

Informe sobre reflexiones y perspectivas sobre el escenario de mitigación

# **PMR COLOMBIA: ACTUALIZACIÓN Y CONSOLIDACIÓN DE ESCENARIOS DE EMISIONES DE GEI POR SECTOR Y EVALUACIÓN DE COSTOS DE ABATIMIENTO ASOCIADOS**

[Producido por]



Vito: Maarten Pelgrims, Anjana Das, Juan Correa

Universidad de los Andes: Ricardo Morales, Jose Lenin Morillo, Juan Camilo Herrera, Mónica Espinosa, Juan Felipe Mendez, Angela Cadena

[En colaboración con]



Wageningen Research: Jan Peter Lesschen, Eric Arets

CIAT: Ana María Loboguerrero

[Preparado para]

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible

Departamento Nacional de Planeación

Ministerio de Hacienda y Crédito Público

[Encargo de]



**WORLD BANK GROUP**



PARTNERSHIP FOR  
MARKET READINESS

Banco Mundial bajo el programa Colombia Partnership for Market Readiness (PMR-Colombia)

Noviembre 2020

**Apoyo a actividades clave como parte del proyecto de asistencia técnica Colombia-Partnership for Market Readiness (PMR)**

World Bank  
Carbon Markets & Innovation Practice,  
Climate Change Group,  
1818 H Street NW.  
Washington DC 20433  
UNITED STATES OF AMERICA  
Contact: Mr. Marcos Castro R.  
E-mail: mcastrorodriguez@worldbank.org

Dirección de Cambio Climático y Gestión de Riesgos  
Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible  
Calle 37 No. 8 – 40 Bogotá,  
[www.minambiente.gov.co](http://www.minambiente.gov.co)  
COLOMBIA

Director: José Francisco Charry  
Correo: [jcharry@minambiente.gov.co](mailto:jcharry@minambiente.gov.co)  
Coordinador, Estrategia de desarrollo de bajo carbono: Iván Darío Valencia Rodríguez.  
Correo: [IValencia@minambiente.gov.co](mailto:IValencia@minambiente.gov.co)

## I. Reflexiones y perspectivas

En este capítulo se entregan unas reflexiones sobre los resultados del análisis realizado en este Estudio y se analizan las perspectivas de trabajo futuro. Para comenzar se resumen los resultados de los escenarios de referencia y de mitigación M1 y M3, según categoría IPCC y asignación ministerial, y se calculan las tasas de crecimiento anual promedio (CAGR por sus siglas en inglés); se hace referencia a los resultados y metas de la NDC 2015. A continuación, se presentan unas reflexiones y perspectivas para cada uno de los sectores. Para terminar se presentan unas breves conclusiones de carácter general. En este capítulo se usa además de GgCO<sub>2</sub>e MtCO<sub>2</sub>e como unidad para facilitar la comparaciones con la NDC – 2015.

### A. Análisis de resultados

Este proceso de revisión de la NDC buscó, de un lado, actualizar el año de referencia y la línea base, y de otro, evaluar escenarios de mitigación a partir de las opciones identificadas por los Ministerios y otras entidades territoriales como factibles para cumplir tanto la meta del Acuerdo de París como una mayor ambición. Se evaluaron diferentes escenarios de referencia en función de las expectativas de crecimiento de la población y de la economía, más otros factores de desarrollo económico adicionales y se seleccionó uno como línea base. Se construyeron dos escenarios de mitigación, el M1 con la agregación de datos gubernamentales y medidas de reducción de emisiones propuestas a nivel ministerial, sectorial y regional y el escenario M3 con mayor ambición de algunas de opciones identificadas en el escenario M1.

Se usaron las fuentes de emisión y categorías sectoriales definidas en la metodología del IPCC 2006 y adoptadas por el Gobierno Nacional: (i) energía (oferta y demanda); (ii) procesos industriales y uso de productos; (iii) agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra; y (iv) residuos. El año base seleccionado fue el 2015, cuyas emisiones totales son de 233,586 GgCO<sub>2</sub>e; se revisaron las emisiones en el periodo 2010 – 2014. El horizonte de análisis fue 2015 – 2030 y 2015 – 2050.

Para el trabajo de modelación y análisis se utilizó la herramienta LEAP (Low Emissions Analysis Platform - Plataforma de análisis de bajas emisiones). LEAP es una herramienta basada en escenarios que representan el consumo energético, y la producción o la extracción de recursos en diversos sectores la economía. Para este trabajo se tuvieron en cuenta además los sectores procesos industriales y uso de productos; agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra; y residuos. De esta manera se obtuvo la contabilidad de emisiones de GEI del año base y de los años modelados tanto para sectores energéticos como no energéticos.

Los resultados de emisiones del escenario de referencia y de los escenarios de mitigación se presentan según las categorías del IPCC y según la asignación por carteras ministeriales, esto último para facilitar el trabajo de seguimiento de las acciones emprendidas o para lograr las metas propuestas. La resolución del modelo construido es anual.

El modelo LEAP ha sido ampliamente utilizado para informar la definición de las contribuciones nacionalmente determinadas en diferentes países. Además de las ventajas de construcción para incluir las categorías y sectores de estudio y reportar los resultados según criterios propios, LEAP ofrece la opción de construir las curvas de costo marginal de abatimiento (MACCs por sus siglas en inglés), muy necesarias para evaluar los costos de lograr las metas propuestas. En este trabajo se

deja un manual claro de uso de la herramienta que incluye un procedimiento para la construcción de estas curvas.

El escenario de referencia finalmente validado y aprobado por los miembros del Comité responsable consideró las proyecciones actualizadas de población del DANE y las cifras oficiales de crecimiento económico ajustadas debido al COVID-19 del Marco Fiscal de Mediano Plazo más los escenarios de oferta y producción de hidrocarburos de la UPME y otras consideraciones sectoriales. Las emisiones de GEI estimadas serán de 345,801 GgCO<sub>2</sub>e en 2030 y de 478,582 GgCO<sub>2</sub>e 2050. El escenario de referencia del NDC – 2015 resultaba en emisiones de 332,730 GgCO<sub>2</sub>e en 2030 y de 438,680 GgCO<sub>2</sub>e en 2050.

La tasa de crecimiento anual promedio resultante para las emisiones es de 2.65% para el periodo 2015 – 2030. En la NDC-2015, la tasa de crecimiento anual promedio estimada para el escenario de referencia en el período 2010 – 2030 fue de 2%.

Las tablas siguientes resumen las emisiones y las tasas de crecimiento anuales promedio según las categorías IPCC y según las asignaciones sectoriales respectivamente para el periodo 2015 – 2030 del escenario de referencia.

*Tabla 1 Emisiones y las tasas de crecimiento anuales promedio según las categorías IPCC para el periodo 2015 – 2030 del escenario de referencia.*

IPCC nivel 1	2015	2030	CAGR 2015 - 2030
i{1} Energía	86,672	124,803	2.46%
i{2} IPPU	9,424	18,407	4.56%
i{3} AFOLU	117,937	174,500	2.65%
i{4} Residuos	19,553	28,091	2.44%
<b>Total</b>	<b>233,586</b>	<b>345,801</b>	<b>2.65%</b>

*Fuente: elaboración propia.*

*Tabla 2 Emisiones y las tasas de crecimiento anuales promedio según las asignaciones sectoriales respectivamente para el periodo 2015 – 2030 del escenario de referencia.*

Asignación	2015	2030	CAGR 2015 - 2030
Energía	35,239	40,459	0.93%
Industria	23,981	38,576	3.22%
Vivienda	13,737	18,167	1.88%
Transporte	32,929	55,846	3.58%
Agricultura	49,660	70,183	2.33%
Ambiente	21,472	28,790	1.97%
Deforestación	50,499	85,955	3.61%
Otros RyT	6,069	7,823	1.71%
<b>Total</b>	<b>233,586</b>	<b>345,801</b>	<b>2.65%</b>

*Fuente: elaboración propia.*

Es de notar que las emisiones del escenario de referencia en procesos industriales crecen a una tasa superior a la del agregado nacional y de las del sector AFOLU a la misma tasa; mientras que las de los sectores energía y residuos están ligeramente por debajo del promedio. En cuanto a las

emisiones del escenario de referencia por cartera, las de los sectores deforestación, transporte e industria presentan tasas por encima del promedio anual nacional y las de los sectores restante se sitúan por debajo de este, siendo las de asignadas a la cartera de energía las de menor crecimiento anual promedio.

Con relación a las reducciones posibles, en las tablas siguientes se presentan los resultados de emisiones y las reducciones alcanzadas en los escenarios de mitigación M1 y M3, por categoría IPCC y según asignaciones para el año 2030. Se incluyen las emisiones del año 2030 para facilitar la estimación de la desviación alcanzada en este último año. Las reducciones del agregado nacional en el escenario M1 son del 27.69% con respecto a las emisiones estimadas en el escenario de referencia para el año 2030, y las emisiones en el escenario M3 alcanzan una desviación del 37.04% en ese mismo año con relación a las estimadas en el 2030. Es de anotar que la meta no condicionada de la NDC – 2015 es de una reducción del 20% y la condicionada es del 30%, con respecto al nivel de referencia en el año 2030, lo que significa una reducción de 66.5 MtCO<sub>2</sub>e y 99.8 MtCO<sub>2</sub>e en el año 2030 con relación a la línea base estimada en su momento cuyo valor en 2030 era de 333.73 MtCO<sub>2</sub>e. En esta revisión se avanza seis puntos porcentuales de reducción, lo que corresponde a una desviación de casi 96 MtCO<sub>2</sub>e y 128 MtCO<sub>2</sub>e en los escenarios M1 Y M3 para el año 2030, esto es de casi 30 MtCO<sub>2</sub>e adicionales en los dos casos.

*Tabla 3 Resultados de emisiones y las reducciones alcanzadas en los escenarios de mitigación M1 y M3 por categoría IPCC para el año 2030*

IPCC nivel 1	2030 Ref	2030 M1	2030 M3	Desv. M1	Desv. M3
i{1} Energía	124,803	107,570	100,017	13.81%	19.86%
i{2} IPPU	18,407	16,787	16,787	8.80%	8.80%
i{3} AFOLU	174,500	98,822	74,644	43.37%	57.22%
i{4} Residuos	28,091	26,882	26,252	4.30%	6.55%
<b>Total</b>	<b>345,801</b>	<b>250,061</b>	<b>217,700</b>	<b>27.69%</b>	<b>37.04%</b>

*Fuente: elaboración propia.*

*Tabla 4 Resultados de emisiones y las reducciones alcanzadas en los escenarios de mitigación M1 y M3 según asignaciones para el año 2030*

Asignación	2030 Ref	2030 M1	2030 M3	Desv. M1	Desv. M3
Energía	40,459	32,464	25,578	19.76%	36.78%
Industria	38,576	35,671	34,457	7.53%	10.68%
Vivienda	18,167	16,957	16,327	6.66%	10.13%
Transporte	55,846	48,905	49,511	12.43%	11.34%
Agricultura	70,183	49,673	49,673	29.22%	29.22%
Ambiente	28,790	18,416	13,586	36.03%	52.81%
Deforestación	85,955	40,265	20,916	53.16%	75.67%
Otros RyT	7,823	7,711	7,652	1.43%	2.19%
<b>Total</b>	<b>345,801</b>	<b>250,061</b>	<b>217,700</b>	<b>27.69%</b>	<b>37.04%</b>

*Fuente: elaboración propia.*

Puede notarse que el sector AFOLU es el principal contribuyente a la reducción de emisiones en los dos escenarios, con desviaciones en el año 2030 de 75.7 MtCO<sub>2</sub>e y de casi 100 MtCO<sub>2</sub>e en los

escenarios M1 y M3 respectivamente. Es importante analizar los riesgos de esta contribución frente para el cumplimiento de las metas resultantes. El segundo aportante a la reducción porcentual de emisiones es el sector energía. La desviación esperada es de 17.23 MtCO<sub>2e</sub> y de 24.8 MtCO<sub>2e</sub> para los dos escenarios en el año 2030.

A nivel de carteras, deforestación, MinAmbiente, Minenergía y MinAgricultura, en su orden, deben realizar las mayores desviaciones porcentuales. En el caso de deforestación las reducciones esperadas en el año 2030 serían de 45.7 MtCO<sub>2e</sub> y 65 MtCO<sub>2e</sub> en los escenarios M1 y M3 respectivamente. Minagricultura tendría a su cargo motivar reducciones de 20 MtCO<sub>2e</sub> en ambos escenarios, Minambiente de 10 MtCO<sub>2e</sub> y 15 Mt CO<sub>2e</sub>, Minenergía de casi 8Mt CO<sub>2e</sub> y 15 MtCO<sub>2e</sub> en los escenarios M1 y M3 y Mintransporte de casi 7 MtCO<sub>2e</sub> en ambos escenarios para el año 2030.

Es claro que estas reducciones se construyeron con los proyectos identificados y algunos sectores y carteras deberían aumentar, en la medida de sus posibilidades, su ambición para lograr contribuciones más uniformes.

Es bueno anotar, que, el país determinó una meta de reducción de emisiones de 51% en el año 2030, lo que exigiría una reducción de 176 MtCO<sub>2e</sub> para ese mismo año con relación al nivel de referencia. Lo anterior implica aumentar el esfuerzo de reducción en 80 MtCO<sub>2e</sub> y en 48 MtCO<sub>2e</sub> con relación a los potenciales evaluados en los escenarios M1 y M3 en ese mismo año. Esta consultoría entrega un completo manual para el uso del modelo LEAP, que además de facilitar la construcción de las curvas MACC, va a permitir evaluar las opciones posibles para llegar a la meta señalada.

A nivel sectorial, los expertos aportan reflexiones derivadas del análisis que se resumen en el siguiente aparte.

## **B. Reflexiones y perspectivas generales**

### **1. Suministro energético: industrias de generación de electricidad y energía**

#### **a) Generación de electricidad**

- La actualización de la NDC en este sector consistió en la identificación de un mix de generación que permitirá lograr un potencial de reducción de emisiones suficiente para alcanzar la meta propuesta y proponer un nuevo nivel de ambición. Sin embargo, estos resultados se deben complementar con un análisis de costo-efectividad y costo-beneficio. Estos análisis permitirían priorizar el uso de ciertas tecnologías sobre otras y entender de forma particular la magnitud de los beneficios que cada una puede proveer.
- Aunque la construcción de una herramienta (modelo en LEAP) que lleve las cuentas nacionales es positivo, es necesario establecer claramente las limitaciones de esta. Los análisis y la modelación del sector de generación eléctrica se deben realizar en herramientas que ofrezcan más posibilidades de análisis, y que permitan la inclusión de

variables (por ejemplo, variables climáticas) que no fue posible considerar en el modelo actual.

- En este ejercicio únicamente se modelaron medidas ya seleccionadas y diseñadas por los ministerios, con interés solo sobre el horizonte 2030. Esto dejó por fuera el análisis de uso de tecnologías que puede contribuir enormemente a la reducción de emisiones y que aún están en desarrollo, por ejemplo, hidrógeno o captura y secuestro de carbono.
- Los escenarios indicativos de expansión de generación eléctrica que desarrolla la UPME están basados en proyecciones de demanda eléctrica que realiza la misma entidad. Sin embargo, para la modelación de sistema eléctrico en LEAP la demanda es una variable endógena. Esto hace que el modelo sea sensible a que incluso pequeñas modificaciones en los sectores de demanda generen incompatibilidades entre las proyecciones de capacidad oficiales y las de la herramienta, y esto a su vez provoca diferencias en la simulación del sistema eléctrico. A este respecto, se recomienda estudiar (donde sea necesario) las implicaciones que tienen dichos ajustes sobre el modelo del sistema eléctrico y determinar si también son requeridos ajustes a este último.
- La construcción de un escenario de mitigación para generación eléctrica requiere de la combinación de varios factores y medidas que interactúan y operan simultáneamente. Se recomienda no individualizar las medidas de mitigación para este sector, ya que el impacto de cada una de ellas está expuesto a ser seriamente aumentado o reducido cuando se integra a las demás. Los potenciales identificados por medidas individualizadas conducen a estimar erróneamente el potencial total de mitigación.

#### **b) Extracción de carbón**

- La extracción de carbón es una actividad principal en Colombia tanto en términos económicos como energéticos. Su actividad está sujeta a cambios en la demanda global (exportaciones) y la diversificación de la canasta energética nacional (consumo local). Se considera que es un sector que amerita un mayor análisis para determinar potenciales de reducción de emisiones en la cadena de producción, transporte y distribución. Acciones para mejorar la eficiencia en el uso de combustibles empleados van a contribuir a una mayor productividad y competitividad de esta industria.

#### **c) Extracción de combustibles fósiles y refinación de petróleo**

- Se prevé que las refinerías en Colombia a mediano plazo estarán trabajando al máximo de su capacidad debido a un aumento en el consumo de derivados del petróleo principalmente en el sector de transporte y a que no se contempla una expansión en la capacidad actual. Por este motivo las emisiones asociadas a las refinerías tienen una tendencia constante, dando así lugar a mejoras en eficiencia energética, mejoras en procesos para la reducción del uso de gas natural o alternativas más disruptivas y que están siendo analizadas actualmente a nivel mundial como la implementación de captura, uso y almacenamiento de carbono, o el uso de hidrógeno limpio para reemplazar el uso de gas natural.

#### **d) Gas natural**

- El uso de gas natural para reemplazar el consumo de gasolina, diésel, carbón o leña acarrea una reducción en emisiones de GEI netas, lo cual lo hace un candidato en el corto y mediano plazo para reducir las emisiones de GEI. Para tener un mejor entendimiento de este impacto se debe contemplar toda la cadena de valor de suministro de gas natural y no únicamente una comparación en el punto de combustión o uso.
- Se requiere una mejor caracterización de la infraestructura de producción, transporte, distribución y almacenamiento para un mejor entendimiento de las emisiones reales de proceso y el potencial de reducción en cada etapa.

#### **e) Biocombustibles**

- Es necesario identificar el origen de la biomasa usada para la producción de biocombustibles, vinculando este sector con otros sectores (AFOLU). De esta manera se obtendría mejor información sobre el impacto de esta actividad en la disponibilidad de biomasa y el uso de tierras.
- El modelo LEAP permite hacer este vínculo, sin embargo con la información disponible solo se logró iniciar la modelación de estas sinergias para el consumo de leña y la producción de biogás en rellenos sanitarios y PTARs. Se recomienda continuar con este proceso para identificar el potencial indirecto del uso de biocombustibles.

## **2. Demanda de energía**

#### **a) Industria**

- La industria, después del transporte, es el segundo mayor consumidor de energía final y los usos térmicos asociados a la generación de calor directo e indirecto son un poco más del 80% del total de la energía consumida en el sector, siendo el restante usos eléctricos. Las fuentes de energía para la generación de este calor vienen principalmente de combustibles fósiles, particularmente carbón y gas natural, seguidos de biomasa debido al excepcional uso del bagazo en la industria de alimentos.
- El esfuerzo de mitigación de emisiones directas en el sector industria debe enfocarse tanto en eficiencia energética como en sustitución de combustibles en los usos de calor directo e indirecto y el empleo de combustibles fósiles para tal fin (i.e. carbón y gas natural), sin dejar de lado las medidas de mitigación en los usos eléctricos de eficiencia energética y autogeneración con renovables no convencionales que aportan a la reducción de emisiones en la generación de electricidad vía menor demanda de esta última.
- Es de destacar el potencial de mitigación de la eficiencia energética tanto en los usos calóricos como en los usos eléctricos en el sector industria, potencial que fue puesto al descubierto por el Balance de energía útil; potencial que es el resultado de implementar acciones que están al alcance de la mano del sector tales como buenas prácticas en la operación y mantenimiento, monitoreo y control de procesos, actualización tecnológica de equipos y procesos, etc. No obstante, existen aún barreras técnicas, financieras, de



información, e institucionales que detienen a las empresas de seguir adelante en la implementación de la eficiencia energética.

- En el escenario de referencia, el uso de carbón mineral representa alrededor del 55% de las emisiones totales en la categoría 1A2 de industria, seguido del gas natural con ~25% y el diésel BX con ~12%. Por ende, la medida de mitigación con mayor impacto en reducción de emisiones para el sector es la sustitución de carbón. Los subsectores que más consumen carbón son: 1A2f Minerales no metálicos ~42%, 1A2e Alimentos bebidas y tabaco ~21%, 1A2l Textiles y cueros 16%, Pulpa papel e imprenta ~15%, y el resto en 1A2c Productos químicos e 1A2m Industria no especificada. Es por ello que la medida de mitigación de sustitución en industria se enfocó precisamente en sustituir carbón a lo largo del sector.
- Sustituir el carbón en la industria es un reto mayúsculo que implica no solo sustituir las máquinas térmicas de calor directo o indirecto de la industria sino modificar los procesos industriales en si para algunos casos, y quizá más importante, cambiar un energético cuya cadena de valor está bien establecida en los departamentos donde el carbón se produce y cuyo suministro ha sido confiable en el tiempo. Por ende, además de ser un problema tecnológico, la sustitución de combustibles fósiles es también un reto logístico que posibilite el suministro confiable del energético sustituto, incluso ante eventos no planeados.
- El mecanismo de fijación precios al carbono extendido al uso del carbón puede ser uno de los mecanismos que favorezcan la sustitución de este energético en la industria, generando incentivos tanto en la demanda a sustituir por energéticos más económicos, como en la oferta a suplir tecnologías y energéticos menos carbono intensivos.
- A pesar de que en la medida de mitigación de Sustitución industria en el escenario más ambicioso M3 la mayoría del carbón fue sustituido por gas natural, las emisiones aún no bajan lo suficiente para romper la tendencia creciente de las emisiones en el largo plazo y desligar por completo el crecimiento del sector, del de las emisiones de GEI. Este resultado muestra el limitado potencial de mitigación que tiene el gas natural en el largo plazo, quien a pesar de tener un menor factor de emisión que el carbón, aún sigue siendo una fuente de emisiones de GEI.
- Es por ello relevante adelantar una agenda de largo plazo en el sector que investigue opciones de sustitutos energéticos para los usos calóricos que rompa el *lock-in* de los combustibles fósiles, y desentrañe las restricciones técnicas, regulatorias, y financieras de sustitutos energéticos como las biomasas y/o el hidrógeno (verde o azul) que pueden abrir paso a las metas de mitigación de carbono neutralidad en las próximas décadas, complementadas éstas con otras tecnologías de vanguardia tales como el CCSU.
- El uso de diésel en las subcategorías 1A2k Construcción y 1A2i Minería y cantería, y de gas natural en este última, representan una cantidad importante de emisiones para las cuales no fue posible modelarlas de manera desagregada debido a la falta de información. Es por ello trascendental que se realicen estudios de caracterización de la demanda de energía de estos sectores, idealmente con un enfoque de energía útil, con el fin de entender con

mayor detalle cómo se usa la energía en estos sectores y eventualmente, adelantar medidas de mitigación más pertinentes.

- Igualmente se sugiere incluir estos sectores dentro del Balance Energético Colombiano como industria, y utilizar fuentes de información actualizadas como el Formato Básico Minero que adelanta la Agencia Nacional Minera ANM, como mecanismo para mantener al día las variaciones en las demandas de energía de forma anual.
- El análisis hecho para el sector industria utilizando un paradigma de energía útil, evidenció sus ventajas al poder estudiar la demanda de energía del sector de manera desagregada y explorar como se consume ésta en cada subsector, uso, y energético, y además permitió analizar las medidas de mitigación adecuadamente y enfocar su potencial en aquellos combustibles y usos en los cuales se requiere.
- Finalmente, se sugiere para futuros análisis estimar sendas de intensidad de energía final y de energía útil para los sectores industriales que reconozcan las particularidades de cada subsector y su comportamiento histórico, al igual que avanzar en el entendimiento de la composición de la intensidad de energía final industrial en la medida que cambios en esta última son generalmente una combinación de cambios tecnológico y/o cambios sectoriales.

#### **b) Transporte**

- Para las dos metodologías de agrupación<sup>1</sup> de las medidas en los escenarios de mitigación se presentan los principales resultados:
  - o Escenario M1, medidas agregadas: lleva a una reducción de 6.790 Gg CO<sub>2</sub>eq en 2030, equivalente al 12.2% de las emisiones proyectadas para ese año en el escenario de línea base. La disminución acumulada entre 2015 y 2030 es de 32.900 Gg, 4.8% de las emisiones generadas entre 2015-2030. En 2050 lleva a una desviación de 34% respecto a las emisiones en el mismo año en el escenario de referencia.
  - o Escenario M1, según la suma de los potenciales individuales: lleva a una reducción de 7.320 Gg CO<sub>2</sub>eq en 2030, equivalente al 13% de las emisiones proyectadas para ese año en el escenario de línea base. La disminución acumulada entre 2015 y 2030 es de 34.934 Gg, 5.1% de las emisiones generadas entre 2015-2030. En 2050 lleva a una reducción del 26% respecto al escenario de referencia.
  - o Escenario M3, medidas agregadas: se logra una reducción del 11% en 2030 y del 44% en 2050.
  - o Escenario M3, según la suma de los potenciales individuales: se logra una reducción del 14% en 2030 y del 47% en 2050.

En este estudio se realizó una primera aproximación a escenarios de largo plazo, partiendo de las medidas definidas en el sector. Se observa que las acciones incluso aplicadas en mayor ambición en el escenario M3, no generan un cambio en la trayectoria creciente de

---

<sup>1</sup> Se presentan los resultados de los escenarios M1 y M3 considerando el efecto de integración que hace LEAP en los escenarios, y según la suma de los potenciales individuales. Se presentan ambos, dado que el modelo tiene algunas limitaciones para representar las interacciones. Además, las medidas son independientes por lo que se pueden sumar.

las emisiones del transporte al 2050. Se requiere profundizar el análisis de opciones de mitigación de largo plazo, y entender si son o no consistentes con los esfuerzos propuestos al 2030, e identificar en cuáles casos las medidas de corto plazo generan un mayor efecto “lock-in”; en diferentes estudios previos para Colombia se ha mostrado que las medidas de mitigación al 2030 no necesariamente son compatibles con los esfuerzos requeridos para descarbonización.

- Ejercicios previos para Colombia muestran que para reducir las emisiones GEI en transporte a un nivel que sea compatible con escenarios de largo plazo de descarbonización se requieren intervenciones más ambiciosas, integrando acciones en reducción de la demanda, cambios en los patrones de comportamiento, nuevas y mejores tecnologías, y sistemas de transporte más eficientes. Esto implica por una parte diseñar y evaluar medidas que van más allá de la sustitución tecnológica, y por otra usar otro tipo de modelos.
  - Desarrollar análisis de partición modal para los escenarios (referencia y mitigación); y en el caso del transporte de pasajeros urbano, tener en cuenta la interacción entre los modos privados y los públicos. Esta es información muy relevante para entender los escenarios y medidas del transporte. Para este estudio, dados los tiempos y el alcance, se utilizó como insumo la información generada en análisis previos.
  - Evaluar dentro de las opciones el uso de instrumentos financieros en transporte urbano e interurbano. Para esto se requiere utilizar modelos económicos, que son complementarios a los análisis basados en tecnologías.
  - Profundizar en los análisis de transporte urbano integrados a los de planeación del uso del uso.
- Los análisis para actualizar la NDC se enfocaron en estimar el potencial de reducción de emisiones. Éstos se pueden complementar con análisis que permitan seleccionar aquellas medidas con el mejor desempeño según los criterios definidos para evaluarlas y priorizarlas. Se recomienda utilizar análisis costo-efectividad, análisis de evaluación multicriterio y análisis costo-beneficio. Estos análisis complementarios se utilizaron para la NDC 2015 y proveen información relevante para entender de manera más integral las medidas. Por ejemplo, en el caso de transporte urbano los cobeneficios de las medidas en aspectos como calidad del aire son muy importantes en el contexto nacional, y su magnitud genera beneficios económicos que favorecen la entrada de algunas medidas.
- Se recomienda diferenciar los análisis y la modelación de las opciones de mitigación del sector transporte, del ejercicio de representación de la NDC en una plataforma que integre los resultados de todos los sectores a nivel nacional. Son dos objetivos diferentes y se pueden cumplir con herramientas diferentes (incluso puede ser LEAP, pero un modelo para transporte con todo el detalle que se requiere, y otro para la integración en donde sólo se representen ciertos escenarios sectoriales agregados). Se presentan limitaciones para representar en un modelo agregado y nacional, y con todos los sectores de la economía, medidas que son muy específicas.
- La recomendación es complementar con análisis más específicos, por ejemplo: el potencial de mitigación (y la costo-eficiencia) de una nueva tecnología depende de las

características del segmento que esté reemplazando. Se requiere entonces desarrollar análisis detallados para el transporte público y transporte de carga que den cuenta del impacto de una misma medida sobre diferentes sistemas, ciudades, tipos de flota (edad, tecnología) y condiciones de operación. En un modelo tan agregado como el actual no es posible representar dichas diferencias. Los resultados de los análisis específicos se pueden integrar en LEAP con medidas agregadas, de mayor magnitud. De lo contrario, se requiere abrir muchas más ramas en LEAP y esto no es recomendable (y por capacidad de los modelos) en este tipo de análisis agregados.

- Se pueden aprovechar las ventajas de desarrollar análisis de mitigación para múltiples medidas, adicionando a las opciones seleccionadas por cada ministerio, otras identificadas en estudios previos, en la literatura y por expertos. Estos análisis permitirán identificar las mejores opciones (según potencial y costo-efectividad), así como identificar el impacto de implementarlas en diferentes tiempos, también permiten identificar sinergias entre opciones. En este ejercicio únicamente se modelaron medidas ya seleccionadas y diseñadas por los ministerios.
- Se podría complementar el uso de información oficial con el uso de la mejor información disponible. Un aprendizaje de este proceso de actualización es que no es posible modelar el escenario de referencia de transporte, ni las medidas de mitigación haciendo uso únicamente de la información oficial. En transporte algunos de los vacíos de información más importantes incluyen los siguientes:
  - Factores de consumo de combustible representativos de la flota de diferentes categorías a nivel nacional. Se recomienda utilizar metodologías estándar de medición y reporte de dicha información. Esta es información fundamental para caracterizar la eficiencia del sector y sus emisiones GEI.
  - Información estandarizada sobre factores de actividad de la flota vehicular, que permita diferenciar según usos, servicios y según otras características como la edad de la flota.
  - Proyecciones de demanda de transporte por subsector (uso urbano, interurbano, uso para carga, pasajeros o mixto). En particular, metas de cobertura de los sistemas de transporte público del país.
  - Una caracterización más desagregada del modo férreo a nivel nacional. Este ejercicio se puede desarrollar de manera coordinada con la UPME, dado que el BECO tampoco refleja una desagregación del sector.
  - Identificación de los cambios metodológicos del BECO. En el informe del escenario de referencia se mencionó que se observan cambios importantes en los datos de demanda que muestran una tendencia para el periodo 2010-2013 y otra para el 2014 y los años posteriores. Esto tiene un impacto en la calibración de los modelos y por lo tanto en el escenario de referencia, y cobra relevancia dado que el BECO es la fuente oficial de información más importante para estimar el inventario nacional de emisiones GEI en transporte, con lo cual se hace el seguimiento a las emisiones nacionales.
- Para la modelación del sector transporte es muy relevante integrar los análisis y resultados de escenarios energéticos del país de mediano y largo plazo. La modelación del escenario de referencia del transporte debe tener en cuenta la proyección de demanda de

transporte por subsector con la de nuevas tecnologías y proyección de energéticos. En este mismo sentido, se recomienda para ejercicios futuros contar con mayor participación del sector de energía en la definición de los escenarios de transporte.

- Una recomendación sobre el uso de los modelos de proyección de escenarios y de medidas de mitigación es entender su uso para identificar tendencias y para evaluar el impacto en emisiones asociados a diferentes posibilidades de trayectorias, así como entender la incertidumbre asociada al ejercicio. Estos modelos no son una herramienta para hacer seguimiento a las metas sectoriales. Entendiendo estas diferencias, la estructura del modelo y los ejercicios de modelación deben responder a las preguntas propias de los sectores, más que a la representación de metas ya definidas.

#### **c) Sector terciario y residencial**

- Para los sectores terciario (comercial e institucional) y residencial se establecen dos líneas estratégicas de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero: la Resolución 0549 de 2015 del MinVivienda, y la estrategia de sustitutos de Sustancias Agotadoras de Ozono (SAO) y refrigeración del MinAmbiente. También, por parte del Ministerio de Ambiente, se establece el aumento a la implementación de estufas de leña más eficientes, las cuales reducirán el consumo de leña en el sector residencial rural.
- Se recomienda revisar los porcentajes de ahorro establecidos en la Resolución de MinVivienda. Igualmente, incluir medidas de alumbrado público más eficiente. En LEAP se dejó esta opción disponible para cuando se cuente con la información necesaria.
- Las medidas de mitigación para edificaciones presenta un gran potencial, especialmente para usos finales tales como iluminación y refrigeración. Si bien la resolución 0549 cubre las edificaciones nuevas, existe potencial en las edificaciones existentes promoviendo un cambio de tecnologías por tecnologías más eficientes, mejorar el aislamiento de los edificios, o alinearse con medidas de otros sectores tales como respuesta de la demanda, medidores de electricidad inteligentes para permitir tarifas horarias, o la regulación para comunidades energéticas.
- Es necesario promover medidas de eficiencia energética en el sector terciario el cual representa el 23% de la demanda de energía eléctrica y el 9% del gas natural en 2030. Este sector logra disminuir el 0.5% de su demanda energética en 2030 respecto al escenario de referencia. En contraste las medidas del sector residencial tales como NAMA neveras tienen un impacto alto en la demanda de electricidad ( -16% en 2030).

#### **d) Agricultura/silvicultura/pesca**

- Las emisiones directas en el sector de agricultura (consumo energético) se reducen en 1.9% en el escenario de mitigación, reduciendo el consumo de combustibles fósiles y aumentando la demanda de electricidad en un 2.4%. Este cambio en la canasta de energía tiene un gran potencial, apalancado por la reducción de emisiones del sistema integrado nacional.

- Si bien el uso de biomasa en este sector para reemplazar combustibles fósiles ofrece una gran oportunidad, se debe controlar la fuente de dicha biomasa para así lograr una reducción neta de GEI y no un incremento como ocurriría en el uso de leña para energía térmica. Esto último disminuiría las emisiones en Agricultura (energía) aumentando las emisiones de AFOLU (deforestación)
- Para obtener una mejor caracterización de los potenciales de reducción de la demanda de energía en agricultura se recomienda definir de manera más clara la participación de cada sub sector dentro del PIB de agricultura, teniendo en cuenta que este es principal factor impulsador de este sector en el modelo LEAP.
- Igualmente, se recomienda validar con la UPME el balance energético de este sector, ya que en el BECO no se contempla el uso de residuos como fuente de energía para este sector, mientras que la NAMA café y la NAMA panela cuentan con estos residuos dentro de su canasta energética.
- Finalmente, debido a la pequeña participación de estas medidas en el potencial nacional de reducciones es necesario definir líneas estratégicas que abarquen todo el sector agricultura y pesca, definiendo así el potencial dentro del sector (i.e.: uso de biomasa disponible, uso de calor residual, etc).

### **3. Energía: emisiones fugitivas**

En términos generales, Se recomienda se exploren medidas de mitigación adicionales las cuales permitan contribuir al cumplimiento de la meta de la NDC vigente en 2030. Las medidas de mitigación analizadas no logran obtener una disminución de emisiones fugitivas la cual permita alcanzar una reducción en esta categoría comparable con el 20% en 2030 que se planteó inicialmente a nivel nacional.

- Las emisiones fugitivas en el escenario de mitigación en 2030 representan el 3.5%, comparado con 2.6% en el escenario de referencia. Este incremento si bien se debe una reducción más pronunciada en otros sectores (energéticos y no energéticos), está alineado con la reducción específica de la categoría de emisiones fugitivas que en 2030 es de 1.8% comparando el escenario de referencia y el escenario de mitigación (M1). En el escenario de mitigación M3 la reducción aumenta a 2.8%, impulsada principalmente por una reducción en la demanda de hidrocarburos a nivel nacional.
- Siendo los sectores de hidrocarburos relevantes para la economía y las emisiones de GEI en Colombia, es importante hacer un esfuerzo adicional para caracterizar la cadena de producción de estos sectores y así identificar con medidas reales las emisiones fugitivas y el potencial de mitigación asociado. Esto en otras palabras es migrar del Nivel 1 de calculo al Nivel 2 o Nivel 3, de las metodologías descritas en las guías IPCC.
- La extracción de petróleo tiene asociadas, además de emisiones por consumo de energía, emisiones fugitivas. En el caso de Colombia se usa el Nivel 1 de las guías IPCC debido a la falta de información específica para el país. Para poder identificar las secciones de la

cadena de valor que presentan un potencial mayor es necesario identificar la cantidad de emisiones fugitivas reales, siendo estas venteo, quema o fugas. De esta manera se lograría además identificar las zonas geográficas en las que se pueden aplicar dichas medidas de mitigación, permitiendo así una contabilidad de emisiones más acertada y un mejor seguimiento a la actividad asociada en los campos seleccionados.

- Las proyecciones actuales de la extracción de gas natural en Colombia presenten una tendencia a la baja, lo cual reduce las emisiones asociadas a su extracción (fugitivas y consumo de gas natural para uso propio). Sin embargo, es bueno identificar, evaluar e implementar medidas de captura de metano a gran escala. En el caso de carbón es igualmente importante evaluar acciones para aprovechar el metano proveniente de las minas.

#### **4. Procesos industriales y uso de los productos (IPPU)**

- La modelación del sector 2 Procesos Industriales y Uso de Productos (IPPU) fue el resultado de un esfuerzo previo adelantado por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales-IDEAM y la Unidad Técnica de Ozono-UTO del MinAmbiente, en el cual se examinaron múltiples fuentes para definir con mayor nivel de detalle los niveles de actividad de los procesos industriales que tienen emisiones directas de GEI y que no hacen parte de su consumo de combustible, al igual que del uso de sustitutos de sustancias agotadoras de la capa de ozono-SAO.
- A pesar de que mitigar las emisiones de IPPU representa un esfuerzo tecnológico mayor que implica modificar en las industrias objeto de estudio los procesos o los insumos utilizados en éstos, se modelaron dos medidas de mitigación que nacen de iniciativas publico/privadas: en la industria química para la producción de ácido nítrico y en la industria de cemento para la fabricación de Clinker.
- Dados los enormes retos tecnológicos para mitigar las emisiones en este sector, se recalca la necesidad de avanzar en la agenda de investigación y desarrollo I&D que permita resolver las barreras técnicas y económicas de aquellas tecnologías que tienen mayor potencial de mitigar emisiones en este sector, al igual que avanzar en una agenda regulatoria que incentive a estas industrias a la adopción de tales tecnologías.
- Respecto al uso de sustitutos SAO, se exalta la labor que desde el Minambiente y la UTO se lleva para adelantar los NAMAs de refrigeración que entre otros sustituyan dispositivos refrigeradores antiguos con mayor escape de hidrofluorocarbonados-HFC y dispongan adecuadamente de estos residuos, al igual que la medida de implementación de distritos térmicos, proyectos que de ser llevados a cabo, tendrían un impacto importante en la reducción de emisiones de sustitutos SAO empezando al final de esta década y de allí en adelante.

#### **5. Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra (AFOLU)**

- Para el sector agrícola se modelaron 5 medidas de mitigación en LEAP para el escenario M1. No se modeló un potencial de mitigación adicional para el escenario M3, ya que la



mitigación lograda es ambiciosa. Estas medidas corresponden a los NAMA Ganadería, NAMA Café, Cacao, Arroz y NAMA Panela.

- Con relación a los usos de la tierra, las medidas se refieren a:
  - Aumento de la restauración ecológica: la restauración de bosques y la plantación de nuevos bosques se incrementará en comparación con el escenario base.
  - Reducción de emisiones por deforestación: se reducen las tasas de deforestación siguiendo las ambiciones incluidas en el NREF.
  - Plantación forestal comercial: mayor establecimiento de plantaciones forestales en áreas que no eran bosques antes de la plantación.
- Es importante recalcar que los datos suministrados para la elaboración de este análisis, el sector AFOLU cumpliría un papel fundamental para alcanzar las metas de la NDC. En el escenario M1, el sector AFOLU estaría contribuyendo con el 76% del total de las emisiones reducidas en el 2030. Lo anterior se traduce en una gran responsabilidad por parte de los actores involucrados en implementar dichas medidas de mitigación que permitirán alcanzar la meta propuesta. Es importante resaltar que la contribución del sector AFOLU a las metas de mitigación, compensa parcialmente las medidas de mitigación en los sectores Energía, IPPU y Residuos, los cuales presentan potenciales de mitigación más limitados para el año 2030.
- 
- De igual manera, cabe mencionar que, aunque la mayor parte de la reducción de emisiones en el escenario M1 se debe a los esfuerzos en el sector AFOLU, la reducción de la deforestación contribuye con aproximadamente el 60% de ese esfuerzo. Como se mencionó, la reducción de la deforestación es una medida que recoge acciones que deben suceder en varios sectores y por tanto será necesario el compromiso de una multitud de actores; e igualmente es. Es imperativo continuar con análisis que permitan un mejor entendimiento de los *drivers* de deforestación en el país para así poder generar e implementar los incentivos necesarios bajo un enfoque de sistemas de uso del suelo sostenibles.
- La ganadería también representa un subsector importante para alcanzar las metas de mitigación presentadas en este estudio. En este sentido se propone explorar con mayor profundidad opciones como la implementación de especies forrajeras mejoradas con la capacidad de inhibir la nitrificación (BNI), y mitigar las emisiones provenientes de heces, orina y suelo. De acuerdo con la literatura internacional revisada, el uso de inhibidores de nitrificación, ya sean sintéticos o de origen vegetal (inhibidores biológicos de la nitrificación-BNI) reducen las tasas de nitrificación del suelo y, por lo tanto, el  $\text{NO}_3^-$  lixiviado y las emisiones de  $\text{N}_2\text{O}$ . Además, esta reducción en la tasa de nitrificación contribuye al aumento de la eficiencia en el uso del nitrógeno en los sistemas.

## 6. Residuos

- Las medidas de mitigación incluidas en este informe equivalen a una disminución de emisiones del 4.3% al 2030 en el escenario conservador (M1) y de un 6.5% en el escenario de mayor ambición (M3). En ambos casos, dicho nivel de emisiones evitadas dista del 20%



en 2030 que se planteó inicialmente a nivel nacional en la NDC vigente. En dicho documento se plantearon múltiples medidas de mitigación, entre las que se encontraban medidas encaminadas a disminuir la cantidad de residuos dispuestos (compostaje, reciclaje de residuos sólidos), así como medidas encaminadas a disminuir emisiones una vez los residuos eran dispuestos (captura y quema de metano, metanotrofia en la cobertura de rellenos, incineración de residuos). En el sector de aguas residuales, la NDC planteaba captura y quema de metano y la oxidación anaerobia de amonio.

- La ambición actual de las medidas consignadas en los escenarios de mitigación M1 y M3 refleja la información disponible y se prevé que aumente con información que los ministerios están recopilando y validando al momento de elaborar este documento. El relativamente bajo nivel de reducción de emisiones en este sector, a pesar de que las medidas contempladas son amplias y atacan varios aspectos de la generación de emisiones, se explica por una baja penetración y cobertura de las medidas al año 2030. Por ejemplo, se estipula que la captura y quema de biogás en rellenos sanitarios, solamente cubra un 2% del metano generado, y la fracción de residuos reciclados se estima que alcanzará el 14% para el año 2030.
- Entre las piezas de información que permitirán generar una mejor estimación de emisiones del sector residuos, se requiere mayor disponibilidad en la información de caracterización de residuos para los diferentes rellenos regionales, y profundizar el diálogo con los operadores de los diferentes sitios de disposición para que haya una transmisión más ágil de información.
- Finalmente, cabe anotar que este sector depende directamente del crecimiento poblacional, por ende, las actividades de tratamiento de residuos sólidos y aguas residuales, si bien son limitadas, deben prever el crecimiento de la actividad y contemplar medidas lo suficientemente ambiciosas para mantener el impacto a largo plazo (2050). Además de vincular de forma más directa el uso de los residuos en generación de energía o en una economía circular, minimizando así el uso de energía convencional.

## **7. Otras medidas: impuesto al carbono**

- Dado que las medidas no cubren todos los ámbitos, se incluyeron los cambios en emisiones que pueden derivarse de sustituciones o mejoras tecnológicas inducidas por la imposición del impuesto al carbono. En 2030 se consideró una reducción en emisiones equivalente a 734 GgCO<sub>2</sub>e.
- Los cambios en demanda tienen un efecto indirecto en emisiones de procesos en la cadena de suministro de estos combustibles, como son los consumos de energía asociados a la extracción de hidrocarburos y las emisiones fugitivas. Es necesario evitar doble contabilidades con medidas de eficiencia energética, sustitución de combustibles o introducción de nuevas tecnologías y aún cambio en patrones de comportamiento que se consideren en los sectores de demanda de energía.
- El DNP y MinHacienda advierten que el impuesto al carbono es un instrumento, un medio para lograr reducciones de emisión que se materializan en acciones de mitigación.

## C. Conclusiones del trabajo realizado

- A nivel del proceso e interacción realizados en este Estudio, se pudo notar que las distintas entidades de gobierno han avanzado en una mayor comprensión de la contabilidad de emisiones, sus orígenes, la asignación a las diferentes categorías IPCC y por carteras. Igualmente, los sectores cuentan con Planes de Integrales de Gestión del cambio Climático, con opciones de mitigación identificadas para cumplir la meta de reducción de emisiones de al menos 20% en las respectivas carteras. Si bien, las opciones de mitigación no cuentan en todos los casos con una evaluación de la costo-eficiencia individual o cuando se dispone esta no se ha estimado con el mismo marco metodológico en todos los casos, hay un buen avance en el país. Se puede decir que se cuenta con medidas con ‘nombre y apellido’, las cuales fueron usadas como base para identificar los potenciales de mitigación.
- En cuanto al escenario de referencia, la revisión fue un ejercicio dispendioso, y debe seguirse realizando una vez se ajusten las metas de crecimiento económico y se tenga una menor incertidumbre en cuanto al crecimiento potencial de la economía una vez superada la pandemia. Es importante discutir y acordar si las acciones en curso hacen parte del escenario de referencia para evitar que las emisiones en años anteriores difieran de las emisiones realizadas y reportadas.
- En cuanto a la modelación, hay algunos sectores, como generación eléctrica y transporte que requieren herramientas que ofrezcan más posibilidades de análisis, y que permitan la inclusión de variables (por ejemplo, climáticas en el primer caso y comportamentales en el segundo) que no fue posible considerar en el modelo actual. También es importante alinear estos esfuerzos con los que realizan las diferentes entidades sectoriales. En particular, los pronósticos de crecimiento de la demanda de energía final en los diferentes sectores y usos debe coincidir con los pronósticos de las emisiones.
- Como se mencionó, para identificar las reducciones posible se partió de las medidas identificadas en el país, lo cual es positivo. Sin embargo, es necesario estudiar en mayor detalle otras medidas posibles para lograr aportes más homogéneos entre sectores y aumentar la ambición. Es necesario adelantar un análisis del riesgo asociado con los potenciales de mitigación del sector AFOLU y de otros sectores ahora que se fijó una meta de mayor ambición y estudiar el efecto sobre la participación en los mercados de carbono como lo han requerido tanto MinHacienda como el DNP. Es igualmente importante, identificar los instrumentos a poner en marcha para hacer que estas medidas se implementen.
- Es absolutamente deseable contar con las curvas marginales de abatimiento. Si bien las medidas aportadas se pueden evaluar como razonables, y en los PIGCC sectoriales se debió evaluar su pertinencia y factibilidad de implementación, conocer la costo-eficiencia de cada medida es importante para hacer comparaciones intersectoriales y llegar a una mejor priorización y definición de compromisos. Es importante que el equipo técnico

aborde este trabajo a continuación de este Estudio definiendo unos criterios y pasos lo más homogéneos posibles para la estimación de estos costos por parte de los equipos sectoriales. Esta consultoría deja documentada la posibilidad de construir estas curvas usando la herramienta LEAP.

- Igualmente es altamente recomendable que los equipos técnicos comiencen a usar esta herramienta. Hasta el momento se cuenta con una buena representación inicial de las categorías su asignación sectorial, con un escenario de referencia, que como se dijo, muy seguramente va a requerir ajustes, y con escenarios de mitigación que incluyen las medidas identificadas y alguna mayor ambición de estas. Es necesario evaluar nuevas acciones a acometer, emplear el modelo para estudiar *'what-if'*, máxime cuando para alcanzar la meta de reducción señalada por el gobierno hace falta identificar y evaluar un mayor número de acciones de mitigación, en especial en aquellos sectores cuya contribución se aleja de la meta nacional prevista. Aunque el manual que deja esta consultoría es bastante detallado, la apropiación de la herramienta desarrollada requiere un entrenamiento del tipo *'hands-on'*. En los mensajes sectoriales del reporte de mitigación se plantean sugerencias sobre nuevas medidas y posibilidades de aumentar la ambición que es bueno tener en cuenta. En este ejercicio únicamente se modelaron medidas ya seleccionadas y diseñadas por los ministerios, con interés solo sobre el horizonte 2030. Esto dejó por fuera el análisis de uso de tecnologías que puede contribuir enormemente a la reducción de emisiones y que aún están en desarrollo, por ejemplo, hidrógeno o captura y secuestro de carbono.
- Finalmente, es bueno anotar que en el Estudio realizado para definir la NDC – 2015 se contaba con un portafolio de casi 100 medidas, en este caso con 'nombre' y algunas con 'apellido' cuyos costos y alcances hay que afinar y actualizar, el, cual puede ser complementado para tener una base inicial. También se discutieron instrumentos para lograr la implementación de estas medidas. En Delgado, Cadena, Espinosa (2016)<sup>2</sup> se describe el proceso de construcción de la línea de referencia y de los escenarios de mitigación.

---

<sup>2</sup> Delgado R., Cadena A., Espinosa M., 2016. "Formulation of a Nationally Determined Contribution to Climate Change Mitigation in Colombia". *Energia, Ambiente e Innovazione*, Vol. 1, pp. 108-113. ENEA Magazine, March. ISSN 1124-0016, DOI: 10.12910/EAI2016-016.