuenta por ciento (50%) para los departamentos incluido el Distrito Capital con destino al mantenimiento de la red vial. Por su parte, la sobretasa a la gasolina (corriente y extra) constituye un ingreso de libre destinación.
- Ingresos no operacionales de las entidades encargadas de la gestión de los sistemas de transporte público: en esta categoría entra la explotación colateral de la infraestructura de transporte —por ejemplo, publicidad, alquiler de espacios disponibles, alquiler de locales comerciales, nombre de las estaciones y otros.

La experiencia internacional también permite identificar otras fuentes de financiación que podrían entrar a complementar los mecanismos anteriormente descritos. Dentro de los más relevantes se encuentran fuentes de financiamiento como: i) la contribución de garajes, estacionamientos y su administración fuera de la vía; ii) cobro por congestión; iii) peajes de acceso; iv) cobro por contaminación; y v) cobro por siniestralidad (ver FDN, 2019).

## **Financiación de redes secundarias y terciarias (Fedesarrollo 2022)**

En 2019, Colombia tenía una longitud de la red vial de 204,389 kilómetros. Del total, el 8.30% correspondiente a 16,968 km son vías primarias a cargo de la nación, 22.08% correspondiente a 45,137 km son vías secundarias a cargo de los departamentos y 69.62% correspondiente a 142,284 km son vías terciarias. Del total de vías terciarias, el 19.40% está a cargo de la nación, el 9.80% a cargo de los departamentos y el 70.80% a cargo de los municipios (DNP, 2021).

Los departamentos y municipios deben responder por sus redes secundarias y terciarias, especialmente en áreas agrícolas y agroindustriales, pero, en general, no tienen habilidades de estructuración ni de financiación, y son débiles institucionalmente. Hay que asegurar la sostenibilidad del patrimonio vial nacional y la operación continua de los puertos con mayores recursos para mantenimiento y dragado de canales de acceso a puertos. El mantenimiento subnacional requiere racionalizar los ingresos disponibles, incluyendo las regalías. Hay que aumentar simultáneamente los aportes públicos nacionales, subnacionales, introducir nuevas fuentes de financiación (valor del suelo, valor residual de concesiones), racionalizar los cobros a los usuarios y el uso los recursos de regalías, y asegurar recursos para el dragado de los puertos marítimos.

Teniendo en cuenta el rezago en las intervenciones que requiere la red secundaria y terciaria, el DNP propone tres intervenciones. En primer lugar, se plantea un modelo de cofinanciación con el Gobierno Nacional<sup>21</sup>, el cual busca focalizar los recursos para la construcción y mantenimiento de vías terciarias, de acuerdo con la capacidad fiscal de cada municipio. Para calcular el porcentaje máximo de cofinanciación se utilizan cinco variables: entorno de desarrollo del municipio, longitud de las vías, mantenimiento garantizado de las vías, prioridad de las vías y utilización de proyectos tipo. De acuerdo con la suma de cada variable, el aporte máximo de cofinanciación de la nación será de máximo el 85%, y para los municipios PDET será de hasta el 100% (DNP, 2016).

En segundo lugar, se propone utilizar tecnologías innovadoras de visualización y ubicación geográfica, para intervenir las vías secundarias y terciarias con los estudios necesarios que optimicen procesos y recursos. Finalmente, se recomienda continuar con la implementación del Sistema Electrónico de Contratación Pública – SECOP, en los contratos celebrados a nivel municipal y departamental para la rehabilitación y mantenimiento de vías terciarias, con el objetivo de asegurar la trazabilidad y transparencia de la gestión contractual y el acceso a la información pública (Agencia Nacional de Contratación Pública, 2022).

## **Adaptación de la infraestructura vial**

La adaptación al cambio climático es un problema de gestión de riesgo bajo incertidumbre radical o profunda. Estos dos conceptos equivalentes se refieren a situaciones en las que se desconocen las distribuciones de probabilidad de ocurrencia de eventos climáticos y de las severidades respectivas

---

<sup>21</sup> La cofinanciación puede ser realizada por cualquier entidad del Gobierno Nacional, a través de operaciones de crédito o donaciones.

en la mayoría de las amenazas. La gestión de incertidumbre profunda obliga a tomar decisiones de manera diferente en política y gobernanza, y en técnicas de apropiación de recursos públicos: los mercados financieros y los análisis actuariales basados en información suficiente para dar tranquilidad a las decisiones son insuficientes en este contexto.

Se debe consolidar una política de adaptación climática vial, que construya sobre los protocolos ya establecidos y aproveche las guías y políticas existentes, de la siguiente manera:

- Definir pilares de alto nivel de la política de gestión de riesgos del país (resiliencia y antifragilidad). La resiliencia es la capacidad de resistir choques y la antifragilidad es la capacidad de aprovechar los mismos.
- Definir una teoría del cambio en la gestión de los impactos climáticos sobre la infraestructura.
- Definir una jerarquía de intervenciones y una asignación de responsabilidades públicas sectoriales y territoriales.
- Delinear los esfuerzos públicos por taxonomía de intervenciones (en relación con un nivel de retención aceptable, manejo e inversiones, transferencia, y terminación de los riesgos).
- Adoptar una arquitectura pública eficaz de gestión del riesgo climático y modelos de toma de decisiones bajo incertidumbre profunda.
- Asignar riesgos y montos públicos de adaptación, definir instrumento de financiación y la tasa de descuento pública para adaptación (decreciente en el tiempo).
- Invertir en un programa ambicioso de investigación y desarrollo en tecnologías climáticas.

#### **Para agua, saneamiento y residuos**

- Regionalización del servicio de acueducto. Realizar el seguimiento al piloto de regionalización de los servicios de agua potable en el departamento de Córdoba. Con base en ello, implementar otro piloto en una región diferente, que permita fortalecer el mecanismo y la hoja de ruta para la implementación del sistema de regionalización de acueductos. La implementación de un modelo agregado de servicio de acueducto por regiones permitiría una mayor eficiencia en el servicio, con mejor capacidad técnica y profesional, con mayor acceso a capital y con la posibilidad de reducir costos.
- Actualización de metodologías tarifarias. Es necesario adoptar las sugerencias de la consultoría de la CRA para el cálculo de las tarifas de servicios de acueducto y alcantarillado. Los ajustes a realizar deben estar enfocados a utilizar el año fiscal y no el tarifario para las proyecciones del plan de obras e inversiones regulado (POIR), revisar los mecanismos de valoración e inclusión de activos en la Base de Capital Regulado (BCR), precisar entre “depreciación” o “amortización” versus la vida útil del activo para el cálculo de la recuperación del capital, revisar las condiciones y los criterios empleados para la inclusión de las obras del POIR en la tarifa, revisar los mecanismos de incentivos a la planeación y ejecución de las obras y verificar la tasa de descuento del sector.

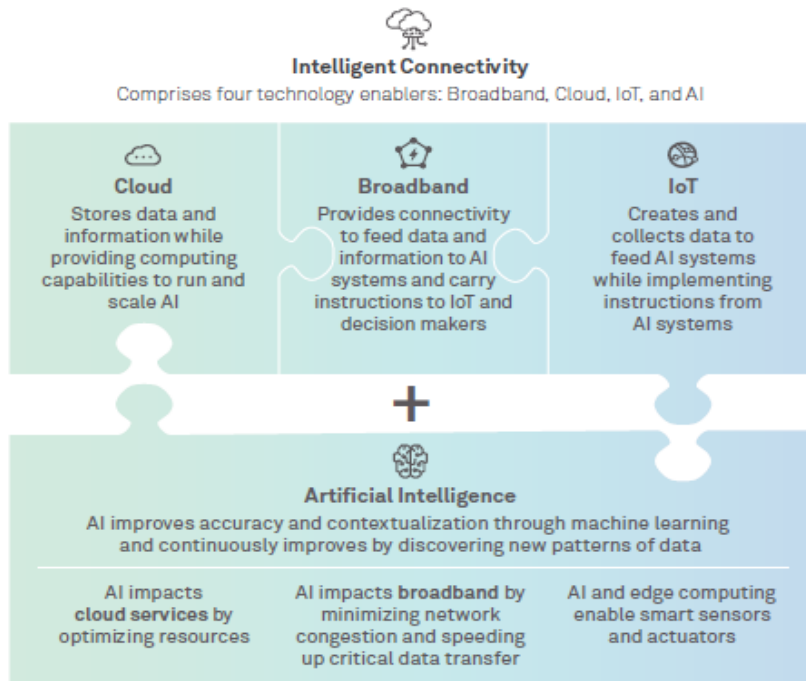
- Reestructuración del plan de aprovechamiento de residuos. Pese a los avances en materia de recolección de material reciclable, se debe reenfocar la política de aprovechamiento de residuos en las regiones con tasas de reciclaje más bajas, así como crear una política de recolección de residuos orgánicos. Así mismo, promover la cultura ciudadana, la educación e innovación en gestión integral de residuos con el fin de prevenir la generación de residuos, promover la reutilización e incrementar los niveles de separación en la fuente y de aprovechamiento.
- Ley de prohibición de plásticos de un solo uso. La Ley de prohibición de plásticos de un solo uso fue aprobada por el Congreso de la República en junio de 2022. No obstante, el paso a seguir es la sanción presidencial de la Ley y la reglamentación de la norma por parte del Gobierno.

**Para las TICS**

**Paquetes de conectividad inteligente e internet fija para pymes, gobierno y hogares**

Hay que diseñar líneas de apoyo a la digitalización de las pymes que incluyan la financiación de equipos móviles, desarrollo de aplicaciones avanzadas y acceso a computación en la nube. Este puede ser el mayor aporte de la digitalización al aumento de la resiliencia de la economía y a la construcción de modelos de negocio anti frágiles (ver Gráfica 28).

**Gráfica 28. Paquete de conectividad inteligente**



Fuente: Huawei (2019).

Estos programas se deben implantar en todas las regiones, con la cofinanciación del MINTIC, el MINCIT, las gobernaciones, y el apoyo de los Sistemas Regionales de Competitividad. Los mismos deben continuar con las metas establecidas en el Plan de Digitalización de pymes, lo cual es el primer

paso para abrir la puerta a las pymes para la conectividad inteligente. De acuerdo con MinTIC, el objetivo del plan es beneficiar a 50 mil empresarios por año y contribuir para que, a través del uso estratégico de las TIC, las pymes logren negocios más exitosos (MinTIC, 2020).

Así mismo, la ampliación de cobertura móvil es esencial para conectar a los territorios, y el acceso masivo a banda ancha fija en los hogares habilitará nuevas herramientas de educación, el teletrabajo, con los beneficios de reducción de tiempo de viaje y bienestar que esto conlleva. Como en Chile, se debe declarar que internet es un servicio público esencial y se debe estructurar una financiación de conexión con fibra óptica a todos los pueblos y ciudades, con aportes de MINTIC, el MINCIT, las gobernaciones y alcaldías, y fondos del presupuesto general de la nación.

#### **Impulso al Plan Nacional de Infraestructura de Datos (CAF, 2022c)**

Es necesario que el próximo Gobierno de Colombia continúe con los esfuerzos para la implementación del Plan Nacional de Infraestructura de Datos (PNID), priorizando las siguientes acciones:

- Implementar el modelo de gobernanza de la infraestructura de datos.
- Generar las capacidades necesarias para la implementación del Plan Nacional de Infraestructura de Datos: políticas, estándares, regulación, talento humano, datos, tecnología.
- Diseñar e implementar un modelo de negocio que garantice la sostenibilidad financiera de la infraestructura nacional de datos.
- Implementar el modelo de datos maestros, al menos en tres dominios: personas, empresas y lugares.
- Desarrollar proyectos de aprovechamiento de datos, involucrando a los diferentes actores del ecosistema de datos del país, y utilizando diferentes esquemas de compartición de datos.
- Desarrollar estrategias para mejorar aspectos como la calidad de los datos, la interoperabilidad, la seguridad y la privacidad.

#### **Nuevo urbanismo, nuevas modalidades para articular necesidades de infraestructura urbana y Ciudades 4.0**

- Desarrollar un nuevo marco de decisiones conjuntas de urbanismo e infraestructura. Las necesidades de infraestructura urbana se están redefiniendo por varios canales convergentes, que comprenden el cumplimiento de los compromisos de descarbonización, la reducción de costos en tecnologías energéticas y de transporte más limpias, la necesidad de adaptación al riesgo climático, los avances en economía circular y en conectividad digital inteligente, y el rediseño urbano. Esto implica adoptar un nuevo marco de decisiones integradas, y para ello las principales ciudades de Colombia se pueden beneficiar de pertenecer a redes de ciudades que compartan buenas prácticas y visiones prospectivas amplias en urbanismo, como las que se pueden crear, por ejemplo, a raíz de la refrendación de la Nueva Agenda Urbana (NAU) por la Asamblea General de las Naciones Unidas ese 2016.



- Construir una hoja de ruta para desarrollar una Ciudad Gestionada Digitalmente. Se propone desarrollar una hoja de ruta con presupuesto y responsables en una ciudad de Colombia (que puede ser Barranquilla o Bucaramanga), con cofinanciación de la nación y las empresas de servicios regulados.

La

Tabla 13 presenta las recomendaciones transversales y nacionales

**Tabla 13. Recomendaciones transversales y nacionales**

Sector de infraestructura	Recomendaciones
Transición energética	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Revisión de la hoja de ruta de transición para Colombia</li> <li>- Regulación y política pública: mensajes sobre el papel de los recursos no renovables, planificación integrada y promoción de un mercado eléctrico descentralizado, construcción de un mercado único de gas natural, ciudades inteligentes en energía y transición justa.</li> <li>- Financiación de la transición: fondo de financiación combinada y eficiencia energética.</li> <li>- Intervenciones innovadoras: soluciones energéticas para zonas no interconectadas, innovación en mercados eléctricos (Agregadores de Recursos Energéticos Descentralizados – RED), innovación en el contexto rural – promoción de las biorrefinerías y soluciones de eficiencia energética en industria y ambiente construido en ciudades de más de 100 mil hab.</li> </ul>
Transporte	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Expedir políticas sobre accesos y pasos urbanos para logística y carga, puertos, sistemas de entornamiento con infraestructura adecuada.</li> <li>- Electrificación de la flota de transporte urbano y financiación de los sistemas de transporte.</li> <li>- Financiación de redes secundarias y terciarias</li> <li>- Definir una política de financiamiento de la infraestructura de transporte.</li> <li>- Definir una política de financiamiento de la infraestructura y operación de transporte masivo urbano.</li> <li>- Promover el desarrollo de capacidades empresariales y atraer nuevos jugadores en servicios de transporte.</li> <li>- Estimular la entrada de nuevos financiadores y <i>sponsors</i> de concesiones con simplificación y estabilidad normativa.</li> <li>-Definir una política de gestión de riesgos climáticos en transporte.</li> <li>-Continuar la implementación de recomendaciones de Comisión de Infraestructura 2019.</li> <li>- Profundizar el diálogo entre ordenamiento territorial y redes nacionales.</li> <li>- Estimular el desarrollo de plataformas de entrega por demanda.</li> <li>- Regulación de la electrificación y cofinanciación de las empresas de transporte masivo urbano del Sistema de Ciudades. Promover el transporte público urbano y su descarbonización, y alternativas de servicios de movilidad sin emisiones.</li> </ul>

Sector de infraestructura	Recomendaciones
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Otorgar un tratamiento regulatorio e impositivo hacia las motos, que no estimule su crecimiento indiscriminado.</li> <li>- Coordinar políticas transversales que aceleren al renovación de la flota limpia (pública y privada, de carga y de pasajeros).</li> <li>- Consolidar una política de adaptación climática vial y convertirla en una hoja de ruta.</li> <li>- Regular plataformas de transporte</li> </ul>
Agua, saneamiento y residuos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Implementar la regionalización de los servicios de acueducto y alcantarillado.</li> <li>- Diseño de instrumentos en el marco de la gestión integral de residuos sólidos para promover la economía circular.</li> <li>- Promover la cultura ciudadana, la educación e innovación en gestión integral de residuos.</li> <li>- Generar un entorno institucional propicio para la coordinación entre actores que promueva la eficiencia en la gestión integral de residuos sólidos.</li> <li>- Mejorar el reporte, monitoreo, verificación y divulgación de la información sectorial para el seguimiento de la política pública referente a la gestión integral de residuos sólidos.</li> <li>- Actualizar las metodologías tarifarias de los servicios de acueducto y alcantarillado</li> <li>- Reestructurar el plan de aprovechamiento de residuos</li> <li>- Sancionar y reglamentar la Ley de prohibición de plásticos de un solo uso</li> </ul>
TICS	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Acelerar la regulación de convergencia mediante la reforma a la Comisión de Regulación de Comunicaciones.</li> <li>- Ampliación de cobertura móvil y mejora de ancho de banda.</li> <li>- Desarrollar una regulación favorable al funcionamiento e inversión en plataformas.</li> <li>- Paquetes de conectividad inteligente e internet fija para pymes, gobierno y hogares</li> <li>- Avanzar en la implementación de la Política Nacional de Infraestructura de Datos (PNID).</li> <li>- Promover la competencia en telecomunicaciones móviles.</li> </ul>
Urbanismo y Digitalización	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Desarrollar un nuevo marco de decisiones conjuntas de urbanismo e infraestructura.</li> <li>- Construir una hoja de ruta para desarrollar una Ciudad Gestionada Digitalmente que integre el funcionamiento de diferentes redes de infraestructura.</li> </ul>

Fuente: elaboración propia.

## 4.2 Recomendaciones regionales

### Capacidades regionales

La Constitución de 1991 definió competencias para la red primaria en cabeza del gobierno nacional, para la red secundaria en cabeza de los departamentos, y de la red terciaria en cabeza de los municipios. Muy pocos departamentos y municipios tienen capacidades técnicas y financieras para identificar, diseñar, priorizar, estructurar y ejecutar proyectos regionales. La innovación para aumentar las fuentes de pago y el acceso al crédito deben ir construyéndose de manera simultánea con la construcción de capacidades técnicas departamentales, para apoyar la gestión en el ciclo de vida de los proyectos de infraestructura.

En el caso de la innovación financiera, se pueden aumentar los recursos disponibles para inversión en infraestructura por reasignación de ingresos fiscales existentes y aumento del recaudo local (incluyendo los recursos de regalías). La cofinanciación nacional se puede utilizar para incentivar y condicionar el recaudo local. Al tiempo, se pueden desarrollar de capacidades de organización social para desarrollar proyectos cooperativos en redes terciarias y rurales, adaptando la experiencia peruana en redes terciarias y rurales (PROVÍAS). En financiación se puede adaptar la experiencia mexicana de crear fondos en la banca pública, que en Colombia se podrían orientar para las redes secundarias con el Grupo Bicentenario, que es un *holding* de los bancos de desarrollo domésticos y otras entidades financieras locales. El Grupo Bicentenario está compuesto por las siguientes entidades: Banco Agrario de Colombia, Bancoldex (banco de desarrollo para el crecimiento empresarial en Colombia), FNG (Fondo Nacional de Garantías), Findeter (Banco de Desarrollo Territorial), FDN (Financiera de Desarrollo Nacional), Finagro (Fondo para el Financiamiento del Sector Agropecuario, Fiduagraria, Fiducoldex (Fiduciaria Colombiana de Comercio Exterior) y Positiva Compañía de Seguros.

### **Planta regional de residuos urbanos en el Valle del Cauca, plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) en Barranquilla y Bucaramanga**

Los residuos urbanos de las 5 principales ciudades (Bogotá, Medellín, Cali, Barranquilla y Bucaramanga), con el 36.28% de la población, van en un 90% a los rellenos sanitarios autorizados, sin aprovechamiento. El relleno sanitario regional Colomba-El Guabal, es el segundo más grande del país, debido a los residuos generados por Cali y 27 municipios más del Valle y del Cauca. Según cifras de las autoridades regionales, de las 500.000 toneladas de basuras que llegaron solo en 2010, la cifra pasó 780.000 en 2018 (Promovalle, 2020). La estructuración de una planta de residuos sólidos en Cali beneficiará a más de 3 millones de habitantes de la conurbación de Cali (que reúne los municipios de Cali, Candelaria, Jamundí, Palmira y Yumbo). Esta es la tercera aglomeración por población de Colombia. Para ello es importante que la población separe residuos que pueden ser aprovechados desde la fuente y no como ocurre últimamente, pues el 60 por ciento del material que llega al relleno es reciclable.

Barranquilla Cómo Vamos (2022) ha identificado la necesidad de priorizar las inversiones en PTAR en el área metropolitana. Municipios como Soledad, Galapa y Malambo no tienen una cobertura total de alcantarillado y algunas comunidades vierten sus aguas negras en condiciones inadecuadas con consecuencias de salud pública (Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, 2022). Soledad y Malambo no disponen de PTAR. Soledad tiene 23 vertimientos de aguas residuales sin tratamiento que llegan a los arroyos y posteriormente al río Magdalena. Malambo, por su parte, vierte sus aguas a la Ciénaga de Malambo. En Barranquilla, la vertiente oriental presenta 8 descargas al río Magdalena sin tratamiento alguno. En la zona suroriental se tiene una planta de pre-tratamiento con un emisario subfluvial que permite una mayor dilución debido al caudal del río.

La PTAR de Río Frío en el área metropolitana de Bucaramanga está contemplada en el Plan de Desarrollo 2020-2023, podría tener un costo estimado de \$250 mil millones de pesos, atendería a la zona norte y suroriental de la ciudad; y ayudaría a disminuir los niveles de contaminación del Río de Oro. En Bucaramanga, aproximadamente el 89% de las aguas residuales son vertidas sin tratamiento adecuado, lo que convierte al Río de Oro en uno de los corredores hídricos más contaminados del país, debido a que es utilizado como vía de evacuación de aguas servidas residenciales e industriales provenientes de los municipios de Piedecuesta, Floridablanca, Girón, Bucaramanga y de la Zona Industrial de Chimitá. La estructuración de una planta de tratamiento de aguas residuales de Bucaramanga beneficiará a 1,6 millones de habitantes.

### **Soluciones de infraestructura de transporte regional para Caribe, Santanderes y Pacífico**

La identificación de proyectos sugiere que en la región de Santander se deberían realizar inversiones para mejorar los servicios de movilidad vial, donde la troncal central entre Piedecuesta – San Gil – Barbosa, las ampliaciones de la Ruta del Cacao y el anillo vial externo metropolitano (doble calzada) representan los proyectos con mayores necesidades de financiamiento (ver Tabla 14).

Por su parte, en la región Caribe se priorizan proyectos encaminados al mejoramiento del transporte marítimo, la implementación de las carreteras 4G con conectividad interdepartamental, el inicio de obra de la Ruta del Sol 2 y 3 y la conexión vial en la alta Guajira (Tabla 15). No existe información confiable de los valores estimados para los proyectos de infraestructura en la región de Caribe.

Finalmente, en el Pacífico sobresale la necesidad de infraestructura que mejore la comunicación entre la zona industrial de Yumbo y el norte de Cali con Buenaventura, mientras que el tren ligero eléctrico desde Jamundí pasando por Cali y Yumbo a lo largo de una línea férrea de 38,2 kilómetros facilitaría la comunicación en la región. Con los proyectos propuestos, los servicios de movilidad entre ciudades y el transporte de mercancías y pasajeros impulsaría el desarrollo económico en las regiones priorizadas (Ver Tabla 16).

**Tabla 14. Proyectos de infraestructura de transporte priorizados Santanderes**

Sector	Nombre proyecto	Valor estimado (billones de pesos)	Observación
Transporte	Troncal central (Piedecuesta San Gil Barbosa)	29	
	Anillo Vial Externo Metropolitano	0.38	El costo estimado es para calzada sencilla. El costo estimado para doble calzada es de \$ 648.684 (millones).
	Ampliación unidades funcionales 5, 6 y 7 de la Ruta del Cacao	0.78	El proyecto tiene una longitud de 25 km y cuenta con estudios y diseños en fase 3 y licencia ambiental.
	Vía salida Túnel de La Paz Sabana de Torres	0.30	Conectaría la Ruta del Cacao con la Ruta del Sol en Sabana de Torres, generando un ahorro estimado de 60 kilómetros para llegar a la Costa Atlántica.
	Conexión entre la Ruta Férrea La Dorada Chiriguaná y el Río Magdalena	N.D.	

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 15. Proyectos de infraestructura de transporte priorizados Región Caribe**

Sector	Nombre proyecto	Valor estimado (billones de pesos)	Observación
Transporte	Proyecto del Canal del Dique	N.D.	N.D.
	Conexión–Ciénaga - Barranquilla, incluyendo las obras para el manejo de la erosión costera	N.D.	N.D.
	Megaproyecto de La Mojana	N.D.	N.D.
	Implementación de las carreteras 4G con conectividad interdepartamental, priorizando la conexión de Córdoba con el Urabá Antioqueño.	N.D.	N.D.

Sector	Nombre proyecto	Valor estimado (billones de pesos)	Observación
	Rehabilitación de la vía Chinú- Lórica	N.D.	N.D.
	Construcción de puente vehicular sobre el San Jorge (Pica Pica)	N.D.	N.D.
	Ruta del Sol 2 y Ruta del Sol 3 (Doble calzada Valledupar-Santa Marta)	N.D.	N.D.
	Conexión Alta Guajira (Uribe – Puerto Bolívar – Estrella)	N.D.	N.D.

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 16. Proyectos de infraestructura de transporte priorizados Región Pacífico**

Sector	Nombre proyecto	Valor estimado (billones de pesos)	Observación
Transporte	Proyecto Mulaló-Loboguerrero	2.66	Conectividad entre la zona industrial de Yumbo y el norte de Cali con Buenaventura.
	Conexión Cali – Rumichaca	5.91	El proyecto ya está en ejecución. Está pendiente el tramo Popayán – Pasto (268 km)
	Centro Binacional de Atención en Frontera (CEBAF) en Rumichaca	N.D.	Cuenta con estudios y diseños, no tiene presupuesto asignado.
	Transversal Buenaventura - Puerto Carreño	N.D.	Extensión de 1,490 km, de los cuales 25% está construido, el 18% en ejecución y el 55% en estudio (comprende tramos en los límites entre Tolima y Huila, y el tramo que atravesaría el departamento de Vichada).
	Tren de cercanías Valle del Cauca	N.D.	Tren ligero eléctrico desde Jamundí pasando por Cali y Yumbo a lo largo de una línea férrea de 38.2 kilómetros y otra de 30.5 kilómetros para llegar a Palmira.

Fuente: elaboración propia.

## **Hub multimodal de Barrancabermeja**

CAF ha cofinanciado los estudios de factibilidad para la Plataforma Logística Multimodal de Barrancabermeja. Barrancabermeja tiene una localización en el centro norte del país y sobre el río Magdalena que convierte a esta ciudad en una candidata para movilizar una fracción importante de la carga no perecedera entre el centro del país y los puertos de la Costa Atlántica, con impactos regionales importantes de comercio que se extienden al Departamento de Santander y los departamentos de la Costa Atlántica (CAF 2020).

## **Sistemas de Comunidad Portuaria (PCS) para Buenaventura**

Un Sistema de Comunidad Portuaria (PCS, por sus siglas en inglés) es una plataforma electrónica que permite el intercambio inteligente y seguro de información entre todos los participantes de los sectores público y privado. Estas permiten optimizar, gestionar y automatizar los procesos logísticos a través de un único envío de datos que conecta las cadenas logísticas y de transporte.

Los beneficios de un Sistema de Comunidad Portuaria (PCS) incluyen costos menores de acceso a la información y de comunicación, una reducción en las transacciones ilegales y una menor tasa de errores e inconsistencias en los datos. Además de los beneficios adicionales que trae a cada tipo usuario, la PCS logra las siguientes mejoras: reducción del tiempo de comercialización gracias a los servicios de reserva, manejo y seguimiento; capacidad de localización y seguimiento del proceso de envío puerta a puerta; simplificación de las declaraciones para obtener las licencias de comercio mediante el uso de servicios PCS para ayudar en el despacho de carga.

De igual forma contribuye en el despacho automatizado de puertos en el puerto marítimo; información adicional que permite que los transportistas y los camioneros planifiquen mejor los traslados, lo cual mejora los plazos de entrega; menor cantidad de trámites y de intercambios de documentación; manejo rápido de grandes cantidades de información; y eliminación de datos redundantes a través de interfaces entre sistemas, lo que hace más confiable la adquisición de datos. Esto incluye el proceso de entornamiento para el cargue y descargue de camiones en puerto, pero no incluye inversiones en logística. En orden de magnitud, el CAPEX para gestionar 0,8 millones de TEU llenos de importación y exportación es USD 14 millones. El CAPEX es el costo equivalente de 6 equipos SCADA (uno para especializarlo en cada tipo de participante involucrado + 1 SCADA central + el costo de equipos de IT y despliegue de instrumentación IoT con telemetría + costo de desarrollo y prueba de software), con un costo total de USD 14 millones. Los TEU evolucionan con la tasa de crecimiento del PIB pronosticada por Fedesarrollo (2020). Se requieren seis PCS para cubrir la totalidad de la carga movilizadora por contenedores.

La Tabla 17 presenta las principales intervenciones de infraestructura regional.

**Tabla 17. Principales intervenciones de infraestructura regional**

Sector de infraestructura	Región Caribe	Región Pacífico	Santanderes
Transporte	-Proyectos priorizados: Proyecto del Canal del Dique, Conexión– Ciénaga - Barranquilla, incluyendo las obras para el manejo de la erosión costera, Megaproyecto de La Mojana, Implementación de las carreteras 4G con conectividad interdepartamental, priorizando la conexión de Córdoba con el Urabá Antioqueño, Rehabilitación de la vía Chinú- Lorica, Construcción de puente vehicular sobre el San Jorge (Pica Pica), Ruta del Sol 2 y Ruta del Sol 3 (Doble calzada Valledupar-Santa Marta) y Conexión Alta Guajira (Uribia – Puerto Bolívar – Estrella).	-Sistema de Comunidad Portuaria en Buenaventura (PCS). -Proyectos priorizados: Proyecto Mulaló- Loboguerrero, Conexión Cali – Rumichaca, Centro Binacional de Atención en Frontera (CEBAF) en Rumichaca, Transversal Buenaventura - Puerto Carreño y Tren de cercanías Valle del Cauca.	- Plataforma logística multimodal de Barrancabermeja (Hub multimodal). -Proyectos priorizados: troncal central (Piedecuesta San Gil Barbosa), Anillo Vial Externo Metropolitano, Ampliación unidades funcionales 5, 6 y 7 de la Ruta del Cacao, Vía salida Túnel de La Paz Sabana de Torres, y Conexión entre la Ruta Férrea La Dorada Chiriguaná y el Río Magdalena.
Agua, saneamiento y residuos	-Plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) en Barranquilla	-Planta regional de residuos sólidos en Valle	-Plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) en Bucaramanga
Optimizar las capacidades regionales para la identificación, diseño, priorización, estructuración y ejecución de proyectos regionales.			

Fuente: elaboración propia.



### 4.3 Recomendaciones para el desarrollo agropecuario

#### **Actualizar, completar y hacer interoperable el catastro multipropósito**

La información sobre la propiedad, el tamaño y el valor de la tierra es una de las piezas clave del desarrollo agropecuario. Se trata de uno de sus principales factores de producción, así como de un mercado complejo, que puede ser fácilmente distorsionado en ausencia de las instituciones adecuadas.

Al respecto, el Conpes 3958 de 2019 aborda los principales aspectos para la adopción de un nuevo catastro multipropósito que refleje las actuales condiciones de la tenencia de la tierra en Colombia y permita una valoración, tributación y asignación más eficiente del recurso. Para ello, se propone un plan de acción a siete años que incluye el aprovechamiento de la información catastral y de las capacidades institucionales a nivel nacional y subnacional, para así lograr la actualización gradual y progresiva de la información del país.

En términos de actualización de la información, el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) será la entidad líder y encargada de esta tarea, previo fortalecimiento y financiación a través de su presupuesto. Además, se deberá otorgar las competencias institucionales y de recursos a autoridades subnacionales que puedan influir en este propósito a través de su cercanía y facilidad para la recolección de los datos. Para ello también es indispensable la participación del DANE, la Superintendencia de Notariado y Registro (SNR), la Agencia Nacional de Tierras (ANT) y demás entidades relacionadas con la recopilación de la información.

Respecto a la interoperabilidad de la información entre el catastro con otros sistemas de información, se requiere la actualización y adecuación tecnológica, así como la articulación entre las entidades competentes. Para ello, se hará uso de los recursos destinados para ello a través de la banca multilateral y aprobados en el Conpes 3951.

Respecto a la continua actualización del catastro multipropósito, el IGAC será el encargado de crear los mecanismos y herramientas para llevar a cabo estos procesos, a través de observatorios, conocimiento de experiencias de otras entidades e inversión en investigación y desarrollo.

Respecto a la financiación, para el desarrollo de estas políticas concurrirán la Nación, los municipios, los departamentos y la cooperación internacional. La política tiene un costo estimado de \$ 5,28 billones de pesos constantes del 2019.

#### **Paquete de infraestructura y cambio tecnológico rural**

Parra-Peña et al (2021) sugieren la siguiente hoja de ruta para la inversión productiva desde el punto de vista de la infraestructura.

- **Fortalecer las condiciones de infraestructura de comercialización y/o estructuras logísticas:** desarrollo de infraestructura y habilidades TIC, logísticas y de digitalización para toda la cadena de venta del producto final. Para potenciar las oportunidades que representa la digitalización del comercio de productos agropecuarios, será necesario el desarrollo de la agrologística,

enfocada en las actividades de planeación, ejecución y control en el flujo de productos. Esto se puede realizar de la mano de los ministerios de agricultura e industria y comercio y a través de las entidades públicas de capacitación a las alianzas futuras con privados, bajo un enfoque de organización en torno a clústeres que tomen en cuenta tanto las potencialidades productivas del territorio, así como las oportunidades de mercado.

- Promover el desarrollo agrologístico, enfocándose en la consolidación de Infraestructuras Logísticas Especializadas e Infraestructuras Logísticas Agropecuarias. Ambos son espacios claves para conectar los productos con los corredores nacionales.
- Creación y ampliación de oferta educativa de formación y cualificación en gestión de procesos logísticos y logística agropecuaria.
- Aumentar los bienes y servicios rurales. Priorizar tecnologías constructivas, localización de vías secundarias y terciarias con mayor potencial y seguimiento a obras ejecutadas por entes locales. En particular se propone:

- Continuar profundizando la agenda de inversión en infraestructura rural de transporte, la inversión en infraestructura de riego y adecuación de tierras. Los lineamientos del Conpes 3857 para la Gestión de la Red Terciaria sumados al programa Colombia Rural de Invías podría trabajarse como una política de Estado, con metas plurianuales y estabilidad presupuestal para su cumplimiento. Para el caso de lo agro/agroindustrial la consolidación de las vías secundarias continúa siendo primordial, mientras que para lo agroforestal y la comercialización de sus productos las vías terciarias deben ser una prioridad, con especial atención a las vías caracterizadas en los Planes de Desarrollo con Enfoque Territorial – PDET. Es importante destacar que los criterios utilizados en la priorización para la red de integración del PMTI sirvieron como insumo para los PDET. A su vez, la actualización del PMTI de 2022 tiene en cuenta los criterios de pobreza multidimensional y violencia. Se recomienda acoger las recomendaciones en infraestructura del PMTI.
- Para la conectividad digital, se propone que el MinTIC y el Comité de Transformación Digital del SNCI profundicen la cobertura de internet rural a través de dos programas ya vigentes: 1) Asignación del Espectro para cobertura 4G, 2) Proyecto Centros Digitales para el acceso universal a TIC en zonas rurales del Conpes 4001.
- Fomentar la transición energética a través de fuentes alternativas de energía especialmente en áreas donde se utiliza la quema de combustibles fósiles, además del aprovechamiento de los residuos sólidos del sector como fuentes de energía o de otros insumos productivos (Fedesarrollo, 2021). La creación de biorrefinerías es también un paso fundamental en la consolidación del agro/agroindustria, haciendo uso de los desechos de los cultivos más importantes. Esto implica también materializar la hoja de ruta para la financiación de estos planes que adelante el MADR, DNP y Fedesarrollo para destinar recursos públicos, privados y de cooperación en un gran plan de inversiones.

- Fomentar el buen uso productivo de la tierra: planes de ordenamiento productivo y sectoriales deben tener una visión de la ventaja comparativa en el uso de los recursos agropecuarios, así como su capacidad productora, distribuidora y de exportación.

El Plan Nacional de Riego busca alcanzar una cobertura de 10 % del área potencialmente apta para ser habilitada mediante riego planificado. Esto se llevaría a cabo a través de inversiones en construcción de infraestructura nueva y adecuación de la existente y de acciones de fortalecimiento institucional orientadas a que el proceso de toma de decisiones se fundamente en criterios objetivos de focalización y priorización. Este plan se resume en cinco estrategias:

- Gestión de la información y el conocimiento: Recopilar y analizar la información necesaria para planificar e implementar acciones estructuradas y relevantes.
- Fortalecer capacidades y acceso a tecnología a través del SNIA, Agrosavia, entidades de nivel subnacional, y los centros de I+D+i de los gremios de productores, para la transición hacia modelos de producción sostenibles (agricultura circular, regenerativa, conservación de suelos, agroforestería, etc.), adaptando las cadenas de valor a los escenarios previstos de cambio climático.
- Apoyo a la productividad y a la competitividad: garantizar la sostenibilidad económica, ambiental y financiera de la inversión en riego, atendiendo a oportunidades en los mercados y modelos de integración productiva (encadenamientos, agricultura por contrato, otros).
- Ampliación de cobertura: Ampliar los distritos de riego de segunda generación y soluciones alternativas fuera de distritos.
- Rehabilitación y entrega de distritos de riego: intervenir los distritos de primera generación, con paquetes tecnológicos y de desarrollo empresarial, para procesos de reconversión productiva, de ser necesario.
- Entrada gradual de procesos en construcción: implementar una hoja de ruta para finalizar los proyectos en construcción, permitiendo su entrada en funcionamiento de manera escalonada.

Para alcanzar las metas propuestas en el Plan Nacional de Riego, 2020-2039 se requieren inversiones por \$21 billones de pesos colombianos de 2019, lo que requiere el esfuerzo del Gobierno Nacional Central y de las entidades territoriales. Si bien la resolución propone esquemas de incrementos en la financiación pública del plan, la fuente de los recursos no es clara y presentaría limitaciones ante las restricciones fiscales del país, lo que pone de presente la necesidad de mayores recursos para concluir este propósito.

### **Plataformas para digitalización de última milla de empresas agropecuarias**

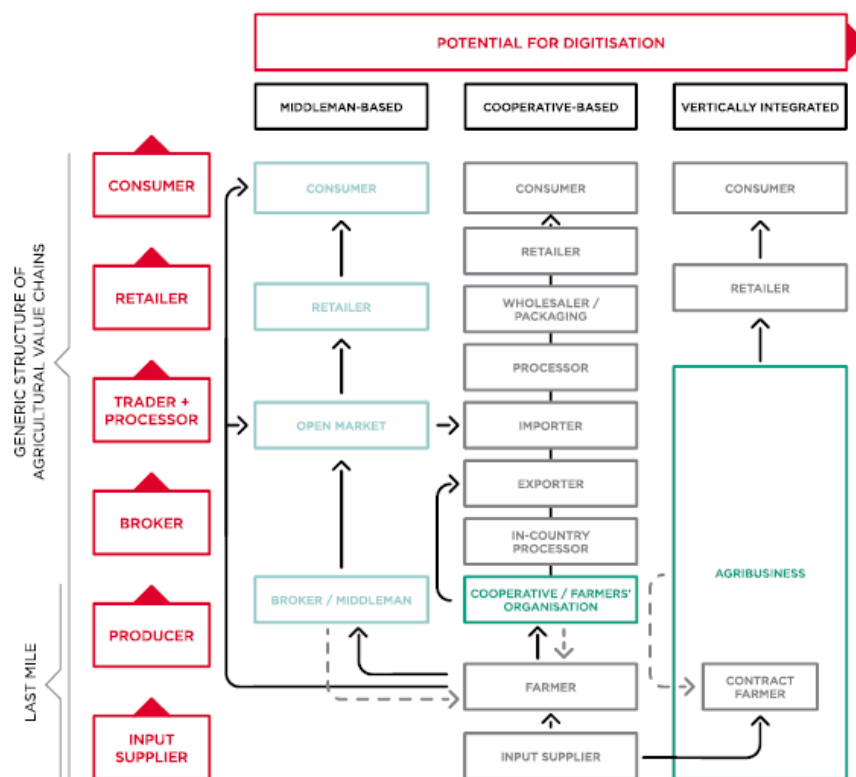
Las cadenas logísticas agropecuarias tienen numerosas ineficiencias en todo el mundo. Las intervenciones que reducen los costos logísticos rurales requieren grandes inversiones de capital (mejor acceso y conectividad de transporte) y digitalización de muchos de los procesos. En agricultura, la última milla es la red de relaciones entre productores y compradores. En la última

milla se conectan los mercados globales y las economías rurales antes del proceso de transformación y agregación de valor.

La

Gráfica 29 ubica las transacciones de última milla agrícola en toda la cadena de valor, e ilustra el potencial de digitalización.

**Gráfica 29. Digitalización de la cadena logística agropecuaria**



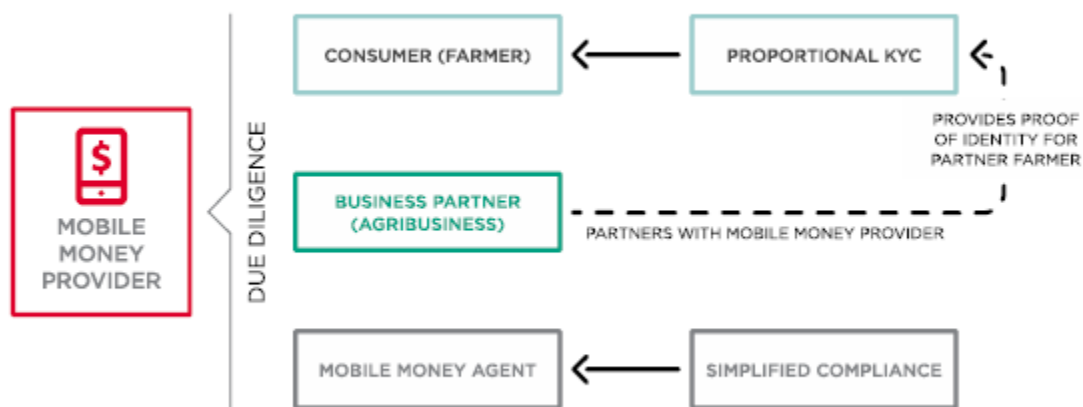
Fuente: GSMA (2022)

La digitalización de última milla consiste en aumentar la cobertura de banda ancha y generar aplicaciones en línea para realizar de manera remota transacciones B2P/B2B y automatizar parte de la contratación y los pagos. Con ello se elimina una fracción de viajes a los centros urbanos y se mejora la transparencia, la calidad y la estabilidad de la oferta agrícola. El ahorro logístico de última milla es la suma de los costos de transporte y el valor del tiempo total de viaje de funcionarios y tecnólogos.

Se propone promover plataformas de Proveedores Móviles de Dinero (Mobile Money Providers, MMP), que son agentes financieros de última milla que reducen una fracción de los viajes relacionados con los pagos y los trámites B2B y B2P. La estructura de un MMP se presenta en la

Gráfica 30. En este modelo, los negocios agrícolas se asocian con el MPP, que reduce el tiempo de tamizaje de riesgo de contraparte y efectúa las transacciones. Los MPP cubrirán todo el universo de empresas del sector agrícola de Colombia.

Gráfica 30. Plataforma de Proveedores Móviles de Dinero



Fuente: GSMA (2022)

La inversión debe cubrir conectividad con teléfonos inteligentes y desarrollo de las plataformas de MMP en seis regiones. En consulta con expertos en desarrollo rural, una plataforma MMP ahorraría el equivalente de 8 días anuales de viajes y trámites, que tienen un valor de COP\$ 1,4 millones/firma-año (valor de salario de una persona más sus costos de viaje de 1 hora promedio a la cabecera municipal). Se asume cobertura universal de la digitalización de las empresas sectoriales. El CAPEX de una plataforma con una cobertura regional de 7 mil firmas es de COP\$ 20 mil millones.

La

Tabla 18 resume las principales intervenciones de infraestructura para los dos subsectores de agricultura.

Tabla 18. Principales intervenciones de infraestructura para agricultura

Sector de infraestructura	Agro/agroindustria y agroforestal
Transición energética	- Biorrefinerías para el aprovechamiento de residuos orgánicos - Sustitución parcial de energías fósiles por energías renovables
Transporte	- Plan de vías secundarias y terciarias priorizado a partir de las principales cadenas productivas y los Planes de Desarrollo con Enfoque Territorial – PDET. - Fortalecimiento de las condiciones de infraestructura de comercialización y/o estructuras logísticas: Infraestructuras Logísticas Especializadas e Infraestructuras Logísticas Agropecuarias

Sector de infraestructura	Agro/agroindustria y agroforestal
Agua, saneamiento y residuos	- Distritos de riego
TICS	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Actualizar, completar y hacer interoperable el catastro multipropósito</li> <li>- Digitalización para gestión de la productividad</li> <li>- Plataformas de digitalización de última milla (proveedores móviles de dinero)</li> <li>- Ampliación de oferta educativa de formación y cualificación en gestión de procesos logísticos y logística agropecuaria.</li> </ul>

Fuente: elaboración propia.

## Referencias

- Academic. (2022). *Transmetro de Barranquilla*. Obtenido de <https://es-academic.com/dic.nsf/eswiki/1165518>
- Agencia de Renovación el Territorio. *Abecé PDET*. Obtenido de [https://www.renovacionterritorio.gov.co/especiales/especial\\_pdet/#descargables](https://www.renovacionterritorio.gov.co/especiales/especial_pdet/#descargables)
- Agencia de Sostenibilidad Energética. (8 de Febrero de 2021). *Electromovilidad: Las 10 barreras que identifican para la carga residencial de vehículos eléctricos*. Obtenido de <https://www.agenciase.org/2021/02/08/electromovilidad-las-10-barreras-que-identifican-para-la-carga-residencial-de-vehiculos-electricos/>
- Agénor, P.R. (2013). *Public capital, growth, and welfare*. Princeton University Press.
- Aguilera M., Reina Y., Orozco A., Yabrudy J. y Barcos R. (2017). *Evolución socioeconómica de la región Caribe colombiana entre 1997 y 2017*. Documentos de trabajo sobre economía regional y urbana. Banco de la República. Obtenido de: <https://www.banrep.gov.co/sites/default/files/publicaciones/archivos/dtseru-258.pdf>
- Alcaldía de Bogotá. (25 de octubre de 2021). *Bogotá aporta cerca del 90% al cumplimiento del Acuerdo de Emergencia Climática*. Obtenido de <https://bogota.gov.co/mi-ciudad/ambiente/avances-del-plan-de-accion-del-distrito-contra-la-emergencia-climatica>
- AQICN. (2022). *Air Quality Index (AQI)*. Obtenido de <https://aqicn.org/city/colombia/bogota/minambiente/>
- Área Metropolitana de Bucaramanga. (12 de Diciembre de 2014). *Con revisión exhaustiva a flota de metrolínea AMB estrena modernos equipos para control de emisión de gases*. Obtenido de <https://www.amb.gov.co/con-revision-exhaustiva-a-flota-de-metrolinea-amb-estrena-modernos-equipos-para-control-de-emision-de-gases/>
- Arto, I. et al (2016). The energy requirements of a developed world. *Energy for Sustainable Development* 33: 1-13. Disponible en: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0973082616301892?token=DCAE546523612C909492B9CC71088EAF4E2A17B21489260B0DF561D16893A334E562F88E110702A646B713FD5857CDAB&originRegion=us-east-1&originCreation=20220308212525>
- Aschauer, David Alan. 1989. "Is Public Expenditure Productive?" *Journal of Monetary Economics* 23 (2): 177– 200. [https://doi.org/10.1016/0304-3932\(89\)90047-0](https://doi.org/10.1016/0304-3932(89)90047-0).
- Barranquilla Cómo Vamos. (2022). Estudio sobre aguas residuales en el área metropolitana de Barranquilla. <https://barranquillacomovamos.org/equipo/>
- Bboxx. (2022). Helping businesses to scale, a state-of-the-art comprehensive management platform. <https://www.bboxx.com/technology/#/top>

- Benavides, J, y G. Elizondo. (2016). The political economy of disrupted electricity sectors in Latin– America - Transition phases, broad policy measures and road map to foster cleaner energy and new business models. Working Paper. The World Bank.
- Benavides, J. (2018). *Beneficios económicos de un regulador independiente y único para el sector de las Tecnologías de la Información y las Telecomunicaciones (TICS)*. Bogotá.
- Benavides, J., & Cadena, A. (2018). *Mercado eléctrico en Colombia: transición hacia una arquitectura descentralizada*. Bogotá: Fedesarrollo.
- Benavides, J., Espinosa, D. , Valle, C., Leal, M., Lleras, C., Márquez, R., Perry, G., Saavedra, J. & Taboada, J. (2019). *Informe de la comisión de expertos en infraestructura de transporte*. Bogotá. Bonifaz, J. L., Aguirre, J., & Quequezana, P. (2020). *Brechas de infraestructura en la región andina*. Washington D.C: BID.
- Benavides, J., Cadena, X. D., García, M. C., & Medellín, C. (2021). *Asistencia técnica para la implementación del Proyecto de Acción de los NDC en Colombia (UNEP)*. Bogotá: Fedesarrollo para UNEP.
- Benavides, J. (2021). *La infraestructura en Colombia: balance, prospectiva y recomendaciones en {tecnologías de la información y la comunicación + electricidad + gas + transporte}*. Bogotá: Fedesarrollo.
- Benavides, J. (2022A). *Infraestructura y economías de aglomeración en las ciudades de ALC*. Bogotá: Fedesarrollo para el BID.
- Benavides, J. (2022B). Retos de la gobernanza y la transición del carbón metalúrgico en Colombia.
- BID (2021). La Brecha De Infraestructura en América Latina y el Caribe.
- Bonzi, A. , Benavides, J., Rasteletti, A., Urrea, I. & Madrigal, M. (2022). *A Framework for the Fiscal Impact of Electromobility*. BID. DOI: [http://dx.doi.org/10.18235/0004039Brichetti, J.P., et al \(2021\) “La brecha de acceso a la infraestructura aeroportuaria en América Latina y el Caribe”](http://dx.doi.org/10.18235/0004039Brichetti, J.P., et al (2021) “La brecha de acceso a la infraestructura aeroportuaria en América Latina y el Caribe”).
- Browder, G., Ozment, S., Rehberger Bescos, I., Gartner, T., and Lange., G.M. (2019). Integrating Green and Gray. Creating Next Generation Infrastructure. World Bank Group and World Resources Institute.
- CAF (2016) “Análisis de inversiones aeroportuarias y portuarias 2040: Sector Portuario”.
- CAF. (2018). Guía de buenas prácticas para la adaptación de las carreteras al clima. <https://scioteca.caf.com/handle/123456789/1221>
- CAF. (2019). *La electromovilidad en el transporte público de América Latina*. Buenos Aires: Banco de Desarrollo de América Latina.



- CAF. (2020). Estudios para la actualización de la factibilidad y la estructuración del proyecto: Plataforma logística multimodal de Barrancabermeja.  
<https://www.caf.com/es/actualidad/convocatorias/2020/06/estudios-para-la-actualizacion-de-la-factibilidad-y-la-estructuracion-del-proyecto-plataforma-logistica-multimodal-de-barrancabermeja-plmb/>
- CAF. (2021a). Estructurar a nivel de factibilidad la optimización de la prestación del servicio público de aseo, en los municipios de la subregión Baja Guajira (Barrancas, Distracción, el Molino, Fonseca, Hatonuevo, San Juan del Cesar y Villanueva) del departamento de La Guajira. Documento entregado por CAF.
- CAF. (2021b). Nota Técnica: Logística para la Ruralidad en Colombia.
- CAF. (2022a). Consultoría para la estructuración de un esquema regional de prestación de los servicios públicos de acueducto y alcantarillado en el departamento de Córdoba. Documento entregado por CAF.
- CAF. (2022b). Documento de evaluación de crédito operaciones de riesgo soberano: Programa Prosperidad Colombia. Documento entregado por CAF.
- CAF (2022c). “Apoyo a la implementación del Plan Nacional de Infraestructura de Datos”, Dirección de Transformación Digital, mimeo.
- Calderón, César and Servén, Luis. (2010). *Infrastructure in Latin America*. Policy Research Working Paper; No. 5317. World Bank. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/3801>
- Calderón, César, and Luis Servén. (2014). *Infrastructure, Growth, and Inequality: An Overview*. 7034. World Bank Policy Research Working Paper. <https://doi.org/10.1596/1813-9450-7034>.
- Cámara de Comercio de Cali. (2017). *Estos son los retos de RAP Pacífico*. Disponible en: [https://www.ccc.org.co/112categoria\\_articulo/estos-los-retos-rap-pacifico/](https://www.ccc.org.co/112categoria_articulo/estos-los-retos-rap-pacifico/)
- Camargo, J. (2019). *Para los soachunos la necesidad tiene cara de perro*. Bogotá: Universidad del Rosario. Obtenido de <https://repository.urosario.edu.co/bitstream/handle/10336/12596/Para%20los%20soachunos%20la%20necesidad%20tiene%20cara%20de%20perro,%20Jessica%20Camargo%20pdf.pdf;jsessionid=BE4E4532C630453335B961171D01A740?sequence=1>
- Carpentier N., García A. y Valencia E. (2021). Diagnóstico de crecimiento S–ntander - Colombia. Prostantander. Obtenido de: [https://www.prostantander.org/api/public/uploads/publicaciones/doc/documento\\_1623939770.pdf](https://www.prostantander.org/api/public/uploads/publicaciones/doc/documento_1623939770.pdf)
- Castro, O. et al. (2016). INFRAESTRUCTURA PORTUARIA EN COLOMBIA: ASIMETRÍAS ENTRE EL PUERTO DE BUENAVENTURA Y EL PUERTO DE CARTAGENA PARA EL AÑO 2015. <https://repository.urosario.edu.co/handle/10336/16960>

- Caracol Radio. (07 de marzo de 2019). *Buses de Metrolinea no contaminan tanto como los convencionales*. Obtenido de [https://caracol.com.co/emisora/2019/03/07/bucaramanga/1551978901\\_232480.html](https://caracol.com.co/emisora/2019/03/07/bucaramanga/1551978901_232480.html)
- CEPAL. (2021). *Políticas regulatorias y tarifarias en el sector de agua potable y saneamiento en América Latina y el Caribe*. Santiago: Naciones Unidas. Obtenido de [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/47131/1/S2100310\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/47131/1/S2100310_es.pdf)
- Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico (2014). Resolución CRA 688 de 2014. Por la cual se establece la metodología tarifaria para las personas prestadoras de los servicios públicos domiciliarios de acueducto y alcantarillado con más de 5.000 suscriptores en el área urbana.
- Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico (2015). Resolución CRA 720 de 2015. “Por la cual se establece el régimen de regulación tarifaria al que deben someterse las personas prestadoras del servicio público de aseo que atiendan en municipios de más de 5.000 suscriptores en áreas urbanas, la metodología que deben utilizar para el cálculo de las tarifas del servicio público de aseo y se dictan otras disposiciones.
- Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico (2017). Resolución CRA 825 de 2017. Por la cual se establece la metodología tarifaria para las personas prestadoras de los servicios públicos domiciliarios de acueducto y alcantarillado que atiendan hasta 5.000 suscriptores en el área urbana y aquellas que presten el servicio en el área rural independientemente del número de suscriptores que atiendan.
- Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico (2018). Resolución CRA 853 de 2018. Por la cual se establece el régimen tarifario y metodología tarifaria aplicable a las personas prestadoras del servicio público de aseo que atiendan en municipios de hasta 5.000 suscriptores y se dictan otras disposiciones.
- Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico (2021). Consultoría para proponer medidas regulatorias para el Costo Medio de Inversión como insumo para la cuarta etapa regulatoria en los servicios públicos domiciliarios de acueducto y alcantarillado. Documento entregado por CAF.
- Consejo de Bogotá. (4 de diciembre de 2021). *Aprobado proyecto para la aplicación de subsidios a servicios públicos de estratos 1, 2 y 3*. Obtenido de Boletín No. 273 diciembre de 2021: <https://concejodebogota.gov.co/aprobado-proyecto-para-la-aplicacion-de-subsidios-a-servicios-publicos/cbogota/2021-12-04/154611.php>
- DANE (2018). Proyecciones de población con base en los resultados del Censo Nacional de Población y Vivienda – CNPV 2018. Obtenido de [https://www.dane.gov.co/files/censo2018/proyecciones-de-poblacion/Nacional/anexo-proyecciones-poblacion-NacionalArea2018\\_2070.xlsx](https://www.dane.gov.co/files/censo2018/proyecciones-de-poblacion/Nacional/anexo-proyecciones-poblacion-NacionalArea2018_2070.xlsx)
- DANE (2021). *Cuentas Nacionales*. Bogotá, D.C., Colombia

- DANE (2021). *Economía Circular cuarto reporte*. Bogotá, D.C., Colombia.
- DANE. (2022). *Exportaciones*. Obtenido de <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/comercio-internacional/exportaciones>
- Departamento Nacional de Planeación (2014). *Propuesta para incentivar la inversión en proyectos agropecuarios (documento técnico para la Misión de Transformación del Campo)*. Bogotá D.C.
- Departamento Nacional de Planeación (2016). *Lineamientos de política para la gestión de la red terciaria*. Documento CONPES 3857. Bogotá, D.C., Colombia: DNP. Disponible en: [https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3857\\_RedTerciaria.pdf](https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3857_RedTerciaria.pdf)
- Departamento Nacional de Planeación (2016). *Política nacional para la gestión integral de residuos sólidos*. Documento CONPES 3874. Bogotá, D.C, Colombia.
- Departamento Nacional de Planeación (2018a). *Estrategia para la implementación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) en Colombia*. Documento CONPES 3918. Bogotá, D.C, Colombia.
- Departamento Nacional de Planeación (2018b). *Política de crecimiento verde*. Documento CONPES 3934. Bogotá, D.C, Colombia.
- Departamento Nacional de Planeación (2018c). *Pacífico: desarrollo socioeconómico con equidad, integración y sostenibilidad ambiental*. Obtenido de: [https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Desarrollo%20Territorial/D.%20Pac%C3%ADfico\\_De\\_sarrollo%20socioecon%C3%B3mico%20con%20equidad,%20integraci%C3%B3n%20y%20sostenibilidad%20ambiental.pdf](https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Desarrollo%20Territorial/D.%20Pac%C3%ADfico_De_sarrollo%20socioecon%C3%B3mico%20con%20equidad,%20integraci%C3%B3n%20y%20sostenibilidad%20ambiental.pdf)
- Departamento Nacional de Planeación (2019). *Política de adecuación de tierras 2018-2038*. Documento CONPES 3926. Bogotá D.C. Colombia
- Departamento Nacional de Planeación (2020). *Economía circular en la gestión de los servicios de agua potable y manejo de aguas residuales*. Documento CONPES 4004. Bogotá, D.C., Colombia.
- Departamento Nacional de Planeación (2020). *Política nacional logística*. Documento CONPES 3982. Bogotá, D.C., Colombia.
- Departamento Nacional de Planeación (2021). *Declaración de importancia estratégica de los proyectos de inversión del programa vías para la conexión de territorios, el crecimiento sostenible y la reactivación 2.0*. Documento CONPES 4039. Bogotá, D.C., Colombia: DNP. Disponible en: <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/4039.pdf>
- Departamento Nacional de Planeación (2021). *Política para el desarrollo de proyectos de infraestructura de transporte sostenible: Quinta Generación de concesiones bajo el esquema de Asociación Público-Privada – Concesiones del Bicentenario*. Documento

CONPES 4060. Bogotá, D.C., Colombia: DNP. Disponible en:  
<https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/4060.pdf>

Departamento Nacional de Planeación (2021). *Fuentes alternativas de financiación para sistemas de transporte público*. Obtenido de  
<https://planeacionnacional.sharepoint.com/sites/PlataformaDIES2/Shared%20Documents/Forms/AllItems.aspx?id=%2Fsites%2FPlataformaDIES2%2FShared%20Documents%2FMovilidad%2FCartilla%2DFuentes%2DAlternativas%2Dde%2DFinanciacion%2D20211215%2Epdf&parent=%2Fsites%2FPlataformaDIES2%2FShared%20Documents%2FMovilidad&p=true&ga=1>

Departamento Nacional de Planeación (2022a). Adenda número 1: CONPES 3918. Disponible en:  
<https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/Adenda%203918.pdf>

Departamento Nacional de Planeación (2022b). Estimación de costos DIES 2050.

Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales (2021). *Estudio de Tiempos de Despacho de Mercancías 2021 Importación y Exportación*. Dirección de Aduanas. Disponible en:  
<https://www.dian.gov.co/aduanas/Documents/Estudio-Tiempos-Despacho-Mercancias-2021.pdf>

E-Bus Radar. (2022). *Buses eléctricos en América Latina*. Obtenido de  
<https://www.ebusradar.org/es/>

El espectador. (24 de marzo de 2022). *Colombia es el sexto país de Latinoamérica con el aire más contaminado*. Obtenido de <https://www.elespectador.com/ambiente/colombia-es-el-sexto-pais-de-latinoamerica-con-el-aire-mas-contaminado/>

El Tiempo. (2019). Crecimiento de basuras de Cali, bajo la lupa de entes de control.  
<https://www.eltiempo.com/colombia/otras-ciudades/crecimiento-de-basuras-de-cali-esta-bajo-la-lupa-de-los-entes-de-control-336892>

El Tiempo. (10 de diciembre de 2021). *Aprobada aplicación de subsidios a servicios públicos en estratos 1, 2 y 3*. Obtenido de <https://www.eltiempo.com/bogota/servicios-publicos-estos-son-los-subsidios-para-bogota-2022-2026-637905>

El Tiempo. (2022). En 2023, el comercio con Venezuela sería de US\$ 2,000 millones. Edición escrita.

Farfan, J.C. (2020). "Cuantificación de la Brecha de Financiación en Adaptación al Cambio Climático en Colombia" en Documento 516 de Archivos de Economía, Dirección de Estudios Económicos en el Departamento Nacional de Planeación.

Federico Del Giorgio Solfa y Alfonso Roberto González (septiembre, 2013). El Organismo de Control del Agua de Buenos Aires: funcionamiento y organización territorial en perspectiva de la regionalización bonaerense. VII Congreso Argentino de Administración Pública: Liderazgo, Equidad y Sustentabilidad. Jefatura de Gabinete de Ministros de la Presidencia de la Nación, la Gobernación de la Provincia de Mendoza, la Asociación Argentina de

- Estudios de Administración Pública y la Asociación de Administradores Gubernamentales, Mendoza. Disponible en: <https://www.aacademica.org/del.giorgio.solfa/253>
- Fedesarrollo. (2022A). Asistencia técnica para la implementación del Proyecto de Acción de los NDC en Colombia (UNEP). Fedesarrollo (institución técnica nacional). Entregable 3.4. Documentos técnicos sobre el diseño y operatividad de dos mecanismos financieros para la NDC (dos sectores priorizados).
- Fedesarrollo. (2022B). Política de transición energética de Colombia y el papel del gas natural en la transición.
- Fedesarrollo. (2022C). Papel del gas natural en la transición energética de Colombia: recomendaciones de política, planificación y regulación.
- Financiera de Desarrollo Nacional. (2019). Sistemas de transporte público de Colombia: retos, oportunidades y estrategias de financiación. Bogotá D.C. Obtenido de <http://docplayer.es/163141189-Retos-en-la-financiacion-de-sistemas-de-transporte-publico-en-colombia.html>
- Findeter. (2021). *Estudio del sector transporte colombiano*. Bogotá: Findeter.
- Fundesarrollo. (2022). Plantean soluciones a los 10 desafíos más apremiantes de la región Caribe. Obtenido de: <http://www.fundesarrollo.org.co/2022/05/23/plantean-soluciones-a-los-10-desafios-mas-apremiantes-de-la-region-caribe/>
- García, A., Iglesias, E., & Puig, P. (2021). *Informe anual del Índice de Desarrollo de la Banda Ancha: Brecha digital en América Latina y el Caribe*. Washington, D.C.: BID.
- Gjebrea, E., & Zoto, O. (2013). *Regionalization of Water Supply and Sewerage Companies as a Solution for the Efficiency of Water Supply and Sewerage Sector: Case of Albania*. *Mediterranean Journal of Social Sciences*. doi:10.5901/mjss.2013.v4n6p37
- Global infrastructure Hub (2020). *Fiscal multiplier effect of infrastructure investment*
- Greenpeace. (21 de octubre de 2021). *Greenpeace alerta sobre el impacto del transporte en el aire de Bogotá*. Obtenido de <https://www.greenpeace.org/colombia/noticia/issues/contaminacion/greenpeace-alerta-sobre-el-impacto-del-transporte-en-el-aire-de-bogota/>
- GSMA. (2020). Toolkit for the digitisation of agricultural value chains. <https://www.gsma.com/mobilefordevelopment/agritech/the-gsma-agritech-toolkit-for-the-digitisation-of-agricultural-value-chains-3/>
- Hantke-Domas, M., & Jouravlev, A. (2011). *Lineamientos de política pública para el sector de agua potable y saneamiento*. Santiago de Chile: CEPAL.
- Hernández G. A. (2020). *Impacto de las regalías: Un análisis insumo - producto*. Documento 506. Dirección de estudios económicos DNP. Archivos de economía.

- Hulten, Charles R. 1996. "Infrastructure Capital and Economic Growth How Well You Use It May Be More Important Than How Much You Have." 5847. NBER Research Working Paper. <https://doi.org/10.3386/w5847>.
- IDEAM. (2018). *Informe Nacional de Residuos o Desechos Peligrosos en Colombia 2017*. Bogotá: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM. Disponible en: [https://www.andi.com.co/Uploads/Informe\\_RESPEL\\_2017.pdf](https://www.andi.com.co/Uploads/Informe_RESPEL_2017.pdf)
- Infralatam. (2020). *Datos de Inversión Pública en Infraestructura Económica en América Latina y el Caribe*. Obtenido de Evolución por país y sector: <http://infralatam.info/>
- INRIX. (2021). *2021 INRIX Global Traffic Scorecard*. Washington.
- Kaika, D. y E. Zervas. (2013). The Environmental Kuznets Curve (EKC) theory—Part A: Concept, causes and the CO2 emissions case. *Energy Policy* 62: 1392-1402. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0301421513007970>
- Kim, Y.E., & Loayza, N.V. (2019). Productivity Growth Patterns and Determinants across the World. Policy Research Working Paper 8852, World Bank Group, Development Economics, Development Research Group.
- Laizāns, A., Graurs, I., Rubenis, A., & Utehin, G. (2020). Economic Viability of Electric Public Buses: Regional Perspective. *Procedia Engineering*(134), 316-321.
- Las2 Orillas. (13 de Abril de 2022). *Gran plantón social por los desesperantes trancones de la calle 13*. Obtenido de <https://www.las2orillas.co/gran-planton-social-por-los-desesperantes-trancones-de-la-calle-13/>
- Martínez, A., & Benavides, J. (2022). *¿Qué hacer en infraestructura de transporte?* Bogotá: Fedesarrollo.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (2020). *Resolución 0311 de 2020. Por la cual se adopta el Plan Nacional de Riego 2020-2039*. Bogotá D.C.
- Ministerio de Ambiente. (2015). *Residuos Peligrosos*. Obtenido de <https://www.minambiente.gov.co/asuntos-ambientales-sectorial-y-urbana/residuos-peligrosos/>
- Ministerio de Ambiente. (2022). *Política ambiental para la gestión integral de residuos peligrosos y plan de acción 2022-2030*. Bogotá.
- Ministerio de Ciencias, Tecnología e Innovación. (2022). Misión de Sabios 2019. <https://www.minciencias.gov.co/mision-sabios/documentos>
- Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. (2018). *Plan TIC 2018 - 2022*. Bogotá: MinTIC. Obtenido de [https://micrositios.mintic.gov.co/plan\\_tic\\_2018\\_2022/pdf/plan\\_tic\\_2018\\_2022\\_20191121.pdf](https://micrositios.mintic.gov.co/plan_tic_2018_2022/pdf/plan_tic_2018_2022_20191121.pdf)

- Ministerio de Tecnologías de la Información y la Comunicación. (2019). *Aspectos Básicos de la Industria 4.0*. Bogotá. Obtenido de [https://colombiatic.mintic.gov.co/679/articles-124767\\_recurso\\_1.pdf](https://colombiatic.mintic.gov.co/679/articles-124767_recurso_1.pdf)
- Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. (2022). *Plan de Digitalización de Mipyme*. Obtenido de <https://www.mintic.gov.co/portal/inicio/Atencion-y-Servicio-a-la-Ciudadania/Preguntas-frecuentes/198870:Plan-de-Digitalizacion-de-MIPYME#:~:text=%C2%BFcu%C3%A1l%20son%20los%20objetivos%20del,sanitaria%20generada%20por%20el%20Covid19>.
- Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (2022A). Plan Nacional de Infraestructura de Datos. Documento Técnico y Hoja de Ruta. [https://www.mintic.gov.co/portal/715/articles-198952\\_anexo\\_1\\_pnid\\_documento\\_tecnico\\_hoja\\_ruta.pdf](https://www.mintic.gov.co/portal/715/articles-198952_anexo_1_pnid_documento_tecnico_hoja_ruta.pdf)
- Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. (2022B). Telefonía móvil. <https://colombiatic.mintic.gov.co/679/w3-propertyvalue-47274.html>
- Ministerio de Transporte. (2012). *Terminales de los sistemas de transporte masivo serán desarrollo inmobiliario*. Obtenido de [https://www.mintransporte.gov.co/publicaciones/1109/terminales\\_de\\_los\\_sistemas\\_de\\_transporte\\_masivo\\_seran\\_desarrollo\\_inmobiliario/Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio \(2018\). Plan director agua y saneamiento básico visión estratégica 2018 – 2030](https://www.mintransporte.gov.co/publicaciones/1109/terminales_de_los_sistemas_de_transporte_masivo_seran_desarrollo_inmobiliario/Ministerio%20de%20Vivienda,%20Ciudad%20y%20Territorio%20(2018).%20Plan%20director%20agua%20y%20saneamiento%20básico%20visión%20estratégica%202018%20-%202030). Bogotá D.C.; Colombia.
- Ministerio de Transporte. (24 de febrero de 2022). *Gobierno de Colombia le apuesta a una APP del Río Magdalena que fomente empleo, sostenibilidad ambiental, navegabilidad e inclusión social*. Obtenido de <https://www.mintransporte.gov.co/publicaciones/10670/gobierno-de-colombia-le-apuesta-a-una-app-del-rio-magdalena-que-fomente-empleo-sostenibilidad-ambiental-navegabilidad-e-inclusion-social/>
- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio (2015). Decreto 1077 de 2015. Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio.
- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio (2016). Decreto 596 de 2016. Por el cual se modifica y adiciona el Decreto 1077 de 2015 en lo relativo con el esquema de la actividad de aprovechamiento del servicio público de aseo y el régimen transitorio para la formalización de los recicladores de oficio, y se dictan otras disposiciones.
- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio (2016). Resolución 276 de 2016. Por la cual se reglamentan los lineamientos del esquema operativo de la actividad de aprovechamiento del servicio público de aseo y del régimen transitorio para la formalización de los recicladores de oficio acorde con lo establecido en el capítulo 5 del título 2 de la parte 3 del Decreto 1077 de 2015 adicionado por el Decreto 596 del 11 de abril de 2016.

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio (2017). Decreto 1784 de 2017. Por el cual se modifica y adiciona el Decreto 1077 de 2015 en lo relativo con las actividades complementarias de tratamiento. y disposición final de residuos, sólidos en el servicio público de aseo.

Ministerio de Vivienda. (2020). *Gestión de Residuos Sólidos: Tratamiento y disposición final*. Obtenido de <https://www.minvivienda.gov.co/viceministerio-de-agua-y-saneamiento-basico/gestion-institucional/gestion-de-residuos-solidos/tratamiento-y-disposicion-final>

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (11 de Junio de 2020). *Conozca cómo acceder al subsidio para el pago del servicio de agua rural*. Obtenido de <https://minvivienda.gov.co/sala-de-prensa/conozca-como-acceder-al-subsidio-para-el-pago-del-servicio-de-agua-rural>

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (24 de Agosto de 2021). *Colombia potencia en agua: El 93% de los colombianos ya cuentan con acceso a este servicio*. Obtenido de [https://minvivienda.gov.co/sala-de-prensa/colombia-potencia-en-agua-el-93-de-los-colombianos-ya-cuentan-con-acceso-este-servicio#:~:text=La%20meta%20es%20cobijar%20a,Agua%20de%20Estocolmo%20\(SIWI\)%2C](https://minvivienda.gov.co/sala-de-prensa/colombia-potencia-en-agua-el-93-de-los-colombianos-ya-cuentan-con-acceso-este-servicio#:~:text=La%20meta%20es%20cobijar%20a,Agua%20de%20Estocolmo%20(SIWI)%2C)

Misión Internacional de Sabios 2019. (2020). Colombia hacia una sociedad del conocimiento. Informe de la Misión Internacional de Sabios 2019 por la educación, la tecnología y la innovación. [https://uniandes.edu.co/sites/default/files/asset/document/191205\\_informe\\_mision\\_de\\_sabios\\_2019\\_vpreliminar\\_1.pdf](https://uniandes.edu.co/sites/default/files/asset/document/191205_informe_mision_de_sabios_2019_vpreliminar_1.pdf)

Mosannenzadeh, F., et al. (2017). Smart energy city development: A story told by urban planners. *Cities* 64: 54-65. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0264275117301439#>

Motor. (4 de marzo de 2022). *Bogotá no fue la ciudad más congestionada del mundo en 2021*. Obtenido de <https://www.motor.com.co/industria/Bogota-no-fue-la-ciudad-mas-congestionada-del-mundo-en-2021-20220304-0001.html>

Observatorio de Infraestructura del Valle. (2022). *Segundo Informe OIV 2021*. Santiago de Cali: Observatorio de Infraestructura del Valle.

Ortiz, C., Jiménez, D., & Cruz, G. (2019). “El impacto de la infraestructura en el crecimiento económico colombiano: un enfoque smithiano”. Medellín: Lecturas de Economía.

Ospina; Gustavo. (4 de enero de 2021). *Así avanza el plan contra el cambio climático en Medellín*. Obtenido de El Colombiano: <https://www.elcolombiano.com/antioquia/medellin-hay-avanza-en-el-plan-del-cambio-climatico-pero-hay-reparos-BA14365576>

Pachón, A. (2012). Proyecciones poblacionales realizadas para la Misión del Sistema de Ciudades. Departamento Nacional de Planeación.



- Parra-Peña, Rafael I.; Ordóñez, Liliana A. y Acosta, Camilo A. (2013). Pobreza, brechas y ruralidad en Colombia. *Coyuntura Económica*, 43 (1), pp. 15-36.
- Parra-Peña, R. I., Puyana, R. y Yepes, F. (2021). *Análisis de la productividad del sector agropecuario en Colombia y su impacto en temas como: encadenamientos productivos, sostenibilidad e internacionalización, en el marco del programa Colombia más competitiva*. Bogotá: Fedesarrollo, marzo. Incluye resumen ejecutivo y anexos.
- Perfetti, Juan J., et al. (2019). *Adecuación de tierras y el desarrollo de la agricultura colombiana: políticas e instituciones*. Bogotá: Fedesarrollo, 538 p.
- Portafolio. (30 de Marzo de 2022). *Bogotá tendrá 1.485 buses eléctricos a final de 2022*. Obtenido de <https://www.portafolio.co/economia/gobierno/bogota-tendra-mas-de-mil-buses-electricos-a-final-de-2022-563528>
- Promovalle (2020). Datos abiertos Promovalle y Promocali. Obtenido de <https://www.promocali.com/servicio-al-cliente/>
- Prosantander (2022). Informe de desarrollo de Santander 2022. Obtenido de [https://prosantander.org/wp-content/uploads/2022/05/Prosantander\\_2022-Completo-V5\\_compressed.pdf](https://prosantander.org/wp-content/uploads/2022/05/Prosantander_2022-Completo-V5_compressed.pdf)
- Public Interest Technology. (2022). Sentando las bases para un Mercado de Datos Regional. Documento suministrado por CAF
- Ramírez, J., & Villar, L. (2015). *Macroeconomía de las concesiones de cuarta generación*. Bogotá: Fedesarrollo.
- Ramírez, J.; Carlos, J.; Pardo, R.; Acosta, O.L.; Uribe, L.J. (2016). *Bienes y servicios públicos sociales en la zona rural de Colombia: brechas y políticas públicas*. ONU, CEPAL y DNP: Serie estudios y perspectivas. Bogotá, Colombia.
- RUNT. (Abril de 2022). *Parque automotor registrado en RUNT*. Obtenido de <https://www.runt.com.co/runt-en-cifras/parque-automotor>
- Schönig, J. (2019). Digitalization: Welcome to the City 4.0. <https://www.iiot-world.com/smart-cities-buildings-infrastructure/smart-cities/digitalization-welcome-to-the-city-4-0/>
- Secretaría de Ambiente de Bogotá. (2020). *Plan de Acción Climática 2020 - 2050*. Bogotá: Alcaldía de Bogotá.
- Secretaría de Ambiente de Medellín. (2021). *Plan de Acción Climática 2020 - 2050*. Medellín: Municipio de Medellín.
- Secretaría de Movilidad. (14 de febrero de 2022). *Bogotá tendrá este año una de las dos flotas eléctricas más grandes del mundo*. Obtenido de <https://bogota.gov.co/mi-ciudad/movilidad/bogota-tendra-segunda-flota-de-buses-electricos-mas-grande-del-mundo>

- Secretaría de Movilidad Bogotá. (14 de febrero de 2022). *Bogotá tendrá este año una de las dos flotas eléctricas más grandes del mundo*. Obtenido de <https://bogota.gov.co/mi-ciudad/movilidad/bogota-tendra-segunda-flota-de-buses-electricos-mas-grande-del-mundo>
- Sistema de Información Ambiental de Colombia. (2021). *Cifras de cambio climático*. Obtenido de [http://cifras.siac.gov.co/Portal-SIAC-web/faces/cambioclimatico\\_inicio.xhtml](http://cifras.siac.gov.co/Portal-SIAC-web/faces/cambioclimatico_inicio.xhtml)
- Speedtest. (1 de Abril de 2022). *Speedtest Global Index*. Obtenido de <https://www.speedtest.net/global-index#mobile>
- Straub, Stéphane. 2008. "Infrastructure and Growth in Developing Countries: Recent Advances and Research Challenges." 4460. World Bank Policy Research Working Paper. <https://doi.org/10.1596/1813-9450-4460>.
- Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (2021). Informe Nacional de Coberturas de los Servicios Públicos de Acueducto y Alcantarillado. Obtenido de [https://www.superservicios.gov.co/sites/default/files/2022-01/informe\\_nacional\\_de\\_coberturas\\_de\\_los\\_servicios\\_publicos\\_de\\_acueducto\\_y\\_alcantarillado-2019\\_vfinal\\_1\\_0.pdf](https://www.superservicios.gov.co/sites/default/files/2022-01/informe_nacional_de_coberturas_de_los_servicios_publicos_de_acueducto_y_alcantarillado-2019_vfinal_1_0.pdf)
- Thacker, S., Adshead, D., Fay, M., Hallegatte, S., Harvey, M., Meller, H., ... & Hall, J. W. (2019). Infrastructure for sustainable development. *Nature Sustainability*, 2(4), 324-331.
- Unidad de Planeación Minero-Energética. (1 de Junio de 2022). *Balance energético colombiano*. Obtenido de <https://www1.upme.gov.co/DemandayEficiencia/Paginas/BECO.aspx>
- Universidad de los Andes. (2020). Impacto de la concentración del mercado móvil en Colombia sobre la competitividad. <https://economia.uniandes.edu.co/sites/default/files/eventos/Estudio-movistar.pdf>
- Villar, L & Ramírez, J.M. (2014). Infraestructura regional y pobreza rural. Fedesarrollo. Working Paper No. 61. Disponible en: [www.repository.fedesarrollo.org.co/bitstream/11445/234/3/WP\\_2014\\_No\\_61.pdf](http://www.repository.fedesarrollo.org.co/bitstream/11445/234/3/WP_2014_No_61.pdf)
- Weikert Bicalho, F (2021). "Infraestructura resiliente: un imperativo para el desarrollo sostenible en América Latina y el Caribe", serie Comercio Internacional, N° 160 (LC/TS.2020/177), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- World Health Organization. (2021). *WHO global air quality guidelines: particulate matter (PM2.5 and PM10), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide*. World Health Organization. Obtenido de <https://apps.who.int/iris/handle/10665/345329>. Licencia: CC BY-NC-SA 3.0 IGO
- Zona Logística. (26 de mayo de 2020). *Las emisiones globales de gases de efecto invernadero (GEI) en el sector transporte*. Obtenido de <https://zonalogistica.com/emisiones-de-gases-de-efecto-invernadero-en-el-sector->

transporte/#:~:text=El%20transporte%20terrestre%20aporta%20el%2014%2C3%25%20de  
%20las,s%3%B3lidas%20y%20gotas%20l%C3%ADquidas%20encontradas%20en%20el%20  
Oaire

2synfuel. (2022). Turning sewage sludge into fuels and hydrogen. <https://www.tosynfuel.eu/>

## Anexos

### Anexo 1. Informe anual del índice de Desarrollo de la Banda Ancha

#### Anexo A1. Esquema de Composición del IDBA

Índice de Desarrollo de la Banda Ancha (IDBA)			
Políticas Públicas y Visión Estratégica (20%)	Regulación Estratégica (25%)	Infraestructura (40%)	Aplicación y Capacitación (15%)
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Adaptabilidad del marco legal a los negocios digitales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Suscripción a banda ancha fija mensual en USD, PPP (\$/mes)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proporción de población con cobertura de banda ancha móvil 4G (%)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Índice de asequibilidad de la banda ancha fija</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gobernanza de las TIC</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Suscripción a banda ancha móvil mensual en USD, PPP (\$/mes)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Servidores de internet seguros, por cada millón de habitantes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Índice de asequibilidad de la banda ancha móvil</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estado actual de los planes de desarrollo de la Banda Ancha (BA)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Efectividad del Fondo para el Acceso y Servicio Universal</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hogares con computadora personal (%)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Precio de las terminales</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gasto en investigación y desarrollo (USD PPP)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Concentración de operaciones de banda ancha fija</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hogares con acceso a internet (%)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Índice de desarrollo del e-gobierno</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Calidad de las políticas públicas para la promoción del sector privado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Concentración de operaciones de banda ancha móvil</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Líneas de banda ancha fija, por cada 100 habitantes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Usuarios de internet, por cada 100 habitantes</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Asignación de espectro a comunicaciones móviles en bandas por debajo de 3GHz</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Líneas de banda ancha móvil, por cada 100 habitantes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Igualdad de género en el uso de internet</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Líneas de banda ancha con acceso a fibra óptica, por cada 100 habitantes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Habilidades digitales entre la población activa</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Velocidad media de acceso de BA</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acceso a internet en las escuelas</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Velocidad de acceso con redes 4G</li> </ul>	
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Velocidad BAF internacional en bit/s/habitante</li> </ul>	
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Existencia de Internet Exchange Provider (IXP)</li> </ul>	

Fuente: García et al (2020).

**Anexo A2. Estimaciones brecha digital en Colombia**

Pilares / Variables	Unidad	COL	BIDPA	BID	OCDE
Índice de Desarrollo de la Banda Ancha (IDBA)	1 a 8	4.69	4.11	4.41	6.20
Políticas Públicas y Visión Estratégica (PE)	1 a 8	4.34	3.46	3.75	6.43
Regulación Estratégica (RG)	1 a 8	5.78	5.27	5.23	5.94
Infraestructura (IN)	1 a 8	4.32	3.76	4.27	6.12
Aplicación y Capacitación (AC)	1 a 8	4.33	3.99	4.29	6.52
Adaptabilidad del marco legal a los negocios digitales	1 a 7	3.50	2.70	3.13	4.33
Gobernanza de las TIC	0 a 100	61.94	50.19	53.75	80.54
Estado actual de los planes de desarrollo de la BA	1 a 8	8.00	7.53	7.16	8.00
Gasto en investigación y desarrollo (USD PPP)	USD PPP per cápita	35.55	23.20	102.04	1,337.55
Calidad de políticas públicas para la promoción del sector privado*	(-2.50 a 2.50)	-0.09	-0.50	-0.24	1.31
Suscripción banda ancha fija mensual en USD, PPP \$/mes	PPP\$/ mes	55.73	60.86	57.16	43.79
Suscripción banda ancha móvil mensual en USD, PPP \$/mes	PPP\$/ mes	20.60	18.89	18.29	40.82
Efectividad del Fondo para el Acceso y Servicio Universal	1 a 8	6.25	6.95	6.32	7.83
Concentración de operadores de banda ancha fija	1 a 8	8	5.66	5.27	7.12
Concentración de operadores de banda ancha móvil	1 a 8	5.66	6.13	5.03	6.46
Asignación de espectro comunicaciones móviles en bandas por debajo de 3GHz	1 a 8	3.33	50.09	58.12	42.91
Proporción de población con cobertura de banda ancha móvil 4G, % población	%	79.01%	74.83%	83.68%	98.47%
Servidores de Internet seguros, por cada millón de habitantes	Servidores / millón habitantes	780.67	465.28	1,694.28	58,254.68
Hogares con ordenador personal, %	0 a 100	41.61%	38.41%	42.20%	83.35%
Hogares con acceso a Internet, %	0 a 100	52.66%	39.55%	54.76%	78.17%
Líneas de banda ancha fija, por cada 100 habitantes	0 a 100	13.45%	10.10%	13.01%	33.74%
Líneas de banda ancha móvil, por cada 100 habitantes	0 a 100	52.32%	58.05%	70.24%	121.07%
Líneas de banda ancha con acceso de fibra óptica, por cada 100 habitantes	0 a 100	1.40%	0.80%	1.50%	7.75%
Velocidad media de acceso de BA	Mbps	28.29	20.12	38.48	100.62
Velocidad de acceso con redes 4G	Mbps	18.67	16.37	23.46	43.25
Velocidad BAF Internacional en bit/s/habitante	Bps / habitante	157,599	76,774	48,114	101,563
Existencia de Internet Exchange Provider (IXP)	0 a 1	1	0.8	0.81	1
Índice de asequibilidad de la banda ancha fija	%	14.90%	14.22%	22.96%	2.38%
Índice de asequibilidad de la banda ancha móvil	%	5.51%	5.85%	5.17%	2.17%
Precio terminales	0 a 100	49	46.61	46.28	73.62
Índice de desarrollo del e-Gobierno	0 a 1	0.72	0.65	0.63	0.87

Usuarios de Internet, por cada 100 habitantes	%	64.13%	58.14%	63.75%	83.13%
Igualdad de género en el uso de Internet	Puntos porcentuales (uso hombres - uso mujeres)	18.3	14.33	10.25	4.48
Habilidades Digitales entre la población activa	1 a 7	3.8	3.56	3.62	4.91
Acceso a internet en escuelas primarias	0 a 7	2.76	2.76	2.96	6.79

## Anexo 2. Valor económico de cada sector de infraestructura

### Energía

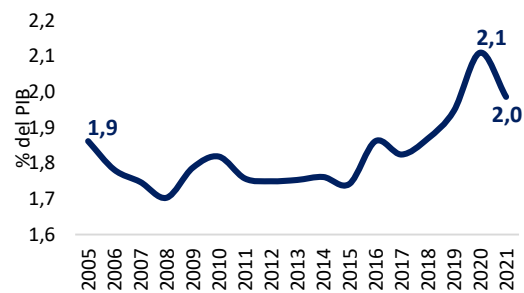
El valor agregado del sector de energía incluye los procesos relacionados con la generación (ya sea térmica, hidroeléctrica, por turbina de gas o Diesel o mediante energías renovables), la transmisión a los centros de distribución y la comercialización a los usuarios finales. Para 2021, las actividades económicas relacionadas con la energía eléctrica representaron el 82,5% de su sector<sup>22</sup> y el 2,0% del PIB. Respecto al valor agregado, este ha experimentado un incremento del 47,7% en los últimos 17 años, pasando de contabilizar \$10.917 miles de millones de pesos constantes en 2005 a \$16.124 miles de millones en 2021. Con este resultado, el año 2021 alcanzó un crecimiento anual del 5,7%, mientras que registra una variación anual promedio entre el 2005 y 2021 de 2,5% (ver Gráfica A3 y Gráfica A4).

#### Anexo A3. Participación del subsector económico de generación, transmisión y comercialización de energía eléctrica

Panel A. Participación del subsector en el sector de electricidad, gas y aire acondicionado

Subsector	Participación en 2021
Generación, transmisión y comercialización de energía eléctrica	82,5%
Producción de gas y aire acondicionado	17,5%
<b>Peso del sector electricidad, gas y aire acondicionado en el PIB</b>	<b>2,4%</b>

Panel B. Participación del subsector en el PIB



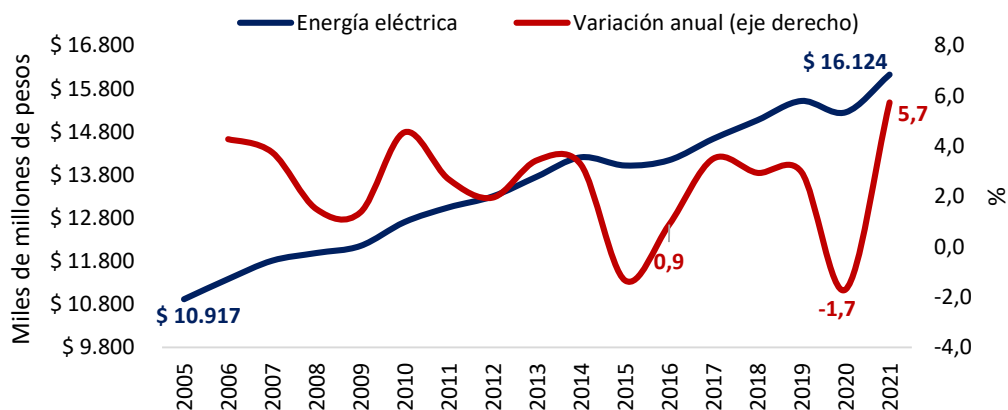
Fuente: DANE.

Nota: Tener presente que la tabla de la derecha hace referencia al sector económico electricidad, gas y aire, donde se presenta el peso de cada subsector (uno de ellos es el de energía) en el sector y el peso del sector en el PIB (2,4% en 2021). Por otro lado, la gráfica de la derecha analiza únicamente el peso del subsector energía en el PIB (2,0% en 2021).

<sup>22</sup> Sección D en las cuentas nacionales publicadas por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE).  
ARES Colombia 2022

## Anexo A4. Evolución del subsector económico de generación, transmisión y comercialización de energía eléctrica

(Miles de millones de pesos constantes, variación anual)



Fuente: DANE.

Analizando la composición de la matriz eléctrica de Colombia, para 2021 la generación de energía por medio de fuentes renovables (hídrica, solar, eólica y biomasa) representó el 83,4% del total de la producción nacional, donde la de tipo hidráulico juega un rol fundamental con una participación del 81,8% del total nacional. Igualmente, en el mismo periodo de referencia Colombia produjo el 99,8% de la demanda agregada de energía en el Sistema Interconectado Nacional, mientras que importó un 0,6% de la misma. Respecto a las exportaciones, estas representaron un 0,5% del total generado internamente (XM, 2022).

### Transporte

El valor económico relacionado con transporte tiene en cuenta actividades como el transporte férreo, automotor para pasajeros o de carga (buses, microbuses, busetas, taxis o articulados), alquiler o arrendamiento de vehículos con conductor, transporte por tuberías (transporte de gases, líquidos o derivados del petróleo) y transporte acuático y aéreo (tanto de carga como de pasajeros).

Este conjunto de actividades para 2021 representó el 17,7% del sector comercio, transporte y alojamiento (15,6% correspondió al transporte terrestre y por tuberías, 1,9% al transporte aéreo y 0,2% al transporte acuático), mientras que en el agregado representaron 3,1% del PIB. En términos de la evolución del valor económico, el subsector de transporte ha experimentado un incremento del 37,6% en los últimos 17 años, pasando de contabilizar \$22.471 miles de millones de pesos constantes en 2005 a \$30.923 miles de millones en 2021, lo que significó en el último año un crecimiento del 15,4% real anual (ver Gráfica A5 y Gráfica A6).

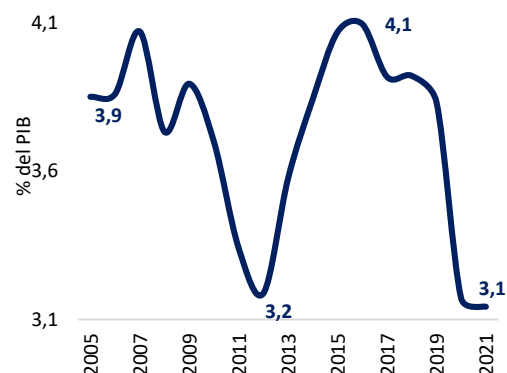


## Anexo A5. Participación del subsector económico de transporte\*

**Panel A. Participación del subsector en el sector de comercio, transporte y alojamiento**

Subsector	Participación en 2021
Comercio al por mayor y al por menor	53,1%
Alojamiento y servicios de comida	23,5%
Transporte terrestre y transporte por tuberías	15,6%
Almacenamiento	5,8%
Transporte aéreo	1,9%
Transporte acuático	0,2%
<b>Peso del sector comercio, transporte y alojamiento en el PIB</b>	<b>17,8%</b>

**Panel B. Participación del subsector en el PIB**

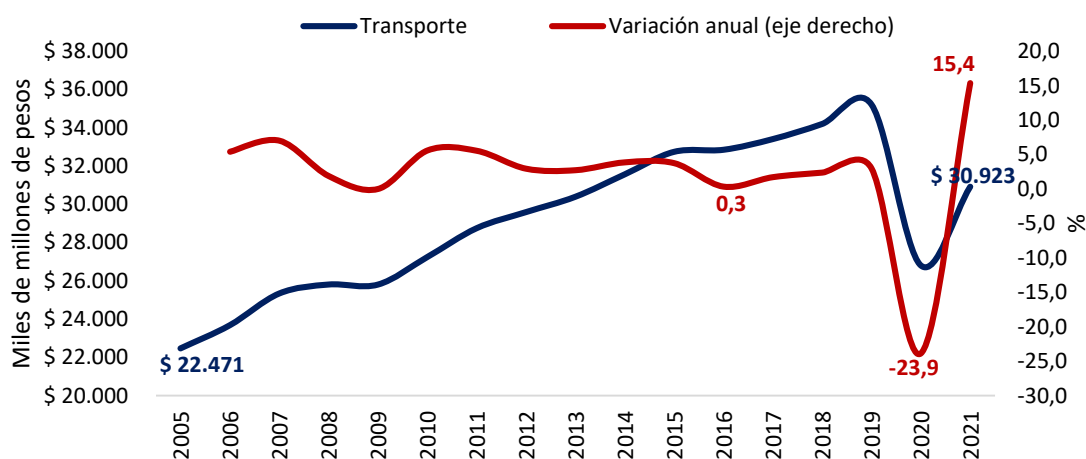


Fuente: DANE.

Nota: el subsector económico de transporte corresponde a la suma de los subsectores de transporte terrestre y transporte por tuberías, transporte acuático y transporte aéreo.

**Gráfica A6. Evolución del subsector económico de transporte\***

(Miles de millones de pesos constantes, variación anual)



Fuente: DANE.

Nota: el subsector económico de transporte corresponde a la suma de los subsectores de transporte terrestre y transporte por tuberías, transporte acuático y transporte aéreo.

## Agua

El valor agregado proveniente de este subsector tiene en cuenta actividades como la operación de canales de irrigación, la captación, el tratamiento y la distribución de agua para uso doméstico e industrial, la potabilización y la desalinización del agua de mar o subterránea.

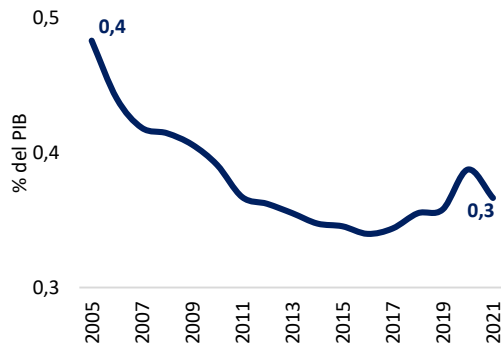
Para 2021, las actividades económicas relacionadas con el agua representaron el 29,4% de su sector económico (sección E en cuentas nacionales) y el 0,3% del PIB de la economía. Históricamente, esta última participación no ha registrado mayores variaciones en el tiempo (con un promedio 2005-2021 del 0,3%) aunque si se ha observado una tendencia a la baja desde el 2005 que llevó a una disminución del subsector como porcentaje del PIB (ver Gráfica A7 y Gráfica A8).

**Gráfica A7. Participación del subsector económico de captación, tratamiento y distribución del agua**

**Panel A. Participación del subsector en el sector de distribución de agua y gestión de desechos**

Subsector	Participación en 2021
Aguas residuales, recolección, tratamiento y disposición de desechos	54,6%
<b>Captación, tratamiento y distribución de agua</b>	<b>29,4%</b>
Recuperación de materiales (reciclaje)	16,0%
<b>Peso del sector distribución de agua y gestión de desechos en el PIB</b>	<b>1,1%</b>

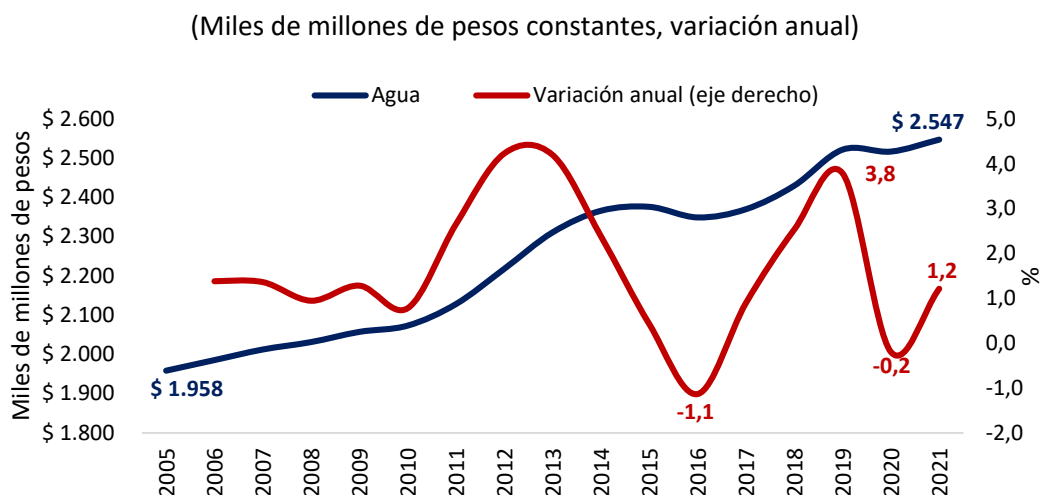
**Panel B. Participación del subsector en el PIB**



Fuente: DANE.

Haciendo énfasis en la evolución del valor económico, el subsector del agua ha experimentado un incremento del 30,1% en los últimos 17 años, pasando de contabilizar \$1.958 miles de millones de pesos constantes en 2005 a \$2.547 miles de millones en 2021. Producto de las dinámicas de pandemia y reactivación económica, este sector registró una variación anual de -0,2% y 1,2% en 2020 y 2021 respectivamente, mientras que su variación anual promedio entre el 2005 y 2021 es de 1,7%.

**Gráfica A8. Evolución del subsector económico de captación, tratamiento y distribución del agua**



Fuente: DANE.

### Residuos

Dentro de las actividades económicas que se encargan del tratamiento, procesamiento y disposición de residuos resaltan la gestión, operación, mantenimiento y limpieza de sistemas de alcantarillado, la captación y el transporte de aguas residuales domésticas o industriales, la recolección, el tratamiento y la disposición de materiales de desechos no peligrosos y peligrosos, la recuperación de materiales (reciclaje) y las actividades de saneamiento ambiental y otros servicios de gestión de desechos.

Este grupo de actividades para 2021 representó el 70,6% de su sector económico (sección E en cuentas nacionales) en donde un 54,6% correspondió al tratamiento de aguas residuales, recolección y disposición de desechos y un 16,0% a las actividades de reciclaje. En términos de la evolución del valor agregado, el subsector de residuos ha experimentado un incremento real del 34,4% en los últimos 17 años, pasando de contabilizar \$4.121 miles de millones de pesos constantes en 2005 a \$5.538 miles de millones en 2021, lo que significó una participación del 0,8% del PIB durante ese año (ver Gráfica A9 y Gráfica A10).

**Gráfica A9. Participación del subsector económico de tratamiento de residuos**

**Panel A. Participación del subsector en el sector de distribución de agua y gestión de desechos**

Subsector	Participación en 2021
Aguas residuales, recolección, tratamiento y disposición de desechos	54,6%
Captación, tratamiento y distribución de agua	29,4%
Recuperación de materiales (reciclaje)	16,0%
<b>Peso del sector distribución de agua y gestión de desechos en el PIB</b>	<b>1,1%</b>

**Panel B. Participación del subsector en el PIB**

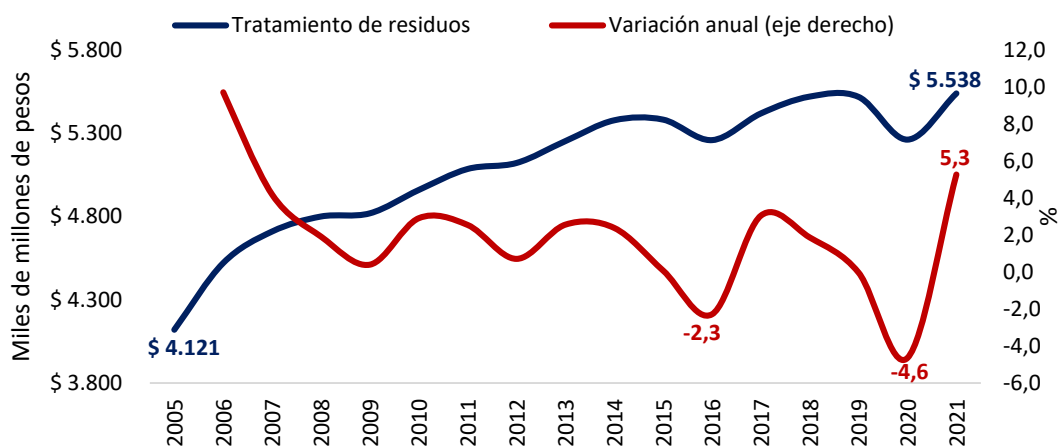


Fuente: DANE.

Nota: el subsector económico de tratamiento de residuos corresponde a la suma del subsector de evacuación y tratamiento de aguas residuales; recolección, tratamiento y disposición de desechos y el subsector de recuperación de materiales (reciclaje).

**Gráfica A10. Evolución del subsector económico de tratamiento de residuos\***

(Miles de millones de pesos constantes, variación anual)



Fuente: DANE.

Nota: el subsector económico de tratamiento de residuos corresponde a la suma del subsector de evacuación y tratamiento de aguas residuales; recolección, tratamiento y disposición de desechos y el subsector de recuperación de materiales (reciclaje).

**Tecnologías de la Información y las Comunicaciones**

El valor económico relacionado con las tecnologías de la información y las comunicaciones contabiliza actividades como la manufactura (procesos de fabricación de bienes que permiten la compilación, procesamiento, almacenamiento y transmisión de información), la infraestructura (construcción en obras de ingeniería civil como: líneas de transmisión de comunicaciones o líneas de larga distancia), el comercio (al por mayor y al por menor de computadores, equipos periféricos y programas informáticos), las telecomunicaciones (transmisión, emisión o recepción de signos, señales, escritos y sonidos, datos o información de cualquier naturaleza, por hilo, radio, medios visuales u otros sistemas electromagnéticos), los servicios aplicados a tecnologías de la información (como edición de programas informáticos o desarrollo de sistemas de información) y las actividades de contenido y media (producción, publicación y/o la distribución electrónica de contenido como información, productos culturales y de entretenimiento).

Específicamente, el rubro de infraestructura para las tecnologías de la información y la comunicación representó el 0,3% del valor agregado total del sector TIC en 2021, a la vez que registró una tendencia decreciente en su participación desde el 2014 (proporción promedio de 0,4% entre 2014 y 2021). En términos de la evolución del valor agregado, el subsector de información y comunicaciones ha experimentado un incremento real del 111,6% en los últimos 17 años, pasando de contabilizar \$12.730 miles de millones de pesos constantes en 2005 a \$26.939 miles de millones en 2021, lo que significó una variación anual promedio de 5,0% durante el mismo periodo de referencia (ver Gráfica A11 y Gráfica A12).

**Gráfica A11. Participación de la infraestructura para las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones**

**Panel A. Participación de cada subclase en el valor agregado de las TIC**

Valor agregado por subclase	Participación en 2021
Telecomunicaciones	44,2%
Servicios TI	34,8%
Comercio TIC	12,4%
Contenido y media	7,8%
Manufactura TIC	0,5%
Infraestructura TIC	0,3%
<b>Valor agregado TIC (miles de millones de pesos corrientes)</b>	<b>\$ 40.161</b>

**Panel B. Participación de la infraestructura en el valor agregado de las TIC**

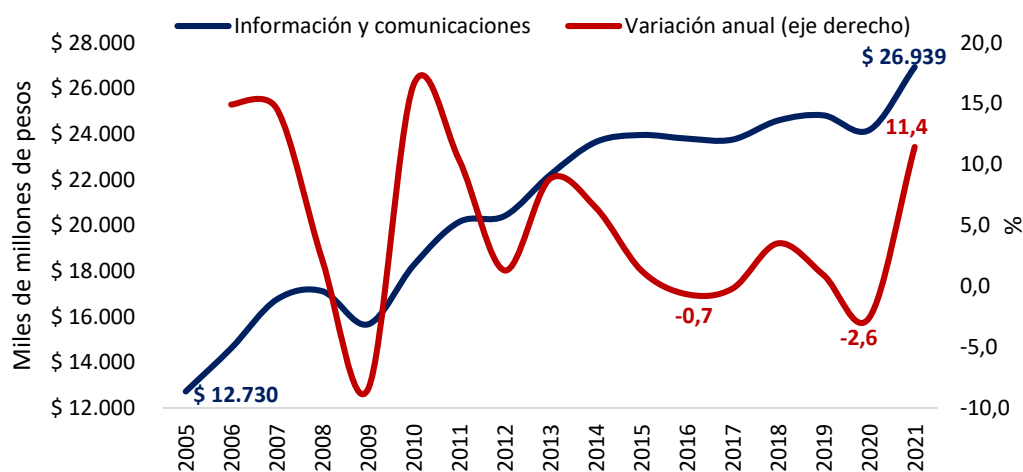


Fuente: DANE.

Nota: las distintas categorías provienen de la cuenta satélite de las tecnologías de la información y las comunicaciones (CSTIC). La infraestructura TIC alude a la construcción en obras de ingeniería civil TIC como: líneas de transmisión de comunicaciones, líneas de larga distancia, líneas urbanas de transmisión de comunicaciones; entre otras, que permitan almacenar y/o transmitir información por medio de voz, datos, texto, vídeos e imágenes.

## Gráfica A12. Evolución del subsector económico de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones\*

(Miles de millones de pesos constantes, variación anual)



Fuente: DANE.

Nota: el comportamiento del subsector económico se aproximó a partir de la dinámica observada en el sector de información y comunicaciones en las cuentas nacionales publicadas por el DANE.

### Agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca

El valor agregado proveniente de la actividad económica relacionada con el sector agropecuario considera actividades como los cultivos agrícolas transitorios y permanentes, la propagación de plantas y la caza ordinaria (participación del 59,2% del sector en 2021), el cultivo permanente de café (participación del 12,2% del sector en 2021), la cría y reproducción de ganado (bovino, porcino y bufalino), caballos, ovejas, aves de corral, la producción de leche y huevos y la cría de otros animales (participación del 22,4% del sector en 2021), la silvicultura y extracción de madera (participación del 2,9% del sector en 2021) y la pesca y acuicultura (participación del 3,3% del sector agropecuario en 2021).

En su conjunto, para 2021 estas actividades económicas representaron el 7,4% del Producto Interno Bruto (PIB) de la economía, lo que significó un nivel por encima de la participación promedio observada en 2005-2021 (6,5%). Dicha dinámica se debe a que el sector agropecuario fue una de las pocas actividades económicas que no registró contracciones anuales de su valor agregado durante el 2020, experimentando así un incremento del 51,1% en los últimos 17 años, pasando de contabilizar \$37.909 miles de millones de pesos constantes<sup>23</sup> en 2005 a \$57.208 miles de millones en 2021 (ver Gráfica A13 y Gráfica A14).

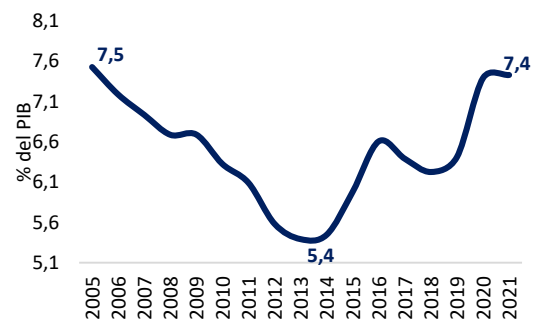
<sup>23</sup> Cifras encadenadas con año de referencia 2015.

**Gráfica A13. Participación del sector agropecuario\***

**Panel A. Composición del sector agropecuario**

Subsector	Participación en 2021
Cultivos agrícolas	59,2%
Ganadería	22,4%
Café	12,2%
Pesca	3,3%
Silvicultura	2,9%
<b>Peso del sector agropecuario en el PIB</b>	<b>7,4%</b>

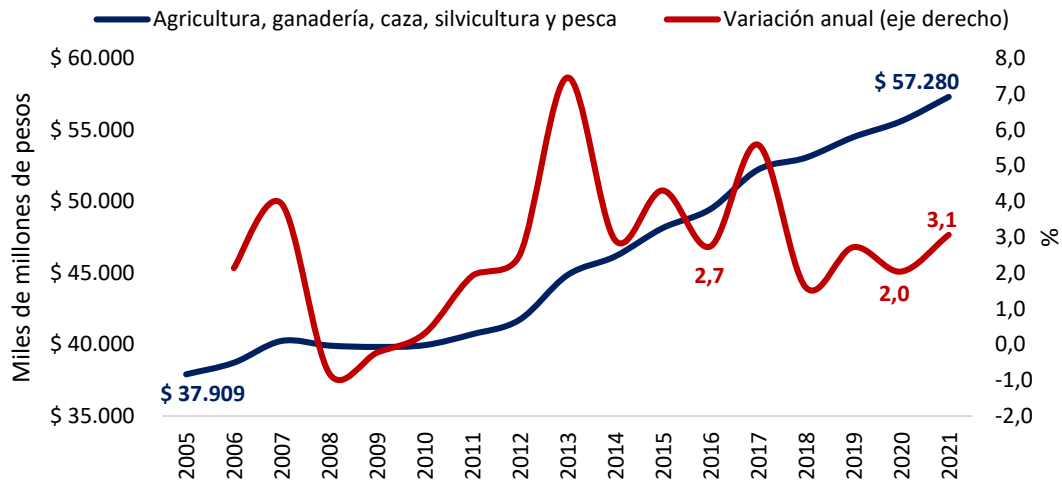
**Panel B. Participación del sector en el PIB**



Fuente: DANE.

**Gráfica A14. Evolución del sector agropecuario**

(Miles de millones de pesos constantes, variación anual)



Fuente: DANE.

### Anexo 3 (Fedesarrollo 2022C) – Evolución de la macroeconomía, la energía y las emisiones

Fedesarrollo ha construido un modelo sencillo de escenarios, con la evolución de la población, el PIB, el consumo de energía por habitante y por unidad de PIB, y emisiones por unidad energética, con los siguientes parámetros, supuestos plausibles y resultados en orden de magnitud:

- En 2020, el consumo de energía primaria de Colombia fue 0,32% del total mundial (BP 2021), la mitad de nuestra participación en la población del planeta (0,65%). En 2018, las emisiones por energía del país fueron de 1,60 toneladas de CO2 por habitante, mientras que las de Suecia, Alemania y España fueron de 3.54, 8,55 y 5,52 ton CO2/habitante, respectivamente (Banco Mundial 2022). Somos magros en consumo de energía y en emisiones del consumo de energía porque venimos de una estructura productiva débil en manufactura, con una baja tasa de motorización (menos de 200 vehículos/habitante, contra niveles cuatro veces más altos de motorización en países industrializados), y con un porcentaje y el 42,5 de la población estaba en condición de pobreza en 2020. Colombia consume menos energía primaria per cápita que el promedio latinoamericano y el promedio mundial (50 GJ/habitante), y el 70% de su capacidad de generación eléctrica es limpia (hidroeléctrica). Adicionalmente, el porcentaje de emisiones acumuladas de GEI en toda la historia de Colombia es inferior al porcentaje dentro de la población actual del mundo. En 2021, Colombia tuvo una población de 50 millones de habitantes. Su consumo de energía primaria per cápita fue 36 GJ/habitante, su PIB/habitante fue de US\$ 6000/habitante y, y sus emisiones per cápita debidos a la energía fueron 1.85 ton/hab.
- La Tabla 2 se construye con los siguientes supuestos: el PIB per cápita crece al 2,7%, la población al 1,1%, el consumo de energía por habitante al 5% entre 2021 y 2030, al 2,5% entre 2031 y 2040, y al 2,0% entre 2041 y 2050. Las emisiones per cápita crecen al 2% entre 2021 y 2030, decrecen al 2% entre 2031 y 2040, y decrecen al 1% entre 2041 y 2050.

**Tabla D. Evolución de la población, la economía, la energía y las emisiones de la energía de Colombia. Escenario básico<sup>24</sup>**

Año	Población	GJ/CAP	PIB/CAP	PIB	CO2/CAP	CO2/GJ	PJ	CO2
2021	50	36	6000	300000	1,85	0,052	1800	93
2030	55	47	7626	420742	2,22	0,047	2592	122
2040	62	57	9954	612677	1,81	0,032	3524	111
2050	69	72	12993	892170	1,48	0,020	4967	102

Fuente: Fedesarrollo (2022C).

<sup>24</sup> Unidades: Población en millones; energía per cápita en Giga Joules (GJ) por habitante; PIB per cápita en miles de US\$ por habitante; PIB en miles de millones de US\$; emisiones per cápita en ton CO2 por habitante; emisiones por unidad de energía en toneladas por Giga Joule; energía total en Peta Joules (1 Peta Joule = 1 millón de Giga Joules); emisiones totales de CO2 en millones de toneladas.







**Fedesarrollo**

Calle 78 # 9 - 91, Bogotá, Colombia.

Teléfono: (601) 3259777

  @Fedesarrollo

---