



Informe de orientación sobre el vínculo entre la contaminación del aire y el cambio climático, estrategias de mitigación de Contaminantes Climáticos de Vida Corta y su incorporación en procesos de planificación regional

Sara C. Grisales Vargas

Consultora en Contaminantes Climáticos de Vida Corta
Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible

Con el apoyo del Stockholm Environmental Institute

Entregable preparado para la Coalición Clima y Aire Limpio

Realizado en el marco del contrato No. 2500238039

Bogotá D.C. Colombia
Mayo de 2021

Contenido

1. Introducción.....	4
2. Relación entre la contaminación del aire y el cambio climático	5
3. Por qué es importante mitigar las emisiones de contaminantes climáticos de vida corta 8	
4. Acciones de mitigación de contaminantes climáticos de vida corta	9
5. Recomendaciones para la incorporación de CCVC en procesos de planificación regional 13	
5.1. Transferencia de conocimiento con los actores.....	14
6. Referencias.....	15

Lista de figuras

Figura 1. Fuentes de emisión de GEI y contaminantes del aire en Colombia, para el año 2012 (IDEAM, 2016, 2020).....	6
Figura 2. Forzamiento radiativo por emisiones y conductores desde la época preindustrial hasta la actualidad (IPCC, 2014)	7
Figura 3. Vínculos entre la contaminación del aire y el cambio climático	8
Figura 4. Mortalidad evitable debido a la disminución de los niveles de PM _{2.5} y la proporción de mezcla de O ₃ relacionadas a las políticas de mitigación de cambio climático (Vandyck et al., 2018).....	9

Lista de tablas

Tabla 1. Medidas de control para reducir emisiones de CCVC (UNEP & WMO, 2011)	10
---	----

1. Introducción

Las emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero han aumentado desde la era preindustrial, impulsadas en gran medida por el crecimiento económico y demográfico, dando lugar a concentraciones atmosféricas de dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O) sin precedentes en varios milenios. Los impactos de la permanencia de estas y otras sustancias en la atmósfera, se han evidenciado en todo el sistema climático y diferentes científicos han atribuido a estas la causa dominante del calentamiento observado desde mediados del siglo XX (IPCC, 2014).

La influencia humana en el sistema climático es clara y sus impactos en los sistemas humanos y naturales, son altamente estudiados. Los gases de efecto invernadero (GEI) son asociados principalmente al cambio climático por su capacidad de absorber la radiación infrarroja, aumentando y reteniendo el calor en la atmósfera. En todos los escenarios de emisiones evaluados, se proyecta un aumento en la temperatura terrestre durante el siglo XXI, donde se estima que las actividades humanas han causado aproximadamente 1,0 °C de calentamiento global por encima de los niveles preindustriales, y de continuar aumentando al ritmo actual, es probable que el calentamiento global alcance 1,5 °C entre 2030 y 2052 (en promedio, 0.2 °C por década) (IPCC, 2018).

La emisión continua de gases de efecto invernadero provocará un mayor calentamiento y cambios duraderos en todos los componentes del sistema climático, aumentando la probabilidad de impactos graves, generalizados e irreversibles para las personas y los ecosistemas. Como consecuencia del incremento de la temperatura superficial global, se espera mayor frecuencia y duración en la ocurrencia de olas de calor y sequías, generando impactos en la salud del ser humano. Además, en algunas regiones se ha observado un aumento en eventos de precipitación extremos, implicando mayor riesgo de inundaciones. Adicionalmente, se espera un continuo calentamiento y acidificación de los océanos, además de un aumento en el nivel del mar. Estos impactos asociados al cambio climático, revelan una vulnerabilidad y exposición significativa de los ecosistemas y sistemas humanos a la variabilidad climática actual (IPCC, 2018).

Adicional a lo anterior, se ha sugerido que el cambio climático afectará la salud humana a través de múltiples vías de impactos directos e indirectos (IPCC, 2014; Kinay et al., 2019). Los impactos directos del cambio climático son el resultado del aumento de las temperaturas, las olas de calor y el aumento de la frecuencia de eventos climáticos extremos complejos. Las consecuencias sanitarias y sociales de estos eventos son de gran alcance, desde la reducción de la productividad laboral y las muertes relacionadas con el calor, hasta las lesiones físicas directas durante los fenómenos meteorológicos extremos, la propagación de enfermedades infecciosas y los efectos en la salud mental tras inundaciones generalizadas o sequías prolongadas. Por otro lado, entre los efectos indirectos, se encuentran las enfermedades infecciosas transmitidas por vectores, la afectación de la calidad del agua y la

seguridad alimentaria, a la distribución de las sustancias desencadenantes de alergias y a los altos niveles de contaminantes atmosféricos (Kinay et al., 2019).

La calidad del aire también es afectada por el cambio climático, debido a que el clima determina como se transportan y dispersan las partículas contaminantes del aire. La Organización Mundial de la Salud (OMS), ha establecido la contaminación del aire como la causa ambiental de mayor riesgo para la salud, por sus efectos en los sistemas respiratorio y cardiovascular, que ha ocasionado cerca 7 millones de muertes cada año a nivel global. En Colombia, de acuerdo a las estimaciones del Departamento Nacional de Planeación (DNP), los costos por muertes y enfermedades asociadas a la contaminación del aire urbano ascendieron a \$12.3 billones de pesos, lo que representa el 1.5 % del producto interno bruto (PIB) de 2015, asociados a cerca de 8000 muertes (MADS, 2020).

Por tal motivo, en el presente documento se describe la relación entre el cambio climático y la contaminación del aire con el fin de afianzar las bases para planificación nacional, además de algunas recomendaciones para la implementación de estrategias de mitigación en el desarrollo de políticas subregionales.

2. Relación entre la contaminación del aire y el cambio climático

La contaminación del aire y el cambio climático son desafíos ambientales de gran importancia a nivel mundial. El incremento en la frecuencia, intensidad y magnitud de eventos climáticos extremos; cambios graduales en la temperatura y precipitación que van transformando progresivamente el clima de una región (IPCC, 2014); además del aumento del riesgo de mortalidad por enfermedades respiratorias y cardiovasculares, asociada a la contaminación del aire (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2018), son algunos de los impactos asociados a estas dos temáticas, que por su magnitud, generalmente son incluidos en los lineamientos de planificación estratégica, con el fin de mitigar sus efectos sobre la salud, la producción de alimentos y la economía nacional.

A través de los años, el cambio climático y la contaminación del aire han sido ampliamente estudiados, sin embargo, recientemente se ha puesto en evidencia la importancia de sinergias entre estos en materia de planificación, debido a que existen dos vías que vinculan entre sí estas dos temáticas. El **primer vínculo** está relacionado a las principales fuentes de emisión de los gases de efecto invernadero (GEI) y los contaminantes del aire, en donde se ha observado a partir de inventarios de emisiones globales, la existencia de procesos antropogénicos en común que propician la generación de ambas sustancias, como: actividades industriales, tráfico vehicular, agricultura y producción y quema de combustibles fósiles y biomasa (Ramanathan, 2020).

En Colombia, con el desarrollo y publicación del Inventario Nacional y Departamental de Gases de Efecto Invernadero y del Primer Inventario Indicativo Nacional de Emisiones de Contaminantes Criterio y Carbono Negro 2010-2014 (IDEAM, 2016, 2020), se ha observado que a nivel nacional existen fuentes comunes de emisión de GEI y contaminantes del aire a

la atmósfera, en donde destacan los sectores agricultura, transporte y residencial por su gran aporte (Figura 1). De esta manera, se ha evidenciado congruencia en los resultados locales y los globales en términos de emisiones, permitiendo comprobar el vínculo latente entre estas sustancias emitidas durante el desarrollo de las mismas actividades.

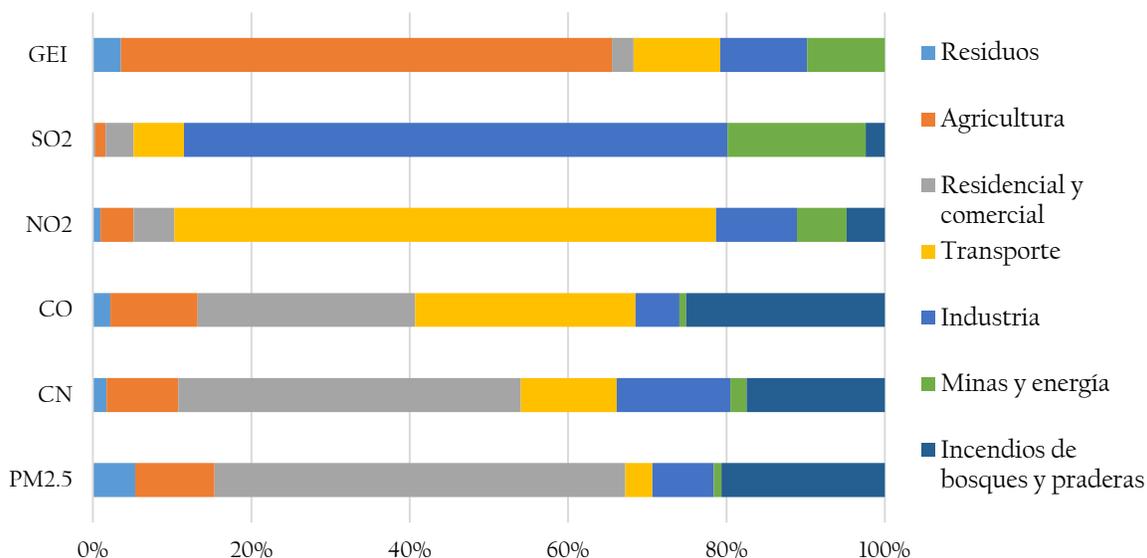


Figura 1. Fuentes de emisión de GEI y contaminantes del aire en Colombia, para el año 2012 (IDEAM, 2016, 2020)

El **segundo vínculo** entre la contaminación del aire y el cambio climático está relacionado con los contaminantes que contribuyen directamente al calentamiento global, debido a que son poderosos forzadores climáticos, y presentan un impacto significativo en la calidad del aire, los alimentos, el agua y la seguridad económica. Estas sustancias han sido de gran interés en temas de cambio climático y son conocidas como Contaminantes Climáticos de Vida Corta (CCVC), los cuales tienen un tiempo de permanencia en la atmósfera más corto que el CO₂. Los CCVC son (MADS, 2020):

- Carbono negro (hollín) emitido en los procesos de combustión incompleta de combustibles fósiles y biomasa.
- Gas metano (CH₄), potente gas de efecto invernadero y precursor del ozono troposférico.
- Ozono troposférico (O₃), se produce por la interacción de la luz solar con las emisiones de óxidos de nitrógeno (NO_x), monóxido de carbono (CO), compuestos orgánicos volátiles (COV) y metano (CH₄).
- Hidrofluorocarbonos (HFC), potentes gases de efecto invernadero.

El cambio climático se presenta como consecuencia de desequilibrios en el balance energético de la Tierra. El forzamiento radiativo es el cambio en el equilibrio entre la radiación que entra a la atmósfera y la radiación que sale, como consecuencia de diferentes

procesos y agentes naturales y antropogénicos que propician cambios en la temperatura promedio global. Cada especie tiene asociado un valor diferente de forzamiento; cuanto más positivo el valor, mayor es la influencia de calentamiento, y entre más negativo, hay mayor influencia de enfriamiento (IPCC, 2014). En la Figura 2 se puede observar que los CCVC presentan un forzamiento radiativo positivo, siendo el CO₂, CH₄ y el carbono negro las sustancias que presentan mayor valor para este factor.

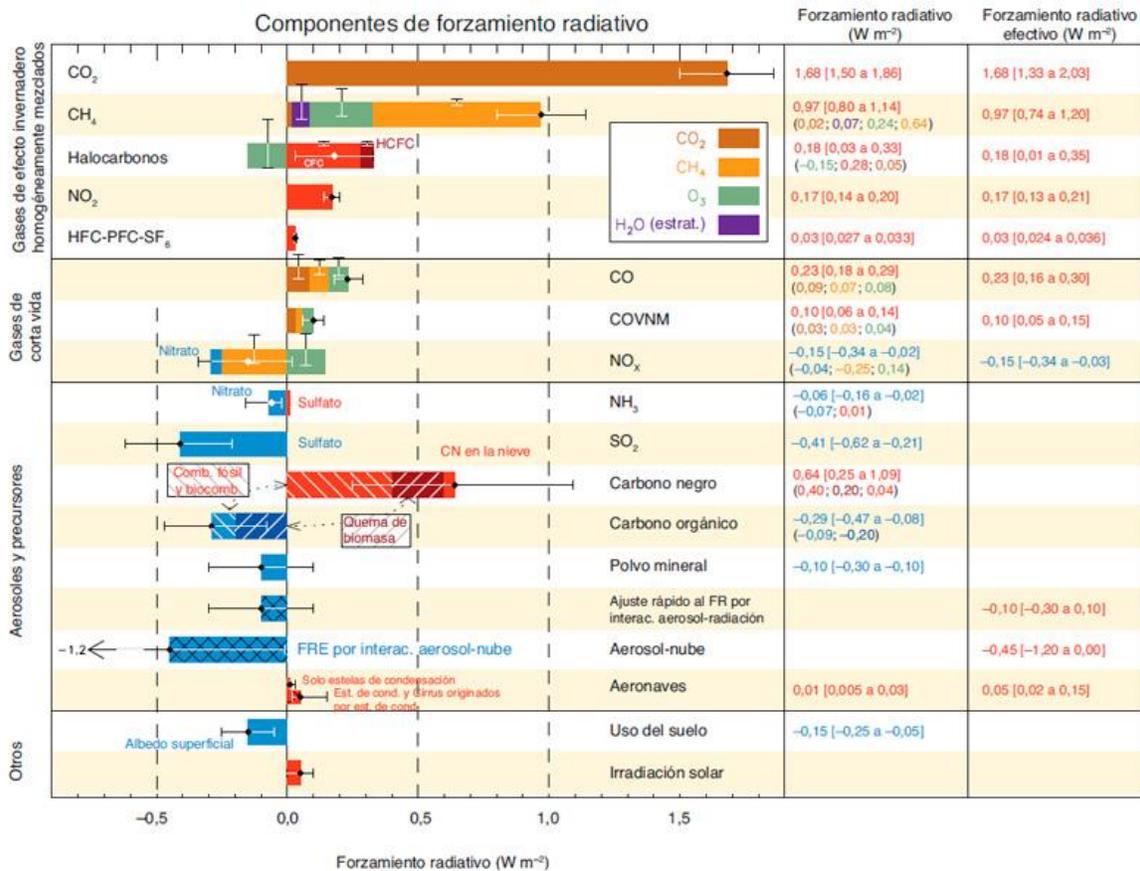


Figura 2. Forzamiento radiativo por emisiones y conductores desde la época preindustrial hasta la actualidad (IPCC, 2014)

Existe una estrecha relación entre el cambio climático y la contaminación del aire que permite evidenciar la importancia de vincular los procesos destinados a la planificación y el manejo de los impactos que ambos desafíos proponen actualmente. Con el estudio de los CCVC se materializa este vínculo (Figura 3), debido a que la mitigación de las emisiones de estas sustancias propone beneficios en materia de cambio climático, por sus aportes al calentamiento de la atmósfera, y de mejoramiento de la calidad del aire y, por ende, de la salud de la población y los ecosistemas.

Relación entre contaminación del aire y cambio climático

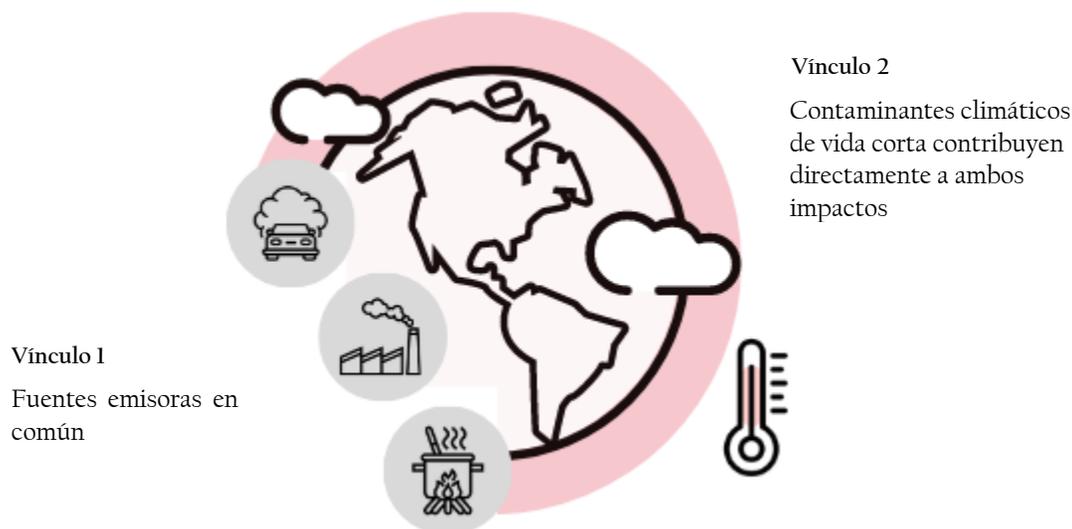


Figura 3. Vínculos entre la contaminación del aire y el cambio climático
(Elaboración propia. Iconos individuales: <https://thenounproject.com/>)

3. Por qué es importante mitigar las emisiones de contaminantes climáticos de vida corta

A pesar de que el cambio climático y la contaminación del aire generalmente se originan de las mismas fuentes antropogénicas, históricamente, el estudio y manejo de estas temáticas ha sido objeto de diferentes enfoques. Por esta razón, se ha sugerido la importancia de generar sinergias entre las estrategias para abordar el cambio climático y los CCVC, con el fin de ahorrar en esfuerzos de planificación y mitigación de las fuentes e impactos de ambos problemas, lograr el objetivo climático a largo plazo y evitar afectaciones en la salud del ser humano y los ecosistemas, por medio del mejoramiento de la calidad del aire (Hanaoka & Masui, 2017, 2020; Krecl et al., 2019).

En materia de CCVC, se han identificado diferentes medidas costo efectivas que podrían significar la reducción de 40 % de las emisiones de metano y 80 % de las emisiones de carbono negro para 2030. Estas medidas contemplan los sectores residencial, industrial, transporte, agricultura, hidrocarburos y residuos (UNEP & WMO, 2011). La Coalición del Clima y Aire Limpio, estima que a partir del cumplimiento de los compromisos de mitigación de los CCVC para 2030, se podrá evitar alrededor de 0,6°C de calentamiento global. Por su tiempo de permanencia en la atmósfera (entre semanas para el carbono negro y 15 años para los HFC), la implementación de las metas de reducción de emisiones de CCVC implicaría una reducción de la tasa de calentamiento en el corto plazo (CCAC, 2014). Sin embargo, idealmente se busca ahondar en la sinergia de las políticas de mitigación de GEI y de CCVC, debido a que esto permitiría aumentar la ambición en los compromisos de cambio climático, en comparación a la implementación de únicamente medidas de mitigación de GEI, como se observa en la Figura 4.

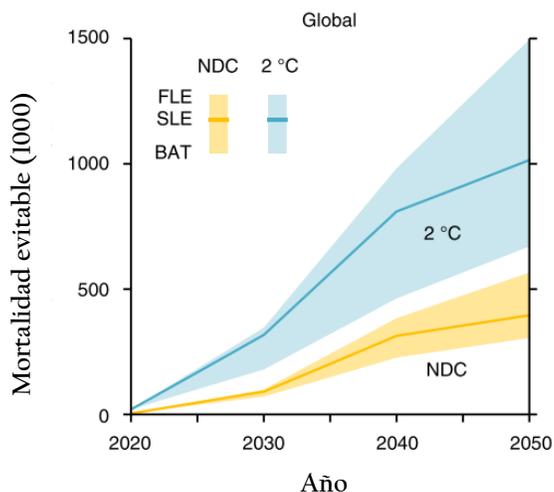


Figura 4. Mortalidad evitable debido a la disminución de los niveles de $PM_{2.5}$ y la proporción de mezcla de O_3 relacionadas a las políticas de mitigación de cambio climático (Vandyck et al., 2018)

En este contexto, implementar estrategias de mitigación de CCVC adicionales a los compromisos de reducción de emisiones de GEI, ofrece una oportunidad de mejorar la salud pública, reducir las pérdidas de rendimiento de cultivos agrícolas y disminuir la tasa de aumento de la temperatura de la atmósfera en el corto plazo.

4. Acciones de mitigación de contaminantes climáticos de vida corta

Diferentes estrategias de mitigación ofrecen la posibilidad de mejorar la calidad del aire como de mitigar el cambio climático, por lo que se requieren acciones coordinadas que tengan en cuenta los vínculos entre ambos. Estas acciones deben basarse en estudios científicos, actores políticos y sectoriales. Existe la necesidad de una mayor regulación y esfuerzos de seguimiento, a fin de garantizar la aplicación de las políticas de control y mitigación relacionadas con los cambios en el transporte, la industria, la ganadería, la quema de biomasa, incluyendo la reducción de los incendios forestales. Los esfuerzos enfocados en transiciones a energías renovables, sistemas de transporte de cero o bajas emisiones, así como la electrificación de los sectores residencial y comercial y la implementación de medidas de control, se proponen como acciones efectivas de mitigación de contaminantes atmosféricos y CCVC.

El tiempo de residencia relativamente corto en la atmósfera de los contaminantes climáticos de vida corta (CCVC), combinados con su fuerte potencial de calentamiento, implica que las estrategias para reducir las emisiones pueden generar beneficios para el clima en cuestión de décadas. El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y la Organización Meteorológica Mundial (WMO) han identificado un paquete de medidas de control para reducir los CCVC que pueden lograr el 90% del total de reducciones potenciales de emisiones de carbono negro, metano y HFC (Tabla 1) (UNEP & WMO, 2011).

Tabla I. Medidas de control para reducir emisiones de CCVC (UNEP & WMO, 2011)

CCVC	Sector	Medidas de control identificadas
Carbono negro	Energía	Reemplazar los hornos tradicionales por estufas de combustible modernas de combustión limpia
		Reemplazar los hornos y las estufas de calefacción tradicionales con estufas de biomasa de combustión limpia
		Eliminar las lámparas de queroseno
		Reemplazar el carbón por briquetas de carbón para cocinar y calentar
		Reemplazar estufas y quemadores de leña por estufas y calderas de pellets
	Industria	Modernizar los hornos de ladrillos tradicionales a hornos de ladrillos de eje vertical
		Modernizar los hornos de coque a hornos de recuperación
	Transporte	Utilizar filtros especiales para diésel para vehículos de carretera y todoterreno.
		Transición rápida a vehículos Euro VI / 6 y autobuses y camiones sin hollín
		Eliminar los vehículos diésel de altas emisiones
	Agricultura	Prohibir la quema de desechos agrícolas en campo abierto
	Combustibles fósiles	Capturar y mejorar la quema de petróleo y la producción de gas
	Residuos	Prohibir la quema al aire libre de residuos municipales
Metano	Agricultura	Mejorar la gestión del estiércol y la calidad de la alimentación animal
		Aplicar aireación intermitente de arrozales continuamente inundados.
		Mejorar la salud y la cría de animales mediante la combinación de estrategias de gestión del ganado y la salud, nutrición y gestión de la alimentación
		Introducir la cría selectiva para reducir la intensidad de las emisiones y aumentar la producción.
		Promover la digestión anaeróbica en granjas para controlar las emisiones de metano del ganado.
		Adoptar una guía sobre opciones dietéticas saludables.
	Combustibles fósiles	Llevar a cabo la desgasificación previa a la extracción y la recuperación y oxidación del metano del aire de ventilación de las minas de carbón.
		Reducir las fugas de las tuberías de distribución y transmisión de gas a larga distancia
		Ampliar la recuperación y utilización de la producción de gas y petróleo.

CCVC	Sector	Medidas de control identificadas
		Recuperar y utilizar gases y emisiones fugitivas durante la producción de petróleo y gas natural
	Residuos	Separar y tratar los residuos municipales biodegradables y convertirlos en abono o bioenergía
		Mejorar el tratamiento de aguas residuales con recuperación de gas y control de desbordamiento
		Mejorar la digestión anaeróbica de desechos sólidos y líquidos por parte de la industria alimentaria
		Actualizar el tratamiento primario de aguas residuales
		Gestión de desechos orgánicos
		Recolectar, capturar y utilizar gases de vertedero
HFC	Refrigeración	Ratificar y cumplir las medidas de control de la Enmienda de Kigali.
		Reemplazar los hidrofluorocarbonos de alto potencial de calentamiento global con alternativas de bajo o nulo potencial de calentamiento global, combinadas con mejoras en la eficiencia energética del ciclo de vida.
		Mejorar los materiales de aislamiento y los diseños de los edificios para evitar el uso o reducir la necesidad de aire acondicionado.

Colombia es país socio de la Coalición de Clima y Aire limpio desde 2012, que corresponde al primer esfuerzo global para hacer frente a los Contaminantes Climáticos de Vida Corta (CCVC). Con apoyo de los cooperantes y socios de la Coalición, se ha participado activamente para lograr desplegar diferentes iniciativas, como: el desarrollo de la Estrategia Nacional para la Mitigación de Contaminantes Climáticos de Vida Corta (MADS, 2020), la definición de factores de emisión locales para carbono negro y otros contaminantes, para las diferentes tecnologías de hornos en industrias ladrilleras y la validación de proyectos de reconversión tecnológica en el sector ladrillero; el desarrollo del Primer Inventario Nacional Indicativo de Emisiones de Carbono Negro y Contaminantes Criterio, 2010 – 2014 (IDEAM, 2020), entre otras. Estas iniciativas han sido un gran insumo para mejorar el nivel de comprensión de las principales fuentes de emisión de estos contaminantes, la magnitud de las mismas y el potencial de mitigación, permitiendo la toma de decisiones informadas.

La Estrategia Nacional para la Mitigación de Contaminantes Climáticos de Vida Corta tiene como objetivo potenciar acciones que contribuyan a la reducción de emisiones de contaminantes climáticos de vida corta en Colombia en el corto y el mediano plazo. En la Estrategia se destaca la importancia de establecer sinergias de diversas medidas de control de contaminantes atmosféricos y bajas emisiones de carbono para evaluar posibles

escenarios de mitigación para reducir los CCVC, planteando los siguientes objetivos específicos (MADS, 2020):

1. Adaptar mecanismos de gestión de la información relacionada con los contaminantes climáticos de vida corta, para facilitar la toma de decisiones y el desarrollo de una gestión de mitigación articulada entre las diferentes instituciones.
2. Adoptar y promover el uso de herramientas especializadas que permitan estimar el costo beneficio y los beneficios múltiples asociados a la reducción de emisiones de contaminantes climáticos de vida corta, de las diferentes acciones de mitigación del cambio climático y de reducción de la contaminación del aire, para crear sinergias entre las diferentes estrategias y programas de gobierno.
3. Fortalecer la capacidad institucional para promover la reducción de emisiones de contaminantes climáticos de vida corta.
4. Replicar los casos de éxito de aplicación de las herramientas adoptadas para potenciar y promover nuevas acciones de mitigación de contaminantes climáticos de vida corta mediante la elaboración de metodologías de aplicación para otros sectores o regiones.
5. Visibilizar la contribución al fortalecimiento institucional y al cumplimiento de metas de gestión, de las herramientas adaptadas o diseñadas.

El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia (Minambiente) avanza hacia la implementación de la Estrategia Nacional de Contaminantes Climáticos de Vida Corta, la cual proporciona metas y acciones para reducir las emisiones de estos contaminantes en el país, y pueden ser integradas en la planificación y formulación de políticas públicas. Esta estrategia busca aumentar la integración de esfuerzos de mitigación de los CCVC en los procesos de planificación nacional, como en la Estrategia Nacional de Calidad del Aire (ENCA) y el CONPES 3943: Política Para la Mejora de la Calidad del Aire.

A partir del ejercicio de definición de la meta de mitigación de carbono negro en la actualización de la Contribución Nacionalmente Determinada (NDC), se identificaron los principales sectores emisores de este contaminante, siendo esto un insumo importante para el direccionamiento de proyectos potenciales para disminuir las emisiones, con el fin de mejorar la calidad del aire, evitar impactos en el calentamiento de la Tierra y aportar al desarrollo sostenible del país. A partir de estos esfuerzos en materia de cambio climático, se estableció una meta de reducción de carbono negro del 40% a 2030, con el fin de aumentar la ambición en las medidas orientadas a mitigar el cambio climático y mejorar la calidad del aire, maximizando los beneficios locales de la implementación de la NDC.

La meta de reducción de carbono negro a 2030 fue definida teniendo en cuenta los esfuerzos comprometidos en reducción de GEI, en donde sobresale la medida relacionada a la implementación de un millón de estufas eficientes de leña en zonas rurales, aportando gran parte de las reducciones de carbono negro. Además, se evaluaron medidas adicionales

dirigidas a mitigar las emisiones de carbono negro y otros contaminantes criterio, enumeradas a continuación y en donde los mayores aportes de reducción se asociaron a la primera medida:

1. Implementación estándares de emisiones Euro IV y Euro VI para nuevos vehículos diésel
2. Maquinaria nueva con estándar de emisiones Tier 4I para rubros de construcción e industrial
3. Reducción de quemas agrícolas a 2030

La definición de la meta de reducción de emisiones de carbono negro fue posible gracias a los esfuerzos en levantamiento de información base respecto a este contaminante, específicamente por medio del Primer Inventario Nacional Indicativo de Emisiones de Carbono Negro y Contaminantes Criterio, 2010 – 2014 (IDEAM, 2020), el cual representó el punto de partida para evaluar las principales fuentes de emisión y la reducción en las emisiones del contaminante.

5. Recomendaciones para la incorporación de CCVC en procesos de planificación regional

Las estrategias para maximizar los beneficios climáticos y de calidad del aire difieren para cada país. La planificación integrada del cambio climático y la contaminación del aire puede ayudar a identificar las acciones más relevantes para mitigar ambos impactos simultáneamente y permite alinear acciones nacionales para cumplir los compromisos de mitigación internacionales de cambio climático y las metas nacionales de calidad del aire, con el fin de generar un proceso de planeación más eficiente. Algunas estrategias pueden ser:

- Diagnóstico apropiado con énfasis en mejorar la comprensión de las emisiones de CCVC. En Colombia, 26 sistemas de monitoreo de la calidad del aire funcionaron en 2017, pero la mayoría de las estaciones de monitoreo midieron contaminantes criterio, por lo que es clara la necesidad de medir los CCVC para desarrollar políticas objetivo, basadas en el alcance y antecedentes del tema. Además, comprender la variación espacio-temporal de los contaminantes climáticos de vida corta (CCVC) sobre las ciudades es fundamental para proteger la salud pública y mitigar el cambio climático.
- Los inventarios de emisiones nacionales y regionales, constituyen una herramienta fundamental para establecer el punto de partida del diseño de estrategias de mitigación, a partir de la estimación de las emisiones de un contaminante y de sus principales fuentes de emisión, orientando así, la toma de decisiones hacia una acción climática efectiva.
- Identificar de posibles actores pertinentes en la inclusión de los CCVC en las acciones de planificación nacional. Realizar sinergias entre actores y las autoridades

científicas ambientales y de salud, con el fin de articular un panel de expertos para transmitir el nuevo conocimiento en materia de CCVC. Además, es importante promover la inclusión de otros sectores y ciudadanos en las conversaciones, desarrollando estrategias de apropiación social del conocimiento. De esta manera, los actores a tener en cuenta podrían ser:

1. Ministerios
 2. Autoridades ambientales
 3. Alcaldías municipales
 4. Sector privado
 5. Organizaciones académicas
 6. Organizaciones sociales y ciudadanas
- Generar espacios de intercambio y divulgación de experiencias relacionadas con la conceptualización de los CCVC, con el fin de fortalecer las capacidades técnicas institucionales y crear sinergias positivas con otros programas y estrategias del gobierno, por medio de programas de capacitación y mesas de trabajo con entidades que deseen avanzar en la planificación de CCVC.

5.1. Transferencia de conocimiento con los actores

Como parte de la implementación a nivel subregional de la Estrategia, se tiene proyectado el entrenamiento de tomadores de decisión nacionales para desarrollar análisis integrados a través de la herramienta LEAP-IBC, sobre contaminantes del aire, gases de efecto invernadero (GEI) y CCVC, con el apoyo de *Stockholm Environment Institute*.

Además, se recomienda la inclusión de conceptos sobre CCVC y su vínculo entre calidad de aire y cambio climático, en el desarrollo de guías, talleres, capacitaciones y otros materiales, en apoyo a la implementación de la Estrategia nacional de calidad de aire (ENCA). A continuación, se enumeran los principales temas a socializar:

- Conocimientos adquiridos sobre CCVC, basándose en la literatura actual y los ejercicios realizados en el país
- Socialización de la Estrategia de Mitigación de CCVC y el Primer Inventario Nacional Indicativo de Contaminantes Criterio y Carbono Negro.
- Compromiso de reducción de carbono negro en la NDC y beneficios de la meta.
- Metodología de estimación de emisiones de carbono negro y de definición de la meta de reducción a 2030.
- Herramientas para la estimación nacional (LEAP) y local de emisiones de carbono negro (estimación basada en actividad y factores de emisión).
- Avances respecto al estudio de co-beneficios en salud realizado con la Organización Mundial de la Salud (OMS) y el Ministerio de Salud.

Para apoyar los procesos de apropiación del conocimiento en materia de CCVC, se han desarrollado diferentes documentos soporte, además de presentaciones insumo para la socialización de los temas mencionados. Además, se recomienda visibilizar los resultados y avances alcanzados hasta el momento, a través de una estrategia de comunicación amigable, con el fin de socializar las temáticas mencionadas con los tomadores de decisiones y la ciudadanía en general.

6. Referencias

- Área Metropolitana del Valle de Aburrá. (2018). *Calidad del aire y sus efectos en la salud de la población de los diez municipios del Valle de Aburrá, 2008-2015*. https://www.metropol.gov.co/ambiental/calidad-del-aire/Biblioteca-aire/Re-analisis/ContaminacionAtmosferica_y_sus_Efectos_en_la_Salud-AMVA_2019.pdf
- CCAC. (2014). *Time to act to reduce short-lived climate pollutants | Climate & Clean Air Coalition*. <https://www.ccacoalition.org/en/node/85>
- Hanaoka, T., & Masui, T. (2017). Exploring the 2 °C Target Scenarios by Considering Climate Benefits and Health Benefits - Role of Biomass and CCS. *Energy Procedia*, 114(November 2016), 2618–2630. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.03.1424>
- Hanaoka, T., & Masui, T. (2020). Exploring effective short-lived climate pollutant mitigation scenarios by considering synergies and trade-offs of combinations of air pollutant measures and low carbon measures towards the level of the 2 °C target in Asia. *Environmental Pollution*, 261, 113650. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.113650>
- IDEAM. (2016). *Inventario Nacional y Departamental de Gases de Efecto Invernadero - Colombia. Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático*. <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023634/INGEI.pdf>
- IDEAM. (2020). *1er inventario indicativo nacional de emisiones de contaminantes criterio y carbono negro 2010-2014*.
- IPCC. (2014). *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. <https://www.ipcc.ch/report/ar5/syr/>
- IPCC. (2018). Summary for Policymakers. In: Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to. In *Clearing the Air*. <https://doi.org/10.7551/mitpress/1866.003.0006>
- Kinay, P., Morse, A. P., Villanueva, E. V., Morrissey, K., & Staddon, P. L. (2019). Direct and indirect health impacts of climate change on the vulnerable elderly population in East China. *Environmental Reviews*, 27(3), 295–303. <https://doi.org/10.1139/er-2017-0095>
- Krecl, P., Targino, A. C., Ketznel, M., Cipoli, Y. A., & Charres, I. (2019). Potential to reduce



the concentrations of short-lived climate pollutants in traffic environments: A case study in a medium-sized city in Brazil. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 69(February), 51–65. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2019.01.032>

MADS. (2020). *Estrategia nacional para la mitigación de contaminantes climáticos de vida corta*.

Ramanathan, V. (2020). Chapter 5. Climate Change, Air Pollution, and Health: Common Sources, Similar Impacts, and Common Solutions. In *Health of People, Health of Planet and Our Responsibility* (pp. 49–59). <https://doi.org/10.1007/978-3-030-31125-4>

UNEP, & WMO. (2011). *Integrated Assessment of Black Carbon and Tropospheric Ozone*. https://library.wmo.int/index.php?lvl=notice_display&id=12414

Vandyck, T., Keramidas, K., Kitous, A., Spadaro, J. V., Van Dingenen, R., Holland, M., & Saveyn, B. (2018). Air quality co-benefits for human health and agriculture counterbalance costs to meet Paris Agreement pledges. *Nature Communications*, 9(1), 1–11. <https://doi.org/10.1038/s41467-018-06885-9>