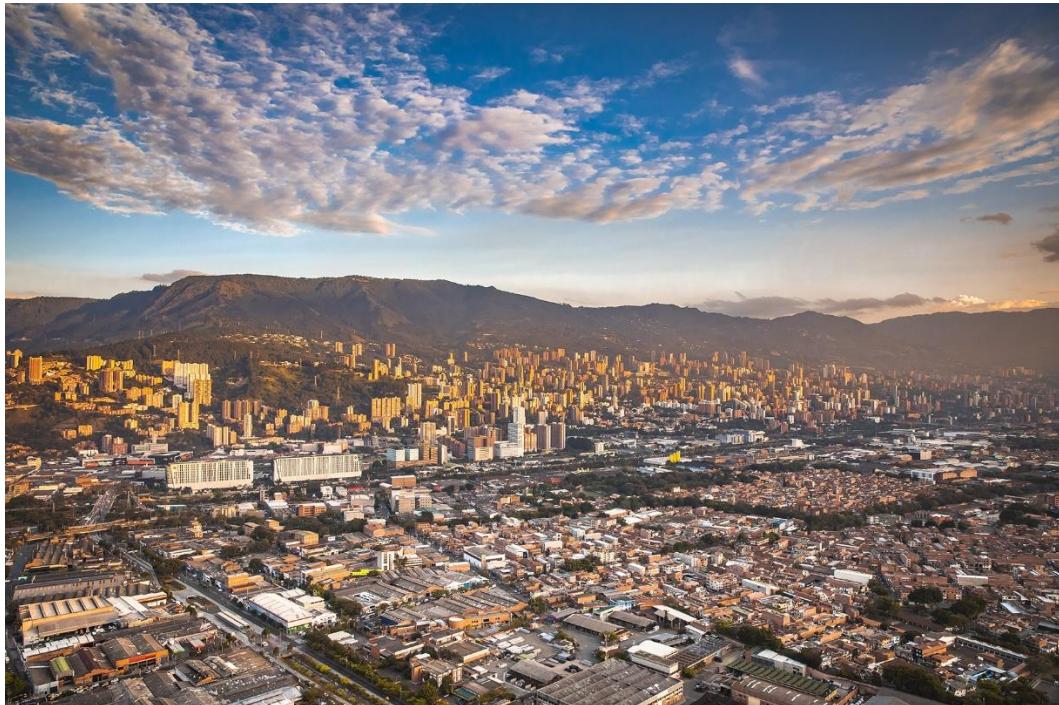




Alcaldía de Medellín

**Inventario de Gases Efecto Invernadero bajo el estándar GPC para el
Municipio de Medellín. Período 2015 - 2019
Actualización – Inventarios BÁSICO**



Fuente: Alcaldía de Medellín

**INFORME FINAL
2021**



Alcaldía de Medellín



Alcaldía de Medellín

**Inventario de Gases Efecto Invernadero bajo el estándar GPC para el
Municipio de Medellín. Período 2015 - 2019
Actualización – Inventarios BÁSICO**

INFORME FINAL
2021

ALCALDÍA DE MEDELLÍN

DANIEL QUINTERO CALLE
Alcalde

JULIANA COLORADO JARAMILLO
Secretaria de Medio Ambiente

ANDRÉS SANTIAGO ARROYAVE ALZATE
Subsecretaria de Gestión Ambiental

LUIS HUMBERTO OSSA
Subsecretario de Recursos Naturales Renovables

DIANA MARCELA SANTACRUZ
Subsecretaría de protección y bienestar animal



**ALCALDÍA DE MEDELLÍN
SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE**

EQUIPO DE TRABAJO

PAULA ANDREA ZAPATA JARAMILLO
Asesora C40 Cities

NATALIA ARCILA MARÍN
Contratista

JUAN ESTEBAN MONSALVE CIFUENTES
Profesional Universitario



TABLA DE CONTENIDO

SIGLAS Y ABREVIATURAS	10
1. INTRODUCCIÓN	11
2. OBJETIVOS	12
3. ANTECEDENTES	12
4. METODOLOGÍA DE CALCULO DE EMISIONES DE GEI	14
4.1 DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO DE REPORTE GPC.....	14
4.2 GUÍA PARA ELABORACIÓN O ACTUALIZACION DE INVENTARIOS DE EMISIONES DE GEI EN CIUDADES COLOMBIANAS – GUÍA MADS	17
4.3 CÁLCULO DE EMISIONES.....	19
4.4 ÁREA DE ESTUDIO Y COBERTURA TEMPORAL	20
4.4 CALIDAD Y VERIFICACIÓN DE DATOS.....	21
5. ESPECIFICACIONES DE RECÁLCULO INVENTARIO 2015.....	21
6. RESULTADOS GENERALES.....	23
6.1 EMISIONES TOTALES	23
6.2 EMISIONES POR ALCANCES.....	26
6.3 EMISIONES DE GEI POR SECTOR Y SUBSECTOR	27
6.3.1 Energía Estacionaria	27
6.3.2 Transporte	33
6.3.3. Residuos.....	38
6.3.4 AFOLU – Agricultura, Silvicultura y Otros Usos de la Tierra.....	44
7. Medellín y ciudades C40	51
8. ANÁLISIS Y CONCLUSIONES	52

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Definiciones de los alcances 1, 2 y 3	15
Tabla 2. Claves de notación	16
Tabla 3. Potencial de calentamiento global para los Gases Efecto Invernadero tenidos en cuenta en los inventarios presentados.	17
Tabla 4. Diferencias y ajustes adoptados frente a la forma de contabilización y reporte de la información entre el GPC y la guía MADS	18
Tabla 5. Indicadores de calidad global. Fuente: (WRI; C40 Cities; ICLEI, 2014)	21
Tabla 6. Resultados desagregados por alcances, sectores y niveles de reporte para los inventarios 2015 original y recalculado. Todos los valores están dados en tonCO ₂ eq.....	22
Tabla 7. Puntos específicos de recálculo para el inventario 2015	22
Tabla 8. Resultados totales generales discriminados por sector, alcance y nivel de reporte para cada uno de los años evaluados. Todos los resultados están dados en TonCO ₂ eq.....	24
Tabla 9. Indicadores de intensidad de emisiones para cada uno de los años evaluados. ...	25
Tabla 10. Información detallada que se usó en el cálculo de las emisiones de GEI del sector de Energía Estacionaria.	28
Tabla 11. Factores de emisión utilizados para la realización del inventario en los sectores de energía Estacionaria. Los FE correspondientes a combustibles sólidos, líquidos, gaseosos y energía eléctrica pueden ser consultados en la calculadora FECOC 2016 de la Unidad de Planeación Minero Energética – UPME. Igualmente todos los factores de emisión están alineados con la Guía para elaboración de inventarios de GEI en ciudades Colombianas, desarrollada por el Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible.....	29
Tabla 12. Resultados desagregados para cada uno de los subsectores pertenecientes al sector Energía Estacionaria. Indican las fuentes necesarias para el reporte del nivel BÁSICO, + indican las fuentes necesarias para el reporte del nivel BÁSICO +. Por su parte indican las fuentes necesarias para el reporte a nivel territorial, pero no para los niveles BÁSICO Y BÁSICO+, - indican emisiones no aplicables. Las claves de notación son utilizadas en los casos requeridos (IE: incluida en otro lugar, NE: no estimada, NO: no ocurre, C: información confidencial).....	31
Tabla 13. Factores de emisión del Sistema Interconectado Nacional – SIN. Datos obtenidos de la calculadora FECOC de la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME).	32
Tabla 14. Información detallada que se usó en el cálculo de las emisiones de GEI del sector de Transporte.	34
Tabla 15. Factores de emisión utilizados para realizar los cálculos de sector de transporte. Todos pueden ser consultados en la calculadora FECOC y se encuentran igualmente alineados con los FE consignados en la Guía para elaboración de inventarios de GEI en ciudades Colombianas de MinAmbiente.....	34

Tabla 16. Resultados desagregados para cada uno de los subsectores pertenecientes al sector Transporte. Indican las fuentes necesarias para el reporte del nivel BÁSICO, + indican las fuentes necesarias para el reporte del nivel BÁSICO+. Las claves de notación son utilizadas en los casos requeridos (IE: incluida en otro lugar, NE: no estimada, NO: no ocurre, C: información confidencial).....	37
Tabla 17. Información detallada incineración y disposición final, usada en el cálculo de las emisiones de GEI del sector de Residuos. Fuente: Elaboración propia con datos provistos por AMVA y EMVARIAS	40
Tabla 18. Factores de emisión usados para los cálculos del sector residuos.....	40
Tabla 19. Resultados desagregados para cada uno de los subsectores pertenecientes al sector Residuos. Indican las fuentes necesarias para el reporte del nivel BÁSICO, + indican las fuentes necesarias para el reporte del nivel BÁSICO+, indican las fuentes necesarias para el reporte a nivel territorial, pero no para los niveles BÁSICO Y BÁSICO+, indican emisiones no aplicables. Las claves de notación son utilizadas en los casos requeridos (IE: incluida en otro lugar, NE: no estimada, NO: no ocurre, C: información confidencial).	43
Tabla 20. Datos de actividad usados para cálculos de las emisiones y absorciones del sector AFOLU en los años de inventario 2015 - 2019	45
Tabla 21. Factores de emisión para los cálculos del sector AFOLU.....	47
Tabla 22. Resultados desagregados para cada uno de los subsectores pertenecientes al sector Residuos. Indican las fuentes necesarias para el reporte del nivel BÁSICO, + indican las fuentes necesarias para el reporte del nivel BÁSICO+, indican las fuentes necesarias para el reporte a nivel territorial, pero no para los niveles BÁSICO Y BÁSICO+, indican emisiones no aplicables. Las claves de notación son utilizadas en los casos requeridos (IE: incluida en otro lugar, NE: no estimada, NO: no ocurre, C: información confidencial).	51
Tabla 23. Comparativo resultados Inventarios GPC y Guía MADS.....	53
Tabla 24. Evolución PIB Medellín y crecimiento poblacional. Fuente: Proyecciones y retroproyecciones de población municipal para el periodo 1985-2017 y 2018-2035 con base en el CNPV 2018 y Valor agregado por Municipio serie 2011 2019 – DANE	53

LISTA DE GRAFICAS

Figura 1. Acciones que se han venido desarrollando en la planificación climática a nivel nacional, departamental y regional.	13
Figura 2. Sectores y subsectores utilizados para la clasificación y cuantificación de emisiones de un inventario GEI. Los colores más oscuros (Estacionaria, Transporte, Residuos, IPPU y AFOLU) corresponden a los sectores, los colores más claros a los subsectores. En color verde se encuentran los sectores y subsectores requeridos para un inventario nivel BÁSICO. Por su parte los sectores y subsectores en color verde + naranja serían los requeridos para un inventario BÁSICO+. Fuente: (C40 Cities, 2017)	15
Figura 3. Fuentes de emisión para alcances 1, 2 y 3 en el nivel de reporte BÁSICO+. El área gris corresponde a la región de estudio o límite geográfico de la ciudad. Fuente: (C40 Cities, 2017).....	16
Figura 4. Plataforma de reporte CIRIS. Fuente: (C40 Cities, 2017)	17
Figura 5. Delimitación político – administrativa del Municipio de Medellín. Fuente: (Alcaldía de Medellín, 2018).....	20
Figura 7. Participación porcentual de cada uno de los alcances (Tabla 1) en la sumatoria total de emisiones de GEI para Medellín y el Valle de Aburrá.	26
Figura 8. Resultados detallados por subsectores en el sector de Energía Estacionaria. Los datos presentados corresponden a los inventarios nivel BÁSICO	32
Figura 9. Resultados detallados por subsectores en el sector de Transporte. Los datos presentados corresponden a los inventarios nivel BÁSICO	35
Figura 10. Resultados detallados por subsectores en el sector Residuos. Los datos presentados corresponden a los inventarios nivel BÁSICO.	42
Figura 11 Resultados detallados por subsectores en el sector AFOLU.	50
Figura 12. Resultados para los Inventarios BÁSICO de ciudades latinoamericanas. La primera grafica corresponde a emisiones netas mientras que la segunda corresponde a emisiones per cápita.....	51
Figura 13. Totales inventarios contra curva de crecimiento poblacional	54
Figura 14. Emisiones per cápita proyectadas (izquierda) y emisiones totales anuales (derecha) para las 4 tipologías de ciudades establecidas por C40. Fuente: Deadline 2020 – C40	55
Figura 15. Trayectorias de emisiones de la ciudad 2015 – 2050 para el escenario ambicioso. Grafica tomada del Modelo PATHWAYS.	56
Figura 16. Potencial de reducción de emisiones para las acciones de mitigación planeadas por la ciudad en el escenario ambicioso. Grafica tomada del Modelo PATHWAYS.	57

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1. Archivo de Excel – CIRIS – Inventario BÁSICO de GEI para el Municipio de Medellín año base 2015

ANEXO 2. Archivo de Excel – CIRIS – Inventario BÁSICO de GEI para el Municipio de Medellín año base 2016

ANEXO 3. Archivo de Excel – CIRIS – Inventario BÁSICO de GEI para el Municipio de Medellín año base 2017

ANEXO 4. Archivo de Excel – CIRIS – Inventario BÁSICO de GEI para el Municipio de Medellín año base 2018

ANEXO 5. Archivo de Excel – CIRIS – Inventario BÁSICO de GEI para el Municipio de Medellín año base 2019

ANEXO 6. Herramienta de cálculo Inventario de GEI – MinAmbiente. Detalle de supuestos y cálculos para los sectores de Residuos y AFOLU.

SIGLAS Y ABREVIATURAS

AFOLU: Agricultura, Silvicultura y Otros Usos de la Tierra

AMVA: Área Metropolitana del Valle de Aburrá

C40: Grupo de Liderazgo Climático

CDP: Carbon Disclosure Project

CIRIS: City Inventory Reporting and Information System

COP: Conferencia de las Partes firmantes de la Convención Marco de las Naciones Unidas Sobre Cambio Climático

DANE: Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas

EMVARIAS: Empresas Varias de Medellín

EPM: Empresas Públicas de Medellín

FE: Factores de Emisión

FECOC: Factores de Emisión de los Combustibles Colombianos

GEI: Gases Efecto Invernadero

GPC: Protocolo Global para Inventarios de Emisión de GEI a Escala Comunitaria

ICA: Instituto Colombiano Agropecuario

ICLEI: Gobiernos Locales por la Sostenibilidad

IPCC: Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático

SUI: Sistema Único de Información de Servicios Públicos Domiciliarios

UPME: Unidad de Planeación Minero Energética

WRI: World Resources Institute

1. INTRODUCCIÓN

La ciudad de Medellín, de acuerdo con los estándares de liderazgo adoptados con la participación en el Grupo de Liderazgo Climático de ciudades C40 (C40 Cities), ha asumido el compromiso de actualizar el inventario de Gases Efecto Invernadero de la Ciudad de manera bienal, como parte del proceso de seguimiento a la gestión del cambio climático y la implementación del Plan de Acción Climática (PAC). Los inventarios de Gases de Efecto Invernadero (GEI) sirven como alimento a la construcción de una línea base sólida que se soporta en datos históricos y permite a la ciudad la toma de decisiones informadas respecto al desarrollo de acciones relevantes y con impacto en el logro de al objetivo de mantener el aumento de la temperatura por debajo de los 2°C con respecto a la era preindustrial y el desarrollo de esfuerzos para limitarlo a 1,5°C.

El proceso de planificación de la acción climática en Medellín permitió definir metas de reducción de emisiones que se alinean y contribuyen al logro de los objetivos definidos en la actualización de la contribución Nacionalmente Determinada (NDC) del país, consistente en la reducción del 51% de las emisiones por debajo del escenario de referencia para el 2030, de cara a ser carbono neutro a 2050. Bajo este contexto, la actualización periódica del inventario de GEI toma relevancia, en la medida en que facilita el seguimiento al comportamiento local de las emisiones y el aporte a los objetivos nacionales.

El presente reporte presenta los resultados del proceso de recálculo del inventario GEI 2015, que sirvió de línea base para la formulación del PAC y las consiguientes actualizaciones para el período 2016 – 2019. Es importante señalar que, si bien en marzo del 2021 el Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) lanzó la Guía para Elaboración o Actualización de Inventarios de Emisiones de GEI en Ciudades Colombianas, Medellín ha optado por continuar con reporte bajo el estándar del Protocolo Global para Inventarios de Emisión de Gases de Invernadero a escala comunitaria (GPC), en correspondencia con las prácticas promovidas por las redes C40 Cities y Gobiernos Locales por la Sostenibilidad (ICLEI).

Finalmente, se debe destacar que de acuerdo con la disponibilidad de información y con el propósito de garantizar la consistencia metodológica, la actualización del inventario se ha realizado con un nivel de reporte BÁSICO, según el GPC, y la adición de la estimación de emisiones del sector Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra (AFOLU), para lo cual, se tuvo en cuenta los siguientes GEI: Dióxido de Carbono (CO₂), Óxido Nitroso (N₂O) y Metano (CH₄). Bajo estos principios, los resultados permiten observar un aumento de las emisiones de la ciudad en los sectores transporte, energía y residuos entre 2015 y 2019, pasando de 3,1 a 3,3 MtonCO₂eq.

2. OBJETIVOS

Realizar el recálculo del inventario de GEI, año base 2015, y las consiguientes actualizaciones para los años 2016 - 2019, con un nivel de reporte BÁSICO y la adición del sector AFOLU

Realizar un balance en el comportamiento de las emisiones de GEI en el municipio de Medellín durante el período 2015-2019, con el objeto de evaluar el desempeño de los sectores contabilizados con respecto a las metas trazadas por el Plan de Acción Climática en momentos previos a su adopción e implementación.

3. ANTECEDENTES

A nivel nacional y departamental la medición de GEI ha estado vinculada a la publicación de las Comunicaciones Nacionales ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC). Sin embargo, en la escala regional el Área Metropolitana del Valle de Aburrá ha realizado inventarios de emisiones atmosféricas desde el año 1998 (Figura 1), con el desarrollo de Inventarios de Emisiones de GEI para los años 2009 y 2011 y la actualización bienal de los Inventarios de Emisiones Atmosféricas de Contaminantes Criterio durante el período 2011- 2018. Por su parte Medellín, en el 2019 presentó su primer Inventario de GEI realizado bajo el método de reporte GPC con nivel BASICO+, marcando un precedente para la ciudad que asume al compromiso de actualización bienal de dicho inventario.

Durante 2020 y 2021 se ejecutó el proyecto '**Catalizar la implementación local de la acción climática: liberar el potencial de las ciudades**', financiado por el Departamento de Estrategia Empresarial, Energética e Industrial (BEIS) del Reino Unido, del programa UK PACT (Partnering for Accelerated Climate Transitions, o Alianza para Transiciones Climáticas Aceleradas); contando con la participación del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS); y el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). Como parte de las actividades del proyecto, se desarrollaron Inventarios de GEI para todos los municipios del Valle de Aburrá siguiendo la "Guía para la Elaboración de Inventarios de GEI en Ciudades Colombianas". Dentro de los resultados, el Municipio de Medellín ha jugado un papel importante al ser éste el que alberga a la mayoría de población del Valle de Aburrá y por tanto el responsable de la mayor cantidad de emisiones de contaminantes atmosféricos.

De manera paralela, a nivel mundial se viene resaltando la seriedad de las consecuencias que el cambio climático, derivado del aumento de la temperatura global, está y seguirá generando en la calidad de vida de las personas y en la permanencia y bienestar de la biodiversidad, tal como la conocemos hoy. Es por esto, que en el 2014 Medellín suscribe el

“Pacto Global de Alcaldes por el Clima y la Energía” en la Cumbre del Clima de Naciones Unidas en Nueva York, bajo el liderazgo del Grupo de Liderazgo Climático de Grandes Ciudades C40, Gobiernos Locales para la Sostenibilidad (ICLEI) y Ciudades y Gobiernos Locales Unidos (UCLG), con el apoyo de ONU-Hábitat, la principal agencia de Naciones Unidas sobre asuntos urbanos (UN, 2015). Este pacto, constituye una alianza internacional de ciudades y gobiernos locales que promueven acciones voluntarias para hacerle frente al cambio climático.

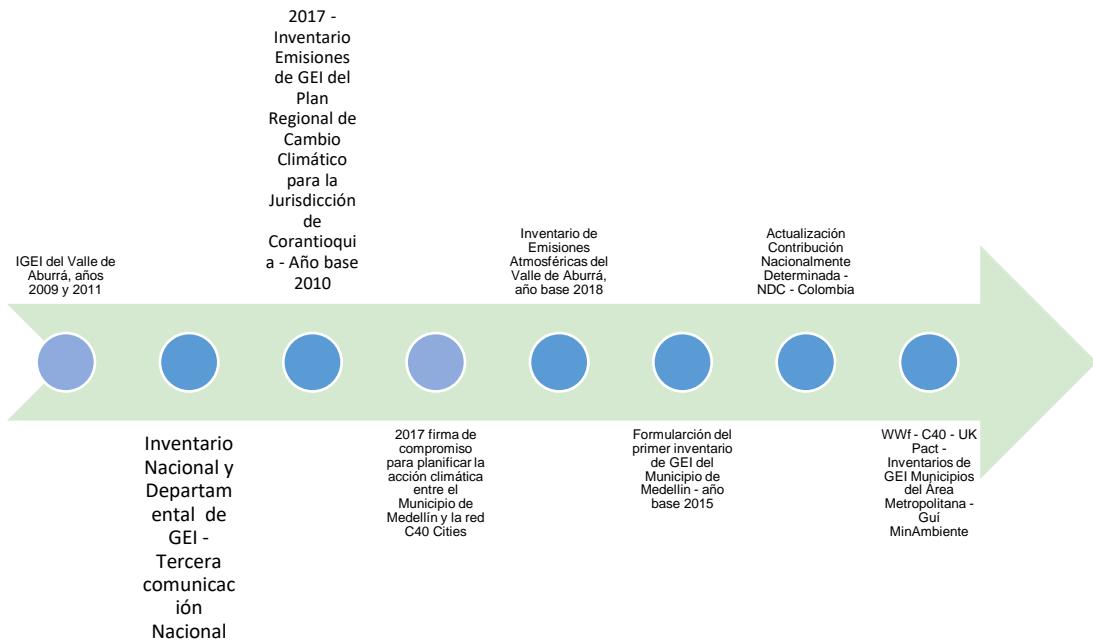


Figura 1. Acciones que se han venido desarrollando en la planificación climática a nivel nacional, departamental y regional.

Como miembro de C40 Cities, Medellín se compromete con los objetivos del *Nuevo acuerdo verde global – Global Green New Deal*, además de fomentar una recuperación verde y justa de todos los retos impuestos por la pandemia por la Covid 19- En este contexto, C40 Cities publica en 2021 sus nuevos estándares de liderazgo, los cuales deben ser implementados entre 2021 y 2024 por las ciudades miembro. Particularmente, el estándar de liderazgo #1 indica que la ciudad adoptará el Plan de Acción Climática que aborde tanto la mitigación como la adaptación alineado con la ambición de 1,5°C del Acuerdo de París, el cual deberá ser además actualizado periódicamente. La manera como será medido este primer componente, además de la actualización propia del PAC, será mediante la actualización bienal del inventario de GEI (basado en datos de no más de 3 años).

Adicionalmente, el estándar de liderazgo #2 establece que en el 2024 la ciudad se mantiene en el camino de cumplir las metas de su PAC, contribuyendo a una mayor resiliencia, a resultados equitativos y a la reducción a la mitad en 2030 de las emisiones totales del C40. En este punto, la actualización de los inventarios de GEI juegan nuevamente un papel

fundamental ya que permitirán demostrar que las emisiones van camino a alcanzar los objetivos climáticos de la ciudad para el 2030, o que ha hecho todo lo posible por alcanzarlos, esto gracias al análisis de las trayectorias de las emisiones de GEI propias del territorio evidenciadas en los inventarios.

La manera como C40 dará seguimiento de forma automática a todos estos compromisos será mediante la participación y respuesta anual de la ciudad en la Plataforma Carbon Disclosure Project (CDP), en la cual deberán ser actualizados de manera constante no solo los inventarios de GEI sino también todas las acciones que la ciudad adelante en materia de cambio climático.

4. METODOLOGÍA DE CALCULO DE EMISIONES DE GEI

4.1 DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO DE REPORTE GPC

El método de reporte Protocolo Global para Inventario de Emisiones de Gases Efecto Invernadero a Escala Comunitaria (GPC) es la primera metodología global para la medición y relatoría de las emisiones de GEI de las ciudades, desarrollado por WRI, C40 e ICLEI, con auxilio del Banco Mundial, ONU Hábitat y el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). Su lanzamiento se realizó en la COP 20 (Lima, Perú) el 8 de diciembre de 2014 ante la presencia de Alcaldes y Oficiales de Ciudades de todo el mundo (ICLEI, 2014).

El GPC sigue los principios de cálculo establecidos por las directrices para Inventarios Nacionales de GEI propuestos por el Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC, 2006), lo que hace de éste un método de reporte robusto y claro, que permite estandarizar prácticas confiables de recolección y relatoría de las emisiones, de manera que las ciudades puedan desarrollar una base de datos, establecer metas de mitigación, formular planes de acción climática y acompañar su progreso a lo largo de los años (ICLEI, 2014). Adicional a esto, al realizar el reporte de sus emisiones bajo el GPC, la ciudad busca facilitar la integración y conciliación de la información recopilada con otras instancias nacionales e internacionales, facilitando la lectura de las mismas y mejorando las probabilidades de acceder a fuentes de financiamiento climático (ICLEI, 2014).

Un inventario realizado bajo el método de reporte GPC categoriza las emisiones en cinco sectores principales, cada uno de los cuales está dividido a su vez en subsectores; dicha clasificación y sub-clasificación está consignada en la Figura 2. La metodología da la opción de abarcar niveles de reporte BÁSICO o BÁSICO+. El nivel de reporte BÁSICO comprende los sectores de *Energía Estacionaria, Transporte y Residuos*, siendo éstas las fuentes de emisión que ocurren en la mayoría de las ciudades. El nivel de reporte BÁSICO+ incluye, además de los tres sectores ya mencionados, los sectores de Agricultura, Silvicultura y Otros Usos del

Suelo (AFOLU, por sus siglas en inglés) y Procesos Industriales y Uso de Productos (IPPU, por sus siglas en inglés).

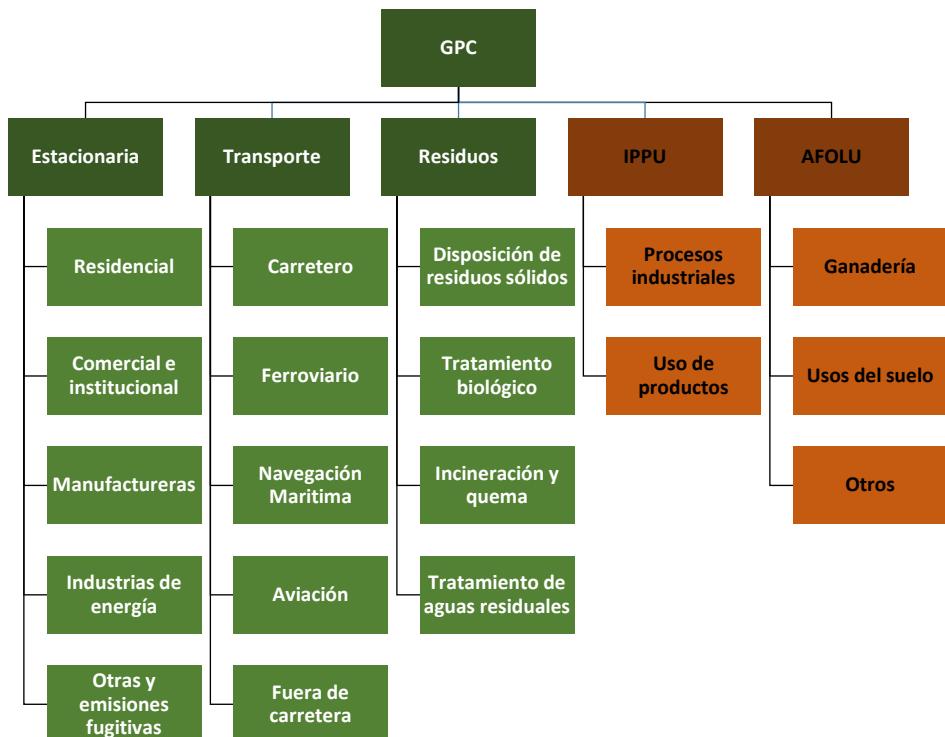


Figura 2. Sectores y subsectores utilizados para la clasificación y cuantificación de emisiones de un inventario GEI. Los colores más oscuros (Estacionaria, Transporte, Residuos, IPPU y AFOLU) corresponden a los sectores, los colores más claros a los subsectores. En color verde se encuentran los sectores y subsectores requeridos para un inventario nivel BÁSICO. Por su parte los sectores y subsectores en color verde + naranja serían los requeridos para un inventario BÁSICO+. Fuente: (**C40 Cities, 2017**)

De otra parte, en enfoque de Alcances del reporte permite diferenciar las emisiones de GEI que ocurren tanto dentro, como fuera del territorio que conforma el área de estudio. Para permitir la distinción del lugar de las emisiones de GEI, el GPC las agrupa en tres categorías, definidas en función del lugar en donde se producen: Alcances 1, 2 y 3. La Tabla 1 presenta las definiciones de cada uno de los alcances y la Figura 3 muestra de manera gráfica la distribución de las emisiones en la relación con los alcances de reporte.

Tabla 1. Definiciones de los alcances 1, 2 y 3

Alcance	Definición
Alcance 1	Emisiones de GEI provenientes de fuentes situadas dentro de los límites de la ciudad
Alcance 2	Emisiones de GEI que se producen como consecuencia de la utilización de energía, calor, vapor y/o enfriamiento suministrado en red.

Alcance	Definición
Alcance 3	El resto de las emisiones de GEI que se producen fuera de los límites de la ciudad, como resultado de las actividades que tienen lugar dentro de los límites de la ciudad

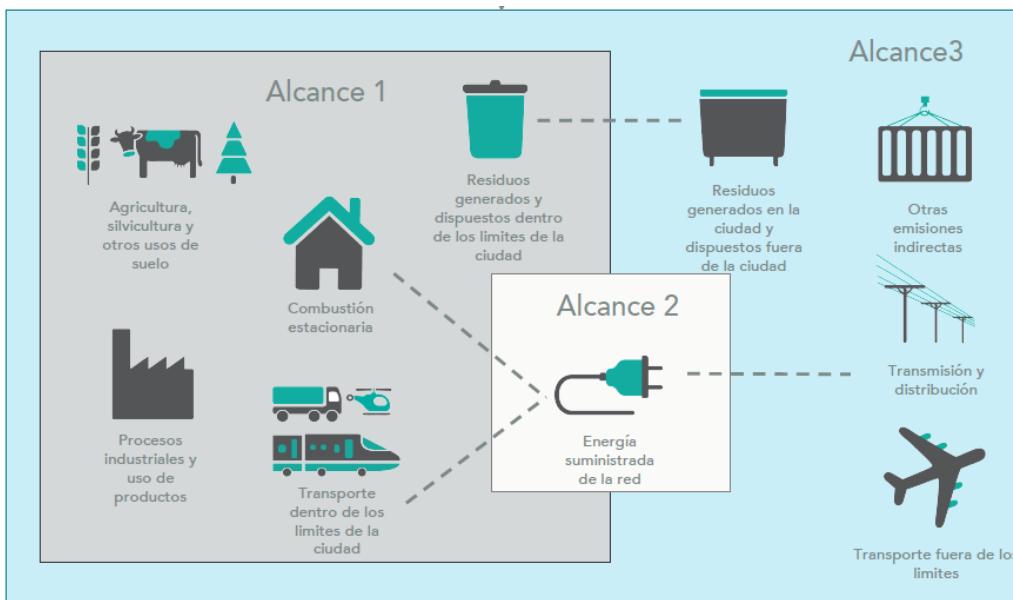


Figura 3. Fuentes de emisión para alcances 1, 2 y 3 en el nivel de reporte BÁSICO+. El área gris corresponde a la región de estudio o límite geográfico de la ciudad. Fuente: (**C40 Cities, 2017**)

Adicionalmente, entendiendo que las emisiones para algunos subsectores pueden ser difíciles de calcular por la complejidad para acceder a la información, o simplemente porque las emisiones no ocurren para dicho subsector, el GPC recomienda el uso de unas claves de notación (Tabla 2) que permiten dar aclaraciones de las razones por las cuales dichas emisiones no fueron calculadas

Tabla 2. Claves de notación

Clave de notación	Definición	Anotación
IE	Incluida en otro lugar	Las emisiones de GEI para esta actividad se han estimado y se presentan en otra categoría del inventario. Esa categoría debe indicarse en la explicación.
NE	No estimada	Emisiones que ocurren, pero que no se han estimado o reportado; la justificación para la exclusión se debe indicar en la explicación.
NO	No ocurre	Una actividad o proceso que no ocurre dentro de una ciudad.
C	Información confidencial	Las emisiones de GEI podrían conllevar a la divulgación de información confidencial y, por lo tanto, no pueden ser reportadas.

Finalmente, para realizar la recopilación ordenada de toda la información necesaria para el Inventario de GEI, C40 Cities pone a disposición de los equipos de trabajo un “*Sistema de Información y Reporte del Inventario de una Ciudad*” (–CIRIS, por sus siglas en inglés) (Figura 4). CIRIS es una herramienta desarrollada en una hoja de cálculo *Microsoft Excel*, que es accesible, fácil de usar y flexible para gestionar y reportar los datos del Inventario GEI de una ciudad. Basada en el GPC, la herramienta facilita la transparencia en el cálculo y reporte de emisiones para todos los sectores; asegura la accesibilidad a través de descarga gratuita y facilita el reporte directo en las plataformas CDP y Carbonn, las cuales buscan recopilar y divulgar información climática y ambiental que permitan tomar decisiones informadas para hacerle frente a los efectos del cambio climático (C40, 2018; CDP, 2018; Carbonn, 2018).



Figura 4. Plataforma de reporte CIRIS. Fuente: (C40 Cities, 2017)

Se debe señalar que para todos los cálculos realizados a través de CIRIS, análisis se tienen en cuenta los valores de “potencial de calentamiento global” (GWP, por sus siglas en inglés) establecidos en el Quinto Informe de Evaluación del IPCC (AR5) (Tabla 3) cargados, por defecto, en la aplicación.

Tabla 3. Potencial de calentamiento global para los Gases Efecto Invernadero tenidos en cuenta en los inventarios presentados.

GEI	GWP
CO ₂	1
CH ₄	28
N ₂ O	265

4.2 GUÍA PARA ELABORACIÓN O ACTUALIZACION DE INVENTARIOS DE EMISIONES DE GEI EN CIUDADES COLOMBIANAS – GUÍA MADS

Como se mencionó anteriormente, el Departamento de Estrategia Empresarial, Energética e Industrial (BEIS) del Reino Unido, del programa UK PACT (Partnering for Accelerated Climate Transitions, o Alianza para Transiciones Climáticas Aceleradas); contando con la

participación del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS); y el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM); desarrollaron la “Guía para elaboración o actualización de Inventarios de GEI en ciudades Colombianas” – Guía MADS, con el ánimo de brindarles a los gobiernos locales de las ciudades de Colombia un protocolo y herramienta para el cálculo y reporte del inventario de emisiones y absorciones de GEI fácil de usar, y que permita asegurar la calidad y comparabilidad de los resultados entre los inventarios de las ciudades con el inventario nacional de emisiones de GEI.

Tanto la guía del MADS como el GPC tienen sus cimientos en la metodología de cálculo del IPCC para inventarios nacionales, lo cual las hace compatibles y en, cierta medida, comparables, sin embargo, el formato de reporte de la información presenta apuestas diferentes. Por consistencia metodológica y de acuerdo con los compromisos locales, Medellín opta por hacer su reporte de emisiones de GEI bajo el estándar GPC. No obstante, para mantener un marco comparativo con los otros municipios del Área Metropolitana del Valle de Aburrá se procura presentar conjuntamente los resultados bajo ambos métodos y retomar fuentes de información y enfoques metodológicos promovidos por la guía publicada por el MADS para el cálculo de emisiones en la actualización de inventarios de GEI.

Considerando la anterior premisa, y buscando garantizar coherencia entre la contabilización de emisiones locales estimadas en la línea base del año 2015 y la actualización del período 2016-2019, se procura hacer un recálculo de las estimaciones realizadas para el primer año ajustando algunos determinantes metodológicos, de acuerdo con las diferencias señaladas en el siguiente cuadro:

Tabla 4. Diferencias y ajustes adoptados frente a la forma de contabilización y reporte de la información entre el GPC y la guía MADS

Sector / Subsector	GPC – Guía MADS
Energía Estacionaria	<p>En términos generales. Ambas guías manejan el reporte del sector de manera similar. Sin embargo, de manera particular para el consumo de leña en hogares rurales el GPC lo incluye dentro de este sector mientras que la guía MADS lo contabiliza en el sector de AFOLU.</p> <p>La guía MADS no contempla las emisiones fugitivas y por quema de combustibles que ocurren durante actividades de minería de carbón, gas natural y petróleo, y las emisiones por pérdidas ocurridas en la transmisión y distribución de la energía eléctrica consumida en la ciudad (emisiones de alcance 3)</p>
Transporte	<p>La guía MADS, a diferencia del GPC, no contempla las emisiones de alcance 3, es decir aquellas que se producen fuera de los límites de la ciudad, como resultado de las actividades que tienen lugar dentro de los límites de la ciudad. Particularmente para los inventarios acá presentados no contempla las emisiones asociadas a vuelos nacionales e internacionales (pertenecientes a alcance 3)</p>

Sector / Subsector	GPC – Guía MADS
	En la guía MADS el método de cálculo de las emisiones en el sector transporte es por defecto el de “venta de combustibles”, mientras que el GPC presenta otras opciones en caso de que se cuente con información más ajustada. Para el caso local, sin embargo, el método usado es el de “venta de combustibles”.
Residuos	<p>En el primer inventario desarrollado por la ciudad, 2015 se había realizado los cálculos de este sector siguiendo la metodología de “compromiso de metano”, la cual utiliza un enfoque de ciclo de vida y de balance de masas y calcula las emisiones de vertido en función a la cantidad de residuos depositados en un año determinado, independientemente de cuando ocurren realmente las emisiones (una parte de las emisiones se liberan cada año después de que los residuos se disponen).</p> <p>Sin embargo, el ejercicio realizado con la Guía del MADS, se basó en la metodología de “descomposición de primer orden – FOD”, el cual contabiliza los GEI emitidos en realidad ese año, independientemente de cuando se dispusieron los residuos</p> <p>Por tanto, y con el ánimo de seguir la línea de reporte sugerida a nivel nacional, se realizó el cálculo completo del sector, adoptando la nueva metodología (FOD)</p>
IPPU	Por imposibilidad en la recolección de información fiable y actualizada se decidió no incluir el cálculo de este sector para los nuevos inventarios
AFOLU	En términos generales la estructura de reporte de este sector es homóloga tanto en GPC como en la guía MADS (para los subsectores reportados). Ya sea GPC o la guía MADS hacen variaciones en el modo y subcategorías como reportan las emisiones y remociones del sector.

4.3 CÁLCULO DE EMISIONES

El método de cálculo y reporte del GPC se soporta en la metodologías de cálculo establecida por el (IPCC, 2006) en sus directrices para los inventarios nacionales de GEI, las cuales se basan de manera general en la multiplicación de un dato de actividad, que da cuenta de la intensidad de las actividades generadoras de emisiones, por un factor de emisión que presenta la relación de generación de emisiones de GEI (Ecuación 1).

Ecuación 1

$$\text{Emisiones de GEI} = \text{Datos de actividad} * \text{Factor de emisión}$$

CIRIS simplifica el proceso de cálculo de emisiones de cada sector definido por GPC al incorporar las fórmulas avaladas por el IPCC en un macro. El proceso de cálculo implica, por tanto, el suministro de información relacionada la actividad generadora y los factores de emisiones identificados para la misma. CIRIS viene configurada con los valores de “potencial de calentamiento global de cada uno de los informes de evaluación del IPCC, de tal manera que la ciudad seleccione los adecuados para el caso en particular. Cuenta, de igual manera,

con una amplia gama de factores de conversión que permite el cambio de unidades de manera automática dentro de la misma herramienta.

En contraste, la aplicación no incluye factores de emisión por defecto, por lo que su identificación y carga corresponde a la ciudad. Además, dado que en algunas ocasiones la información disponible puede estar dada bajo diferentes presentaciones, CIRIS aporta unas calculadoras para estimar las emisiones provenientes de: 1) Fugas de gas, 2) Disposición de residuos sólidos, 3) tratamiento biológico de residuos, 4) incineración y quemadas a cielo abierto de residuos sólidos y 5) aguas residuales.

Por otro lado, la herramienta presentan resultados bajo diferentes formatos y enfocados en todos los aspectos importantes de un inventario, como son resultados por alcances, por sectores y subsectores, por indicadores de intensidad (área, PIB y per cápita), por nivel de reporte (BASICO, BASICO+ y territorial). Cuenta, además, con un apartado que permite el registro histórico de los valores de inventarios pasados con el fin de tener una gráfica de evolución de las emisiones de la ciudad en el tiempo.

4.4 ÁREA DE ESTUDIO Y COBERTURA TEMPORAL

Para la realización de este inventario se tuvo en cuenta la jurisdicción geográfica del Municipio de Medellín, incluyendo las zonas urbanas y rurales, bajo los años 2016 a 2019 como referente temporal.

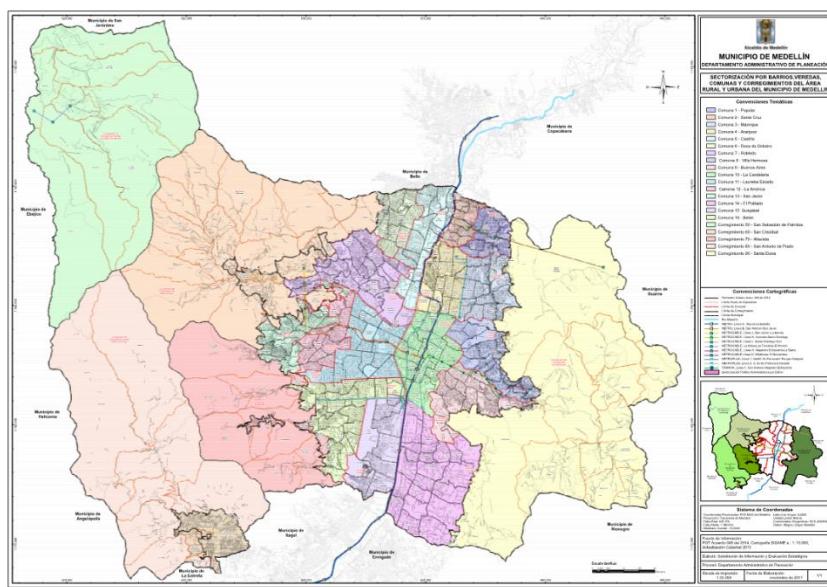


Figura 5. Delimitación político – administrativa del Municipio de Medellín. Fuente: (**Alcaldía de Medellín, 2018**)

El Municipio de Medellín (

Figura 5) constituye la segunda ciudad más importante de Colombia en términos de PIB y, a su vez, constituye la capital del departamento de Antioquia. Se localiza en una altitud media de 1475 msnm. Su área es de 380,64 km², repartidos en 105,02 km² de suelo urbano, 270,42 km² de suelo rural y 5,2 km² de suelo de expansión urbana (Alcaldía de Medellín, 2018). Según el Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas (DANE), para el año 2015 Medellín contaba con una población de 2.464.322 habitantes, lo que la hace la segunda ciudad más poblada de Colombia y la más representativa en términos poblacionales del Valle de Aburrá, al albergar el 65,2% de toda la población asentada en esta región (DANE, 2018). Es importante resaltar que el Municipio de Medellín se encuentra en un proceso de conurbación con los otros municipios del Valle de Aburrá, lo que implica que las dinámicas de estos se entrelazan y la realidad del municipio se encuentra inmersa dentro de una serie de procesos metropolitanos.

4.4 CALIDAD Y VERIFICACIÓN DE DATOS

La herramienta CIRIS exige, para su correcto diligenciamiento, la consignación de las referencias de todos los datos usados (datos de actividad, factores de emisiones, suposiciones en caso de que existan, escalamiento y/o extrapolación de datos). Adicionalmente, el Municipio de Medellín evaluó la calidad, tanto de los datos de actividad como de los factores de emisión utilizados (Tabla 5) en función del grado en que dichos datos reflejen la situación geográfica, su tiempo o antigüedad, tecnología, fuente de emisión, límite de estimación, fiabilidad y verificabilidad de los mismos con respecto a los límites establecidos. Dicha evaluación es responsabilidad de la persona encargada de adelantar los cálculos de inventario, y responden a su criterio de experticia en el tema.

Tabla 5. Indicadores de calidad global. Fuente: (WRI; C40 Cities; ICLEI, 2014)

Calidad de los datos	Datos de actividad	Factores de emisión
Alta	Datos detallados de actividad	Factores específicos de emisión
Media	Datos de actividad modelados utilizando supuestos sólidos	Factores de emisión más generales
Baja	Datos de actividad inciertos o altamente modelados	Factores predeterminados de emisión

5. ESPECIFICACIONES DE RECÁLCULO INVENTARIO 2015

A continuación (Tabla 6), se presentan los resultados detallados del inventario de año base 2015, tomando como referencia las estimaciones del ejercicio realizado en 2019 y el ajuste realizado de acuerdo con la adopción de los lineamientos la “Guía para elaboración o actualización de Inventarios de GEI en ciudades Colombianas” – Guía MADS, y la adopción

de las fuentes de información usadas en la contabilización de GEI de los municipio del Área Metropolitana del Valle de Aburrá.

Tabla 6. Resultados desagregados por alcances, sectores y niveles de reporte para los inventarios 2015 original y recalculado. Todos los valores están dados en tonCO₂eq.

2015 original	Alcance 1	Alcance 2	Alcance 3	BÁSICO	BÁSICO+
Energía estacionaria	623.246	711.908	141.741	1.335.154	1.476.895
Transporte	1.470.258	12.425	53.279	1.482.683	1.535.962
Residuos	114.896		428.603	543.499	543.499
IPPU	171.739				171.739
AFOLU	801.851				801.851
Totales (tonCO₂eq)	2.208.400	724.333	623.623	3.361.336	4.529.946

2015	Alcance 1	Alcance 2	Alcance 3	BÁSICO	BASICO+ (parcial)
Energía estacionaria	493.560	598.178	27.278	1.091.738	1.119.016
Transporte	1.495.426	11.989	46.745	1.507.415	1.554.160
Residuos	1.819		482.453	484.272	484.272
AFOLU	81.667				81.667
Totales (tonCO₂eq)	2.072.472	610.166	556.476	3.083.425	3.239.115

La Tabla 7, muestra el detalle de los puntos específicos de cambio o recálculo, que dan origen al nuevo inventario para el año 2015. En términos generales, se presentan cambios en el uso de unidades tanto para factores de emisión como para datos de actividad.

Tabla 7. Puntos específicos de recálculo para el inventario 2015

Sector	Puntos de recálculo
Energía Estacionaria	<ul style="list-style-type: none"> Para energía eléctrica se cambió de fuente de información SUI – Sistema Único de Información de Servicios Públicos Domiciliarios a EPM – Empresas Públicas de Medellín, debido a la consistencia y confiabilidad de los datos. Para el subsector de “Industrias Manufactureras y de la Construcción”, se disminuyeron la cantidad de combustibles reportados, dejando los más representativos y aquellos que tuvieran continuidad en la medición para años posteriores. Se descartaron las emisiones provenientes de los territorios pertenecientes a la jurisdicción de Corantioquia, dada la discontinuidad de los datos para años posteriores.
Transporte	<ul style="list-style-type: none"> Se actualiza la fuente de información para Gas Natural Vehicular a la UPME – Unidad de Planeación Minero Energética.
Residuos	<ul style="list-style-type: none"> Se modifica la metodología de cálculo, pasando de un enfoque de contabilidad de “compromiso de metano” a “descomposición de primer orden”. Adicionalmente, se incluyen los subsectores de Incineración y quema a cielo abierto, que no se consideraron en la primera versión del inventario 2015.

Sector	Puntos de recálculo
IPPU	<ul style="list-style-type: none"> • No se tuvo en cuenta para esta nueva versión del inventario, por ausencia de datos.
AFOLU	<p>El sector de AFOLU también tuvo cambios significativos</p> <ul style="list-style-type: none"> • En los subsectores de fermentación entérica y gestión del estiércol, se reorganizó la clasificación del ganado, de tal manera que las categorías coincidieran con las propuestas para años posteriores. • Para datos de deforestación, se toma como fuente oficial al IDEAM y la cartografía generada por el sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono, de tal manera que permita la trazabilidad para años posteriores. • En cuanto a plantaciones, se tomaron los datos publicados por el anuario estadístico de Antioquia • Se incluyen estimaciones respecto al arbolado urbano y a procesos de restauración

El recálculo se expresa en una reducción de 277.911 tonCO₂eq en la estimación de la línea base de 2015, para un nivel BASICO. Naturalmente, al no incluir la contabilización del sector IPPU no es posible hacer una comparación frente a los resultados de nivel BÁSICO +. Sin embargo, vale la pena destacar que el cambio en la perspectiva metodológica implica una reducción de 720.184 tonCO₂eq respecto al cálculo inicial, lo que en efecto incide de gran manera sobre los valores absolutos pero permite generar consistencia con los resultados de la actualización y lo inventarios regionales.

El cambio en las fuentes de información implicó, también, una reducción respecto a las emisiones inicialmente calculadas para el sector Energía Estacionaria en sus tres alcances, pero que son especialmente notables en el Alcance 3, debido a los cambios en la contabilización de emisiones fugitivas. El sector Transporte, a pesar de los cambios en una de las fuentes de información mantiene consistencia.

En contraste, la adopción de la metodología de “descomposición del primer orden” y los cambios en los subsectores de Incineración y quema a cielo abierto incidieron en la reducción de las emisiones asociadas al sector de Residuos. En los siguientes apartes se presentará un balance del cambio en las emisiones generadas y la evolución en el comportamiento de cada sector y subsector en el período 2015-2019.

6. RESULTADOS GENERALES

6.1 EMISIONES TOTALES

La Tabla 8 presenta los resultados desagregados por años (2015 – 2019), por alcances, por nivel de reporte y sectores.

Tabla 8. Resultados totales generales discriminados por sector, alcance y nivel de reporte para cada uno de los años evaluados. Todos los resultados están dados en TonCO₂eq

2015	Alcance 1	Alcance 2	Alcance 3	BÁSICO	BASICO+ (parcial)
Energía estacionaria	493.560	598.178	27.278	1.091.738	1.119.016
Transporte	1.495.426	11.989	46.745	1.507.415	1.554.160
Residuos	1.819		482.453	484.272	484.272
AFOLU	81.667				81.667
Totales (tonCO ₂ eq)	2.072.472	610.166	556.476	3.083.425	3.239.115

2016	Alcance 1	Alcance 2	Alcance 3	BÁSICO	BASICO+ (parcial)
Energía estacionaria	514.541	644.763	48.873	1.159.304	1.208.177
Transporte	1.560.356	18.092	45.196	1.578.448	1.623.644
Residuos	2.190		474.058	476.248	476.248
AFOLU	90.039				90.039
Totales	2.167.126	662.855	568.127	3.214.000	3.398.109

2017	Alcance 1	Alcance 2	Alcance 3	BÁSICO	BASICO+ (parcial)
Energía estacionaria	502.660	337.507	23.625	840.167	863.792
Transporte	1.600.790	9.939	43.230	1.610.729	1.653.958
Residuos	2.266		533.194	535.460	535.460
AFOLU	55.958				55.958
Totales	2.161.673	347.445	600.049	2.986.356	3.109.168

2018	Alcance 1	Alcance 2	Alcance 3	BÁSICO	BASICO+ (parcial)
Energía estacionaria	485.416	398.768	28.751	884.184	912.935
Transporte	1.620.337	11.490	37.633	1.631.827	1.669.460
Residuos	2.315		605.646	607.961	607.961
AFOLU	49.601				49.601
Totales	2.157.669	410.258	672.030	3.123.972	3.239.957

2019	Alcance 1	Alcance 2	Alcance 3	BÁSICO	BASICO+ (parcial)
Energía estacionaria	487.247	496.665	37.598	983.912	1.021.509
Transporte	1.676.029	14.573	35.354	1.690.602	1.725.957
Residuos	2.366		645.964	648.329	648.329
AFOLU	43.614				43.614
Totales	2.209.256	511.238	718.916	3.322.844	3.439.409

En líneas generales se evidencia una tendencia creciente en las emisiones totales, con una pequeña curva de disminución de las emisiones entre los años 2016 – 2017, la cual tiene varias explicaciones, entre ellas la disminución en el factor de emisión de la energía eléctrica distribuida en red. Los detalles particulares se trataran a profundidad en el capítulo de cada uno de los sectores.

Dicho quiebre en las emisiones se ve con mayor claridad en el sector de energía estacionaria dado que es el sector con mayor representatividad al incluir el consumo de energía eléctrica, sin embargo los valores muestran una tendencia de crecimiento. Por su parte el sector transporte es el que más claramente crece en emisiones, siendo el sector responsable de la mitad de las emisiones para todos los años de inventario. Finalmente, el sector residuos si bien es el menos impactante en términos porcentuales, con respecto a los dos primeros sectores, sus emisiones crecen de manera constante para los años evaluados, dejando clara la problemática del sector y su impacto en las emisiones netas de la ciudad.

La Tabla 9 presenta los resultados de los inventarios en términos de intensidad, en relación de emisiones per cápita, emisiones por unidad de área y emisiones por unidad de PIB, para cada uno de los años evaluados. Se puede observar que, en relación a la población las emisiones se mantienen constantes en el período evaluado; en el caso de las emisiones por unidad de área se aprecia un crecimiento absoluto en las emisiones. En cuanto a la relación de emisiones por unidad de PIB, se presenta una reducción de la intensidad de las emisiones entre 2015 y 2019, consistente con el crecimiento del valor agregado municipal.

Tabla 9. Indicadores de intensidad de emisiones para cada uno de los años evaluados.

Año	Indicadores de intensidad	Per cápita	Por unidad de área (km ²)	Por unidad de PIB (US\$m)
2015	Emisiones (ton CO ₂ eq)	1.3	8.101	186
2016		1.3	8.444	200
2017		1.2	7.846	171
2018		1.3	8.207	168
2019		1.3	8.730	182

Cabe aclarar que los datos base usados para el cálculo de las emisiones por unidad de área corresponde a los 381 km² de área oficial del municipio, mientras que los datos de PIB están dados en millones de dólares. En caso de requerirse, estos datos pueden ser consultados en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..** Del mismo modo, se destaca que las variaciones particulares en cada medida de intensidad presentada, evidencia un patrón de crecimiento de las emisiones, en relación al aumento poblacional de la ciudad y al aumento del poder adquisitivo sus habitantes.

6.2 EMISIONES POR ALCANCES

En la Figura 6 se presentan cada una de las participaciones de los alcances correspondientes a las emisiones. Siendo el Alcance 1 (Emisiones de GEI provenientes de fuentes situadas dentro de los límites de la ciudad) el que mayor representatividad tiene para todos los años evaluados. Es decir que en el territorio municipal se desarrollan las actividades responsables del 68% de las emisiones de GEI. El Alcance 2 (Emisiones de GEI que se producen como consecuencia de la utilización de energía, calor, vapor y/o enfriamiento suministrado en red) representa el 16% de las emisiones, mientras que el Alcance 3 (El resto de las emisiones de GEI que se producen fuera de los límites de la ciudad, como resultado de las actividades que tienen lugar dentro de los límites de la ciudad) representan el 17% de las emisiones contabilizadas en este inventario.

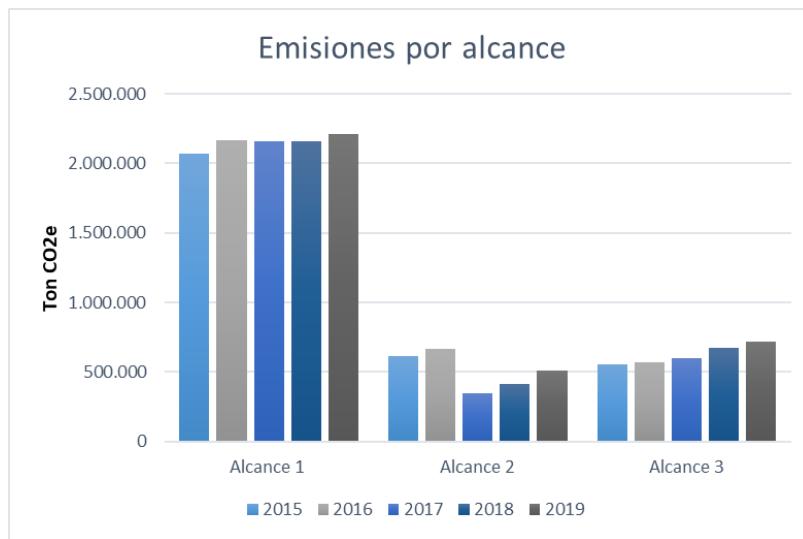


Figura 6. Participación porcentual de cada uno de los alcances (Tabla 1) en la sumatoria total de emisiones de GEI para Medellín y el Valle de Aburrá.

La alta representación de las emisiones de Alcance 1 está determinada por el consumo de combustibles asociados al sector transporte y el gas natural, GLP y demás combustibles fósiles consumido con fines domésticos, industriales e institucionales. En el caso de Alcance 3 ha preponderancia de las emisiones generadas por disposición de residuos en el relleno sanitario localizado por fuera de los límites del municipio.

6.3 EMISIONES DE GEI POR SECTOR Y SUBSECTOR

6.3.1 Energía Estacionaria



El sector de Energía Estacionaria es uno de los sectores más representativos en el conteo de las emisiones de GEI. Dichas emisiones provienen de la quema de combustibles en los subsectores de la industria, comercial/institucional y residencial, así como las emisiones fugitivas liberadas en el proceso de generación, suministro y consumo de formas útiles de energía (electricidad/calor/gas natural) (WRI; C40 Cities; ICLEI, 2014).

6.3.1.1 Fuentes de información y datos de actividad

Los datos de actividad recopilados para los inventarios provienen de fuentes fiables y seguras que, además, cumplen los límites temporales y geográficos especificados. A la hora de definir los datos de actividad necesarios para el cálculo de las emisiones, se analizaron los actores que tenían una incidencia mayor en las emisiones del territorio. A cada uno de ellos se le solicitó de manera formal la información, especificando unidades requeridas, horizonte temporal, límite geográfico, suposiciones e incertidumbres, diferencias conocidas y nombre de contacto.

Para contabilizar emisiones del sector de Energía Estacionaria se trabajó con información proporcionada por Empresas Públicas de Medellín (EPM) y la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME), en referencia a los consumos de electricidad, gas natural, Gas Licuado de Petróleo (GLP) y porcentaje de pérdidas en los procesos de transmisión y distribución de energía en la red, en los subsectores residencial, comercial/institucional y alumbrado público, además de información relacionada con la contabilización de las emisiones fugitivas.

Adicional a esto, el Área Metropolitana del Valle de Aburrá (AMVA) facilitó toda la información relacionada con los consumos de combustibles en fuentes fijas (industria) (ver Tabla 10). Toda la información a la que se hace referencia, se encuentra igualmente consignada en los archivos de Excel – CIRIS, ANEXOS a este documento. Finalmente, se recurrieron a estimaciones realizadas usando la herramienta para elaboración de inventarios GEI en ciudades colombianas para determinar el consumo de leña en hogares rurales.

En términos generales, se destaca la tendencia creciente en el aumento del consumo de electricidad y gas natural en los sectores residencial e institucional de la ciudad, mientras que para industrias manufactureras y de la construcción hay una disminución en el consumo de este último. Se observa también una disminución en el uso de GLP para los sectores residenciales e institucionales, pero un aumento de su consumo en el sector industrial.

Tabla 10. Información detallada que se usó en el cálculo de las emisiones de GEI del sector de Energía Estacionaria.

Energía Estacionaria							
Subsector	Tipo de combustible	2.015	2016	2017	2018	2019	Un.
Edificios residenciales	Gas Natural	79.795.326	80.238.182	87.729.060	88.650.157	88.865.982	m3
	GLP	24.424.812	18.986.122	17.101.097	19.094.684	17.260.803	kg
	Electricidad	1.394.319.005	1.385.255.664	1.411.004.414	1.410.252.394	1.436.254.599	kWh
Instalaciones comerciales e institucionales	Gas Natural	26.211.004	26.373.299	27.303.066	32.478.187	34.159.088	m3
	GLP	4.832.575	3.848.137	3.550.160	2.985.445	3.485.143	kg
	Alumbrado público	105.200.799	6.386.553	4.856.554	4.308.737	4.028.734	kWh
	Electricidad	1.067.820.442	1.217.497.501	1.199.909.793	1.145.734.237	1.140.093.889	kWh
Industrias manufactureras y de la construcción	Gas Natural	90.048.467	86.227.584	75.987.692	58.472.429	60.088.727	m3
	GLP	332.271	1.588.724	998.533	1.118.889	1.676.394	kg
	Carbón	1.146	15.094	14.919	14.744	14.569	ton
	Madera	127	345	338	331	324	ton
	Residuos de Café	10.340	14.254	13.446	12.637	11.828	ton
	electricidad	438.577.033	367.576.876	364.746.103	394.574.723	405.033.678	kWh
Fuentes no especificadas	Gas Natural	NA	2.093.462	2.228.868	3.066.671	1.884.900	m3
	Electricidad	NA	93.582.612	87.725.649	112.572.254	118.742.327	kWh
Valores estimados	Consumo de leña en edificios residenciales	110	105	105	106	105	ton CO2e
	Perdidas del sistema de distribución de gas natural	9.900	9843	9758	9224	9342	ton CO2e

6.3.1.2 Factores de emisión

Los Factores de Emisión (FE), siguiendo los conceptos planteados por el GPC (WRI; C40 Cities; ICLEI, 2014), son medidas de la masa de emisiones de GEI con respecto a una unidad de actividad. Estos deben ser relevantes para el límite del inventario, específicos para la actividad que se mide y obtenidos de fuentes gubernamentales, industriales o académicas confiables. En caso de no contar con estos, se deberán usar valores estándar de los organismos internacionales que reflejen las circunstancias nacionales.

Los FE usados para la realización de los inventarios se encuentran consignados en la Tabla 11, en el caso de los combustibles, los FE fueron los desarrollados por la UPME y se encuentran publicados en la base de datos de los Factores de Emisión de los Combustibles Colombianos (FECOC) (UPME, 2016).

Tabla 11. Factores de emisión utilizados para la realización del inventario en los sectores de energía Estacionaria. Los FE correspondientes a combustibles sólidos, líquidos, gaseosos y energía eléctrica pueden ser consultados en la calculadora FECOC 2016 de la Unidad de Planeación Minero Energética – UPME. Igualmente todos los factores de emisión están alineados con la Guía para elaboración de inventarios de GEI en ciudades Colombianas, desarrollada por el Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Combustible	Factores de emisión		
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
Madera (kg/t)	1958.4 (b)	0.5094	0.0679
Gas Natural (estacionaria)	1.98	0.0002	0,00000357
GLP	3.0510	0.0002	0,000005
Electricidad	0.21 (b)	-	-
Carbón	2534.8	8.628	0.0431
Borra de café	2222.1 (b)	0.7352	0.098

6.3.1.3 Resultados Sector Energía Estacionaria

En la .



Tabla 12 se presentan los resultados desagregados para cada uno de los subsectores y alcances evaluados, pertenecientes al sector de Energía Estacionaria. Se indican igualmente las respectivas claves de notación (Tabla 2) utilizadas, dependiendo de la condición en la que se encontrara dicha categoría de emisión dentro del contexto municipal.



Tabla 12. Resultados desagregados para cada uno de los subsectores pertenecientes al sector Energía Estacionaria. █ Indican las fuentes necesarias para el reporte del nivel BÁSICO, █ + █ indican las fuentes necesarias para el reporte del nivel BÁSICO +. Por su parte █ indican las fuentes necesarias para el reporte a nivel territorial, pero no para los niveles BÁSICO Y BÁSICO+, █ indican emisiones no aplicables. Las claves de notación son utilizadas en los casos requeridos (IE: incluida en otro lugar, NE: no estimada, NO: no ocurre, C: información confidencial)

No.de ref del GPC	Fuente de emisión de GEI (por Sector y Sub-sector)	2015				2016				2017			
		Total GHGs (metric tonnes CO2e)				Emisiones GEI totales (toneladas CO2e)				Emisiones GEI totales (toneladas CO2e)			
		Alcance 1	Alcance 2	Alcance 3	Total	Alcance 1	Alcance 2	Alcance 3	Total	Alcance 1	Alcance 2	Alcance 3	Total
I.1	Edificios residenciales	233.293	277.469	1.942	512.704	217.531	290.904	22.050	530.485	226.537	155.210	10.865	392.612
I.2	Edificios e instalaciones comerciales e institucionales	66.836	233.431	1.634	301.902	64.148	257.016	19.482	340.645	65.083	132.524	9.277	206.884
I.3	Industrias manufactureras y de la construcción	183.531	87.277	23.701	294.509	218.862	77.191	5.851	301.904	196.856	40.122	2.809	239.786
I.4.1/2/3	Industrias de energía	NO	NO	NO	0	NO	NO	NO	0	NO	NO	NO	0
I.4.4	Generación de energía suministrada a la red	NO	0	0	0	NO	0	0	0	NO	0	0	0
I.5	Agricultura, silvicultura y actividades pesqueras	IE	IE	IE	0	IE	IE	IE	0	IE	IE	IE	0
I.6	Fuentes no-especificadas	NO	NO	NO	0	4.158	19.652	1.490	25.300	4.427	9.650	675	14.752
I.7	Emisiones fugitivas del carbón	NO	0	0	0	NO	0	0	0	NO	0	0	0
I.8	Emisiones fugitivas de la distribución de gas natural	9.900	0	0	9.900	9.843	0	0	9.843	9.758	0	0	9.758
SUB-TOTAL	(marco inducido por la ciudad solamente)	493.560	598.178	27.278	1.119.015	514.541	644.763	48.873	1.208.177	502.660	337.507	23.625	863.792

II.1	Transporte carretero	2018				2019			
		Emisiones GEI totales (toneladas CO2e)				Emisiones GEI totales (toneladas CO2e)			
		Alcance 1	Alcance 2	Alcance 3	Total	Alcance 1	Alcance 2	Alcance 3	Total
I.1	Edificios residenciales	234.570	183.333	13.218	431.121	229.388	229.801	17.396	476.585
I.2	Edificios e instalaciones comerciales e institucionales	73.633	149.506	10.779	233.918	78.500	183.060	13.858	275.417
I.3	Industrias manufactureras y de la construcción	161.899	51.295	3.698	216.892	166.274	64.805	4.906	235.985
I.4.1/2/3	Industrias de energía	NO	NO	NO	0	NO	NO	NO	0
I.4.4	Generación de energía suministrada a la red	NO	0	0	0	NO	0	0	0
I.5	Agricultura, silvicultura y actividades pesqueras	IE	IE	IE	0	IE	IE	IE	0
I.6	Fuentes no-especificadas	6.090	14.634	1.055	21.780	3.743	18.999	1.438	24.180
I.7	Emisiones fugitivas del carbón	NO	0	0	0	NO	0	0	0
I.8	Emisiones fugitivas de la distribución de gas natural	9.224	0	0	9.224	9.342	0	0	9.342
III.2.3	Incineración y quema fuera de la ciudad	485.416	398.768	28.751	912.935	487.247	496.665	37.598	1.021.509



De igual manera en la Figura 7, se presentan estos resultados de manera gráfica. Se puede observar que, para los subsectores evaluados, el subsector residencial es el más representativo en cuanto a emisiones. Por su parte, los GEI emitidos por las emisiones fugitivas, son casi despreciables.

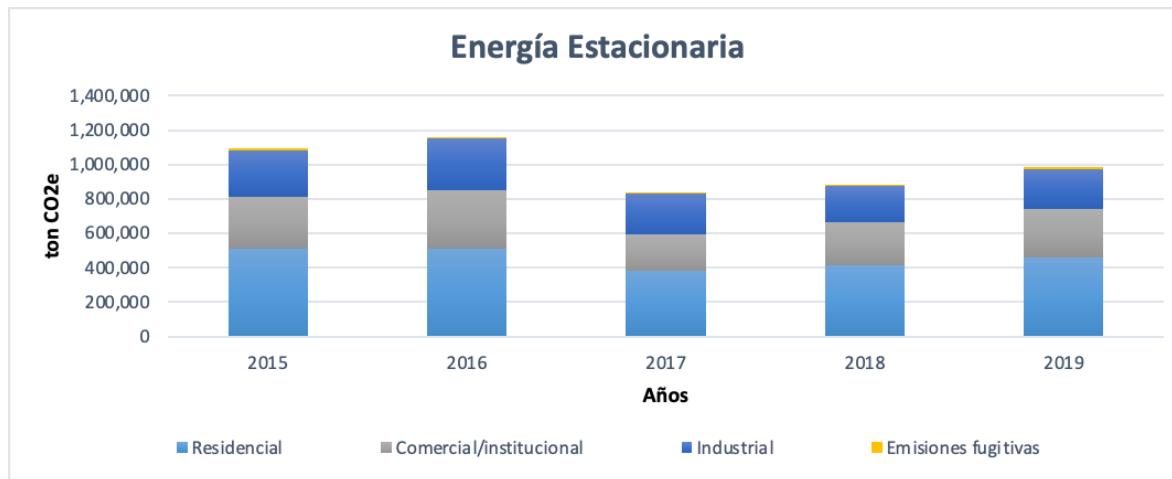


Figura 7. Resultados detallados por subsectores en el sector de Energía Estacionaria. Los datos presentados corresponden a los inventarios nivel BÁSICO

Como se mencionó en líneas pasadas, la disminución en las emisiones entre 2016 – 2017 tienen su explicación en el comportamiento del factor de emisión del Sistema Interconectado Nacional (SIN) (Tabla 13), valores que son calculados y publicados por la UPME según la composición de la matriz de generación para el año evaluado y que, por tanto, son datos oficiales a nivel nacional.

Tabla 13. Factores de emisión del Sistema Interconectado Nacional – SIN. Datos obtenidos de la calculadora FECOC de la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME).

2015	2016	2017	2018	2019
0,199	0,21	0,11	0,13	0,166

Para todos los años inventariados el subsector de edificios residenciales es el más representativo, seguido de edificios e instalaciones comerciales e institucionales. Para estos dos subsectores las emisiones de Alcances 1 y 2 se alternan en importancia indicando la necesidad por un lado de evaluar estrategias para cambio de uso de combustibles fósiles, como gas natural en temas de cocción, además de darle una mayor cabida a fuente de energías renovables en el SIN.

6.3.2 Transporte



El sector de Transporte es también uno de los más representativos en el Municipio de Medellín. Entendiendo los sistemas de transporte como aquellos diseñados para transportar personas y mercancías dentro y fuera de las fronteras de la ciudad, dichos sistemas producen emisiones de GEI directamente por la quema de combustible o indirectamente por el consumo de electricidad suministrado en red (WRI; C40 Cities; ICLEI, 2014). Para el sector Transporte se tuvieron en cuenta los subsectores de transporte en carretera, ferroviario y aviación.

6.3.2.1 Fuentes de información y datos de actividad

Los datos de actividad recopilados para los inventarios provienen de fuentes fiables y seguras y además cumplen los límites temporales y geográficos especificados. A la hora de definir los datos de actividad necesarios para el cálculo de las emisiones, se analizaron los actores que tenían una incidencia mayor en las emisiones del territorio. A cada uno de estos se les solicitó de manera formal la información, especificando unidades requeridas, horizonte temporal, límites geográficos, suposiciones e incertidumbres, diferencias conocidas y nombre de contacto. La metodología de cálculo seleccionada fue el de “venta de combustibles” debido al tipo de información disponible. Adicionalmente, la guía para elaboración de GEI en ciudades Colombianas establece esta metodología por defecto para las ciudades del país y por tanto se busca estar igualmente alineados por ellos.

Para la estimación de las emisiones, se trabajó con información de consumo de combustibles en el municipio de Medellín del período 2015 - 2019 proporcionada por la UPME, . De igual manera, se contabilizó información suministrada por el Metro de Medellín, en relación al consumo energético del sistema de transporte masivo y los consumos de las

electrolineras de EPM. Toda la información a la que se hace referencia, se encuentra consignada en la Tabla 14 y en los archivos de Excel - CIRIS entregados como ANEXO.

Se puede apreciar un aumento en el consumo total de gasolina, diésel, biodiesel y etanol para el subsector de transporte en carretera durante el período evaluado. El consumo de electricidad para el transporte en carretera presenta un aumento significativo entre 2016 y 2018, evidencia del aumento en la circulación de la flota de vehículos eléctricos. En contraste, entre 2015 y 2019 hay una reducción del 22 % en consumo de gas natural. Cabe resaltar que en el subsector de transporte ferroviario se presenta un aumento del consumo eléctrico de 51 % entre 2015 y 2019, producto de la expansión del sistema de transporte masivo.

Tabla 14. Información detallada que se usó en el cálculo de las emisiones de GEI del sector de Transporte.

Transporte							
Subsector	Tipo de combustible	2.015	2016	2017	2018	2019	Un.
Transporte en carretera	Gasolina	108.984.973	111.332.090	113.373.037	113.460.755	117.229.615	gal
	Diésel	55.307.325	52.171.905	53.663.670	54.878.473	57.286.419	gal
	Biodiesel	157.447	5.796.878	5.962.630	6.097.608	6.365.158	gal
	Etanol	243.302	7.106.304	9.858.525	12.606.751	13.025.513	gal
	Gas Natural	46.333.183	45.899.404	42.120.376	36.952.015	36.017.492	m3
	Electricidad	NA	2.390	18.208	31.206	31.206	kWh
Ferroviario	Electricidad	60.243.776	86.151.454	90.331.997	88.350.272	91.051.513	kWh
Aviación	JP - A1	4.689.318	4.452.846	4.321.717	3.739.511	3.480.094	gal

6.3.2.2 Factores de emisión

Los FE usados para la realización de los inventarios se encuentran consignados en la Tabla 15. Los FE fueron los desarrollados por la UPME y hacen parte de la base de datos de los FECOC (UPME, 2016).

Tabla 15. Factores de emisión utilizados para realizar los cálculos de sector de transporte. Todos pueden ser consultados en la calculadora FECOC y se encuentran igualmente alineados con los FE consignados en la Guía para elaboración de inventarios de GEI en ciudades Colombianas de MinAmbiente.

Combustible	Factores de emisión		
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
Gas Natural (Móvil)	1.98	0.0033	0,000107
Diésel	10.18	0.000037	0,000037
Electricidad	0.21 (b)	-	-
Gasolina	7.6180	0.000293	0.000028
Etanol	5.92	0.000088	0.0002
Biodiesel	6.8820	0.000034	0.000034

Combustible	Factores de emisión		
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
Jet A1	9.84	0.000023	0.000005

6.3.2.3 Resultados Sector Transporte

En la Figura 8 se presentan los resultados totales del cálculo de emisiones para el sector Transporte. Se observa que, para este sector, el subsector de transporte en carretera representa cerca del 97% (aprox.) del total de las emisiones de CO₂eq, seguido por la aviación con el 2% y finalmente el sistema ferroviario con el 1% de las emisiones de GEI.



Figura 8. Resultados detallados por subsectores en el sector de Transporte. Los datos presentados corresponden a los inventarios nivel BÁSICO

De la gráfica anterior, se aprecia un comportamiento ascendente en las emisiones de la flota vehicular de la ciudad. Esto tiene su explicación en un aumento promedio de la flota de 7.5% anual en cada año de inventario según el Registro Único Nacional de Tránsito (RUNT) y datos provistos por la Secretaría de Movilidad. A 2019, Menos del 1% de los vehículos registrados en Medellín corresponden a vehículos eléctricos, es decir de ultrabajas emisiones. Sin embargo, si bien aún la tasa de movilidad eléctrica particular en la ciudad es todavía muy baja, se evidencia una tendencia creciente en la cantidad de vehículos que ingresan a la ciudad de este tipo: mientras que en 2015 se registran 17 vehículos eléctricos, durante 2019 se llegó frente a 212 vehículos del mismo tipo.

Es importante aclarar que la ciudad tiene un importante avance en términos de movilidad masiva eléctrica, particularmente la operación del Metro de Medellín y la red de tranvía y sistema de cables aéreos constituyen un gran aporte a la reducción de emisiones de este

sector, sin embargo como se expresó, el aumento de la electrificación de la flota vehicular de la ciudad es aun insipiente.

En la Tabla 16 se presentan los resultados desagregados para cada uno de los subsectores y alcances evaluados, para el sector Transporte. Se indican igualmente las respectivas claves de notación (Tabla 2) utilizadas, dependiendo de la condición en la que se encontrara dicha categoría de emisión dentro de la realidad municipal. Se evidencia que con el aumento en el consumo de combustibles para el período evaluado se da, también, un aumento en el total de emisiones del sector, especialmente, en su Alcance 1. Del mismo modo, es importante indicar que las emisiones de Alcance 2 en el Subsector ferroviarios se derivan de la energía suministrada en red y que, por tanto, el comportamiento en las emisiones está determinado por el FE del SIN.



Tabla 16. Resultados desagregados para cada uno de los subsectores pertenecientes al sector Transporte. █ Indican las fuentes necesarias para el reporte del nivel BÁSICO, █ + █ indican las fuentes necesarias para el reporte del nivel BÁSICO+. Las claves de notación son utilizadas en los casos requeridos (IE: incluida en otro lugar, NE: no estimada, NO: no ocurre, C: información confidencial).

No.de ref del GPC	Fuente de emisión de GEI (por Sector y Sub-sector)	2015				2016				2017			
		Scope 1				Emisiones GEI totales (toneladas CO2e)				Alcance 1			
		Alcance 1	Alcance 2	Alcance 3	Total	Alcance 1	Alcance 2	Alcance 3	Total	0	0	0	0
II.1	Transporte carretero	1.495.426	NO	IE	1.495.426	1.560.356	1	0	1.560.356	1.600.790	0	0	1.600.792
II.2	Ferroviario	NO	11.989	593	12.582	NO	18.092	1.371	19.463	NO	9.937	696	10.632
II.3	Navegación marítima	NO	NO	NO	0	NO	NO	NO	0	NO	NO	NO	0
II.4	Aviación	NO	NO	46.152	46.152	NO	NO	43.825	43.825	NO	NO	42.534	42.534
II.5	Fuera de carretera	IE	NO	NO	0	NO	NO	NE	0	NO	NO	NE	0
SUB-TOTAL	(marco inducido por la ciudad solamente)	1.495.426	11.989	46.745	1.554.160	1.560.356	18.092	45.196	1.623.644	1.600.790	9.939	43.230	1.653.958

No.de ref del GPC	Fuente de emisión de GEI (por Sector y Sub-sector)	2018				2019			
		Alcance 1				Alcance 1			
		0	0	0	0	0	0	0	0
II.1	Transporte carretero	1.620.337	4	0	1.620.341	1.676.029	5	0	1.676.035
II.2	Ferroviario	NO	11.486	828	12.314	NO	14.568	1.103	15.671
II.3	Navegación marítima	NO	NO	NO	0	NO	NO	NO	0
II.4	Aviación	NO	NO	36.804	36.804	NO	NO	34.251	34.251
II.5	Fuera de carretera	NO	NO	NE	0	NO	NO	NE	0
SUB-TOTAL	(marco inducido por la ciudad solamente)	1.620.337	11.490	37.633	1.669.459	1.676.029	14.573	35.354	1.725.957



6.3.3. Residuos



El sector de Residuos es el sector con menos generación de emisiones en los inventarios realizados. Se entiende la denominación de “Residuos” como el conjunto de residuos sólidos y aguas residuales que pueden ser dispuestos y/o tratados dentro de los límites de la ciudad o, como en el caso del territorio analizado, transportado fuera de los límites para su consiguiente tratamiento/disposición, los cuales produce emisiones de GEI a través de la descomposición aeróbica/anaeróbica o la incineración (WRI; C40 Cities; ICLEI, 2014). Partiendo de lo anterior, para el sector de Residuos se tuvieron en cuenta los subsectores de aguas residuales, relleno sanitario e incineración y quema a cielo abierto.

En esta nueva versión del inventario 2015 y para los inventarios 2016 – 2019 se trabajó con la metodología de “Modelo de Descomposición del Primer Orden (FOD)” el cual consiste en la recopilación de información relativa a la disposición histórica de residuos, los cuales para el presente caso corresponde a lo dispuesto en el relleno sanitario La Pradera. El cambio de metodología obedeció a la intención de garantizar consistencia con lo propuesto en la Guía para elaboración de inventarios de GEI en ciudades Colombianas y los inventarios realizados en el Valle de Aburrá.

Para el caso de la incineración, la información fue provista por el AMVA, y se relaciona con la incineración de residuos por un gestor autorizado. Se asumió por lo tanto que todos los residuos incinerados tuvieron como procedencia el Municipio de Medellín, dado que no se contó con información suficiente para separar la procedencia de los mismos.

En el caso de la quema de residuos de origen residencial, se asumió que los hogares que no contaban con servicio de recolección de residuos sólidos quemaban sus residuos, pues no se encontró información sobre métodos de disposición final de residuos en hogares sin servicio de aseo.

Finalmente, para los cálculos del subsector de aguas residuales se tuvo en cuenta las emisiones asociadas al tratamiento y eliminación de este tipo de afluentes, considerando la descarga a la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) San Fernando, ubicada en Itagüí pero que atiende varios municipios del Valle de Aburrá y la descarga directa al río; se debe aclarar que no hay disponibilidad de información sobre uso de pozos sépticos y letrinas en los municipios.

En el periodo 2016-2019 solo el 4% de la población urbana de Medellín era atendida por la PTAR San Fernando, mientras el 96% restante descargaba sus efluentes en el río Aburrá-Medellín. A finales de 2019 entró en operación la PTAR Aguas Claras ubicada en el municipio de Bello, la cual atenderá el 89,4% de la población de Medellín, de acuerdo a la información aportada por EPM.

Finalmente, se asumió que las aguas residuales tratadas en la PTAR San Fernando producen cero emisiones, dado que las emisiones de CH₄ son aprovechadas para producir electricidad (aprox. 90%) y el resto de este gas es quemado en antorcha, convirtiéndolo en CO₂ de origen biogénico – Para más información respecto a este tema dirigirse a las Directrices del IPCC 2006, Volumen 5, capítulo 6, numeral 6.2.1.

6.3.3.1 Fuentes de información y datos de actividad

Todos los detalles de cálculos, supuestos específicos y datos de actividad pueden ser encontrados en la herramienta de cálculo de inventarios de GEI para ciudades colombianas, el cual se entrega como adjunto a este documento. Dicha herramienta fue usada para realizar el cálculo de emisiones del sector de Residuos, considerando que la hoja está formulada con las ecuaciones correspondientes al método de descomposición de primer orden (FOD) del IPCC 2006, volumen 5, capítulo 3, Anexo 3A.1. En contraste, CIRIS opera con la metodología de Compromiso de Metano.

Para cuantificar las emisiones, se trabajó con información (Tabla 17) proporcionada por Empresas Varias de Medellín (EMVARIAS) el prestador del servicio de aseo y recolección y gestión del Relleno Sanitario La Pradera, en lo referente a las toneladas, además se tomó como referencia caracterización de dichos residuos. Así mismo se contó con información provista por el Área Metropolitana del Valle de Aburrá sobre la cantidad y tipo de residuos incinerados. Finalmente se contó con información suministrada por EPM, referente a las aguas residuales tratadas, tanto de origen residencial como industrial en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales San Fernando.

Tabla 17. Información detallada incineración y disposición final, usada en el cálculo de las emisiones de GEI del sector de Residuos. Fuente: Elaboración propia con datos provistos por AMVA y EMVARIAS

Año	Residuos peligrosos	Residuos hospitalarios	Solventes	Aceites usados	DBO per cápita	Generación de desechos per cápita
2015	177	156	2	92	30,0000	0,6780
2016	697	372	0	0	31,0515	0,7115
2017	833	519	0	0	36,8601	0,7379
2018	1.161	627	0	0	42,1017	0,7500
2019	1.258	700	0	0	42,0000	0,7492

Año	ton dispuestas en relleno sanitario	Año	ton dispuestas en relleno sanitario
2003	155.048	2012	408.229
2004	192.195	2013	418.899
2005	219.952	2014	473.698
2006	185.862	2015	602.170
2007	330.097	2016	628.594
2008	306.272	2017	650.366
2009	341.263	2018	664.411
2010	379.296	2019	679.139
2011	385.008		

Se puede apreciar que la cantidad de residuos dispuestos en relleno sanitario presentan un comportamiento creciente para el período evaluado, lo que en apariencia es congruente con el aumento poblacional y el incremento del consumo en la ciudad.

6.3.3.2 Factores de emisión

Para el Sector de Residuos, todos los factores de emisión se encuentran consignados en el archivo que se entrega como ANEXO – Herramienta de cálculo para inventarios de GEI en ciudades colombianas, en las hojas correspondientes al sector residuos. Igualmente se indican a continuación en la Tabla 18.

Tabla 18. Factores de emisión usados para los cálculos del sector residuos.

Carbono orgánico degradable por tipo de residuo						
% sobre el peso residuo húmedo						
Restos de alimentos	Residuos de jardín	Papel y cartón	Madera	Textil	Pañales	Plásticos y otros
0,15	0,2	0,4	0,43	0,24	0,24	0

Carbono orgánico degradable que se descompone (%)	Factor de corrección del CH4	Factor de oxidación	Fracción de CH4 en el gas de vertedero generado
DOCf	MCF	OX	F
50,00%	1	0	50%

Constante K de reacción de descomposición (función del clima)							Mes en que se impone el comienzo de la reacción
Restos de alimentos	Residuos de jardín	Papel y cartón	Madera	Textil	Pañales	Plásticos y otros	M
0,185	0,1	0,06	0,03	0,06	0,1	0	13

Contenido de materia seca del peso húmedo (fracción)	Fracción de carbono en la materia seca residuos peligrosos	Fracción de carbono en la materia seca residuos hospitalarios	Fracción de carbono fósil en el carbono total residuos peligrosos	Fracción de carbono fósil en el carbono total residuos hospitalarios	Fracción de carbono fósil en el carbono total residuos líquidos	Factor de oxidación
1,00	0,50	0,40	0,90	0,25	1,00	1,00

Fracción de la cantidad de desechos que se quema realmente respecto de la cantidad total de desechos quemados	Contenido de materia seca (fracción)			Fracción de carbono en materia seca		
	Textiles	Pañales	Plásticos y otros inertes	Textiles	Pañales	Plásticos y otros inertes
0,6	0,8	0,4	1,0	0,5	0,7	0,8

Fracción de carbono fósil en carbono total			Factor de oxidación	Factor de Emisión Óxido Nitroso	Factor de emisión de metano
Textiles	Pañales	Plásticos y otros inertes		kg N2O/t	kg CH4/t
0,2	0,1	1,0	0,6	0,2	6,5

Factor de emisión kg CH4 /kg DBO			Factor de corrección para DBO industrial dispuesto en		PCG AR5
Eliminación rio, mar, lago	Sistema séptico	Letrina familiar	sistemas con alcantarillado	sistemas sin alcantarillado	CH4
0,06	0,30	0,06	1,25	1	28

6.3.3.3 Resultados del Sector Residuos

La Figura 9 se presenta los resultados de emisiones del sector Residuos para el período evaluado. Se observa que las emisiones del sector han aumentado constantemente durante el período evaluado. De manera específica, las emisiones provenientes de la disposición final relleno sanitario son las más representativas para los años considerados, constituyendo aproximadamente el 87% del total de emisiones, seguido de aguas residuales y la incineración.

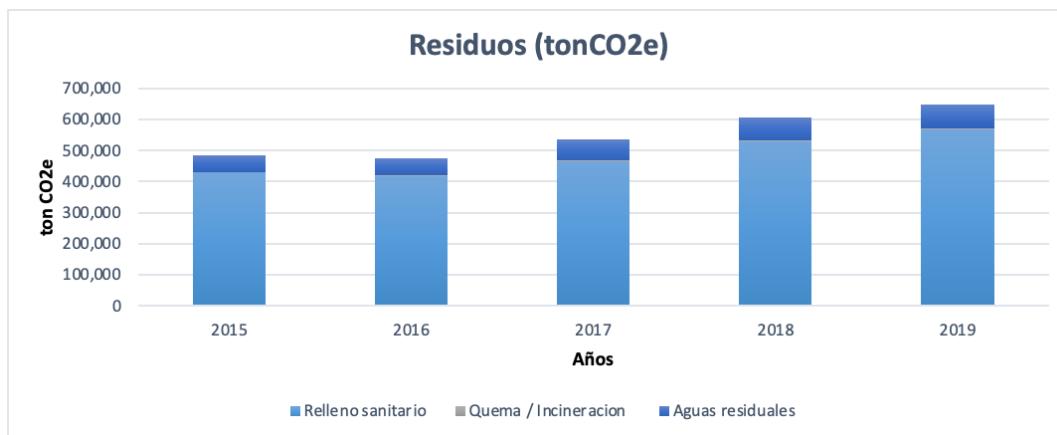


Figura 9. Resultados detallados por subsectores en el sector Residuos. Los datos presentados corresponden a los inventarios nivel BÁSICO.

La Tabla 19 se presenta los resultados desagregados para cada uno de los subsectores y alcances evaluados para el sector Residuos. Se indican igualmente las respectivas claves de notación (Tabla 2) utilizadas, dependiendo de la condición en la que se encuentra dicha categoría de emisión dentro de la realidad municipal.

Para el caso particular, se destaca que las emisiones del subsector Residuos generados en la ciudad, contabilizadas en Alcance 3, corresponden a la disposición en el Relleno Sanitario La Pradera, localizado por fuera de los límites de la ciudad. En ese sector, las emisiones son consistentes con el aumento del volumen de residuos dispuestos, presentando a 2019 un incremento del 32 % con respecto a las emisiones de 2015.



Tabla 19. Resultados desagregados para cada uno de los subsectores pertenecientes al sector Residuos. █ Indican las fuentes necesarias para el reporte del nivel BÁSICO, █ + █ indican las fuentes necesarias para el reporte del nivel BÁSICO+, █ indican las fuentes necesarias para el reporte a nivel territorial, pero no para los niveles BÁSICO Y BÁSICO+, █ indican emisiones no aplicables. Las claves de notación son utilizadas en los casos requeridos (IE: incluida en otro lugar, NE: no estimada, NO: no ocurre, C: información confidencial).

No.de ref del GPC	Fuente de emisión de GEI (por Sector y Sub-sector)	2015				2016				2017			
		Total GHGs (metric tonnes CO2e)				Emisiones GEI totales (toneladas CO2e)				Emisiones GEI totales (toneladas CO2e)			
		Alcance 1	Alcance 2	Alcance 3	Total	Alcance 1	Alcance 2	Alcance 3	Total	Alcance 1	Alcance 2	Alcance 3	Total
III.1.1/2	Residuos sólidos generados en la ciudad	NO	0	428.603	428.603	NO	0	417.751	417.751	NO	0	466.339	466.339
III.2.1/2	Residuos biológicos generados en la ciudad	NO	0	NO	0	NO	0	NO	0	NO	0	NO	0
III.3.1/2	Incineración y quema en la ciudad	1.819	0	693	2.512	2.190	0	1.286	3.476	2.266	0	1.565	3.831
III.4.1/2	Aguas residuales generadas en la ciudad	NO	0	53.157	53.157	NO	0	55.021	55.021	NO	0	65.290	65.290
III.1.3	Residuos sólidos generados fuera de la ciudad	NO	0	0	0	NO	0	0	0	NO	0	0	0
III.2.3	Residuos biológicos generados fuera de la ciudad	NO	0	0	0	NO	0	0	0	NO	0	0	0
III.3.3	Incineración y quema fuera de la ciudad	NO	0	0	0	NO	0	0	0	NO	0	0	0
III.4.3	Aguas residuales generadas fuera de la ciudad	NO	0	0	0	NO	0	0	0	NO	0	0	0
SUB-TOTAL (marco inducido por la ciudad solamente)		1.819	0	482.453	484.272	2.190	0	474.058	476.248	2.266	0	533.194	535.460

No.de ref del GPC	Fuente de emisión de GEI (por Sector y Sub-sector)	2018				2019			
		Total GHGs (metric tonnes CO2e)				Emisiones GEI totales (toneladas CO2e)			
		Alcance 1	Alcance 2	Alcance 3	Total	Alcance 1	Alcance 2	Alcance 3	Total
III.1.1/2	Residuos sólidos generados en la ciudad	NO	0	528.665	528.665	NO	0	567.241	567.241
III.2.1/2	Residuos biológicos generados en la ciudad	NO	0	NO	0	NO	0	NO	0
III.3.1/2	Incineración y quema en la ciudad	2.315	0	2.145	4.460	2.366	0	2.333	4.699
III.4.1/2	Aguas residuales generadas en la ciudad	NO	0	74.836	74.836	NO	0	76.390	76.390
III.1.3	Residuos sólidos generados fuera de la ciudad	NO	0	0	0	NO	0	0	0
III.2.3	Residuos biológicos generados fuera de la ciudad	NO	0	0	0	NO	0	0	0
III.3.3	Incineración y quema fuera de la ciudad	NO	0	0	0	NO	0	0	0
III.4.3	Aguas residuales generadas fuera de la ciudad	NO	0	0	0	NO	0	0	0
SUB-TOTAL (marco inducido por la ciudad solamente)		2.315	0	605.646	607.961	2.366	0	645.963	648.329



6.3.4 AFOLU – Agricultura, Silvicultura y Otros Usos de la Tierra.



El sector de Agricultura, silvicultura y otros usos del suelo (Agriculture, Forestry, and Other Land Use, AFOLU) produce emisiones de GEI a través de distintas fuentes, incluidos los cambios de usos del suelo que alteran la composición del mismo, el metano producido en los procesos digestivos de los animales de granja y el manejo de nutrientes para fines agrícolas. Dada la naturaleza altamente variable de las emisiones agrícolas y del uso del suelo que atraviesa diversas áreas geográficas, las emisiones de GEI del AFOLU se encuentran entre las categorías más complejas para la contabilidad de GEI (WRI; C40 Cities; ICLEI, 2014).

Para el sector AFOLU se tuvieron en cuenta las emisiones provenientes de los subsectores de la Ganadería, Uso del suelo y Cambio en el uso del suelo y fuentes agregadas. Todos los cálculos necesarios para la estimación de las emisiones de este sector se hicieron con base en la Guía para elaboración de Inventarios de GEI en ciudades Colombianas, la cual tiene sus cimientos en las Guías del IPCC 2006 Vol 4. Adicionalmente, todos los detalles de cálculo se encuentran consignados en los Anexos que se entregan como parte de este informe.

6.3.4.1 Fuentes de información y datos de actividad

Los detalles de cálculos, supuestos específicos y datos de actividad pueden ser encontrados en la herramienta de cálculo de inventarios de GEI para ciudades colombianas, el cual se entrega como adjunto a este documento. Dicha herramienta fue usada para realizar los cálculos del sector AFOLU ya que, a diferencia de CIRIS, esta hoja de cálculo incluye FE por deforestación, los factores para restauración, sistemas basados en árboles y arbolado urbano del Nivel de referencia nacional de emisiones forestales y para las demás

categorías se usan los factores desarrollados en el marco de las cuantificaciones del Inventario Nacional de GEI.

En cuanto a las estimaciones en cultivos de arroz y de animales diferentes a ganado bovino, la herramienta desarrollada por el MADS retoma los factores de emisión del volumen 4 de las directrices del IPCC de 2006. Esta herramienta de cálculo busca asegurar la consistencia con los métodos de estimación del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), por lo cual es apropiada para el proceso de cálculo de emisiones en el sector AFOLU.

Para cuantificar la información de este sector se trabajó con información del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), en lo referente a los censos pecuarios para los años de interés. El IDEAM proporcionó la información relacionada con las hectáreas deforestadas e inundadas; dicha información se encuentra consignada en el “Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono” (SMBYC) en la ruta: reportes - cambio de la superficie - selección de la unidad geográfica - descargar Mapa (pestaña al final del reporte). Además, se recurrió a información Plan de Ordenamiento Territorial Agropecuario (POTA) realizado por la Gobernación de Antioquia, es importante aclarar que esta información no estaba disponible para todos los años de inventario por lo que se decidió utilizar de manera homologa la información para todos los años respecto a las ha cultivadas y tipos de cultivo. Finalmente, los Anuarios Estadísticos de del Departamento de Antioquia sirvieron como fuente de información para identificar el área de plantaciones forestales.

Por su parte, las emisiones asociadas a los incendios forestales no se contabilizaron ya que no se contó con la información necesaria para concluir con éxito este apartado.

Tabla 20. Datos de actividad usados para cálculos de las emisiones y absorciones del sector AFOLU en los años de inventario 2015 - 2019

Años	Vacas empleadas para producir ganado	Toros empleados con fines reproductivos	Terneros predestetos	Terneras de reemplazo	Ganado de engorde	Bufalino
2015	4.745	211	2.613	4.495	2.565	21
2016	4.532	155	3.133	4.465	2.700	22
2017	4.546	190	3.228	4.607	2.844	0
2018	3.342	148	2.906	4.642	2.420	4
2019	3.961	104	3.213	4.229	1.955	2

Años	Equinos	Mulas	Caprinos	Ovinos	Porcinos	Aves ponedoras	Conejos
2015	650		36	10	143.759	811.024	--
2016	2.020	465	109	289	146.559	911.649	402

Años	Equinos	Mulas	Caprinos	Ovinos	Porcinos	Aves ponedoras	Conejos
2017	650	465	188	145	146.559	925.025	402
2018	709		188	145	163.694	911.823	-
2019	1.003		83	86	164.598	908.981	-

Años	Área deforestada (ha)	Tipo de cultivo	Área cultivadas (ha)
2015	14,74	Naranja Valenciana	0,0043
2016	31,88	Mango Tommy	0,0006
2017	66,37	Mandarina Oneco	0,0133
2018	18,78	Limón Tahiti	0,0097
2019	0,00	Aguacate Hass	0,1437

Años	Área (o 1100 individuos) total sembrad y en pie en el año del inventario (ha)
2015	138
2016	138
2017	176
2018	224
2019	275

Plantaciones (ha)	2015	2016	2017	2018	2019
<i>Cupressus lusitanica Mill. *</i>	16,42	2,89	17,1	0,82	-
<i>Eucalyptus grandis *</i>	1,1	0,05	12,1	0,5	-
<i>Pinus patula *</i>	2	4,4	0	0,5	-
<i>Eucalyptus spp *</i>	1	-	-	-	-

Tipo de cultivo	Área cultivada (ha)
Yuca	0,0023
Plátano	0,0311
Papa	0,2855
Maíz	0,5066
Hortalizas	0,3386
Caña panelera	0,0006
Café	0,0423

Área inundada (ha)	9,403
--------------------	-------

6.3.4.1 Factores de emisión

Para el Sector de Residuos, todos los FE se encuentran consignados en el archivo que se entrega como ANEXO – Herramienta de cálculo para inventarios de GEI en ciudades colombianas. Igualmente se indican a continuación en la Tabla 21. Estos FE, proporcionados por la hoja de cálculo son consistentes con los procesos de cálculo del IDEAM y el Inventario nacional de GEI.

Tabla 21. Factores de emisión para los cálculos del sector AFOLU

Factores de emisión de Fermentación Entérica kg CH4/animal/año (FE)						
Vacas lecheras alta producción	Vacas lecheras de baja producción	Vacas empleadas para producir ganado	Toros empleados con fines reproductivos	Terneros pre-destetos	Terneras de reemplazo	Ganado de engorde
84.670	54.860	53,640	50,460	22,320	32,010	41,260

Factores de emisión de Fermentación Entérica kg CH4/animal/año (FE)						
Bufalino	Equinos	Mulas	Asnos	Caprinos	Ovinos	Porcinos
55,000	18,000	10,000	10,000	5,000	8,000	15,000

Factores de emisión de Fermentación Entérica kg CH4/animal/año (FE1) – Todos los sistemas de gestión del estiércol						
Vacas lecheras alta producción	Vacas lecheras de baja producción	Vacas empleadas para producir ganado	Toros empleados con fines reproductivos	Terneros pre-destetos	Terneras de reemplazo	Ganado de engorde
1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

Factores de emisión de Fermentación Entérica kg CH4/animal/año (FE1)								
Sistema de gestión del estiércol	Bufalino	Equinos	Mulas	Asnos	Caprinos	Ovinos	Porcinos > 6	Aves ponedoras
Pasturas	1,2	0,1	0,2	1,6	0,9	1,0	1,0	0,2
Corral de engorde	1	1,64	0,9	0,9	0,22	0,1	1	1
Distribución diaria	1	1,64	0,9	0,9	0,22	0,1	1	1
Manejo de sólidos	1	1,64	0,9	0,9	0,22	0,1	1	1
Otros	1	1,64	0,9	0,9	0,22	0,1	1	1

Factores de emisión de Fermentación Entérica (NO2) (FE2)							
Sistema de gestión del estiércol	Vacas lecheras alta producción	Vacas lecheras de baja producción	Vacas empleadas para producir ganado	Toros empleados con fines reproductivos	Terneros predestetos	Terneras de reemplazo	Ganado de engorde
Otros	-	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010

Factores de emisión de Fermentación Entérica (NO2) (FE2)								
Sistema de gestión del estiércol	Bufalino	Equinos	Mulas	Asnos	Caprinos	Ovinos	Porcinos > 6	Aves ponedoras
Corral de engorde	-	-	-	-	-	0,020	0,020	-
Manejo de sólidos	-	-	-	-	-	0,005	0,005	0,005
Otros	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,060

Fracción de la excreción anual total de nitrógeno gestionada para cada especie / categoría de ganado								
Sistema de Gestión del estiércol	Vacas lecheras alta producción	Vacas lecheras de baja producción	Vacas empleadas para producir ganado	Toros empleados con fines reproductivos	Terneros predestetos	Terneras de reemplazo	Ganado de engorde	
Pasturas	0,930	0,950	0,950	0,950	0,950	0,950	0,950	0,950
Otros	0,070	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050

Fracción de la excreción anual total de nitrógeno gestionada para cada especie / categoría de ganado								
Sistema de Gestión del estiércol	Bufalino	Equinos	Mulas	Asnos	Caprinos	Ovinos	Porcinos > 6	Aves ponedoras
Pasturas	0,950	0,950	0,950	0,950	0,950	-	-	-
Corral de engorde	-	-	-	-	-	0,300	0,300	-
Distribución diaria	-	-	-	-	-	0,180	0,180	0,020
Manejo de sólidos	-	-	-	-	-	0,270	0,270	0,900
Otros	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,250	0,250	0,080

Excreción anual de N por cabeza de especie / categoría de ganado (Nex) – Todos los sistemas de gestión del estiércol							
Vacas lecheras alta producción	Vacas lecheras de baja producción	Vacas empleadas para producir ganado	Toros empleados con fines reproductivos	Terneros predestetos	Terneras de reemplazo	Ganado de engorde	
91,104	69,204	49,932	70,956	18,396	37,449	45,990	

Excreción anual de N por cabeza de especie / categoría de ganado (Nex) – Todos los sistemas de gestión del estiércol							
Bufalino	Equinos	Mulas	Asnos	Caprinos	Ovinos	Porcinos > 6	Aves ponedoras
44,384	11,957	15,002	39,960	21,827	16,045	18,068	0,539

Tipo de cultivo	Requerimiento (Kg/año)	Contenido de C por tipo de bosque (CO2eq)
Yuca	220	326
Plátano	142	
Papa	170	
Maíz	190	
Hortalizas	220	
Caña panelera	172	
Café	160	

Emisiones difusoras (kg. de CO2 ha-1 día-1)	
	44,900

FE emisiones directas (Kg N2O-O-N/kg N)	Fracciones volatilizables (Kg NH3-N+Nox-N/kg N)	FE N volatilizado (Kg NH3-N+Nox-N/kg N)	Fracciones lixiviables (Kg NH3-N+Nox-N/kg N)	EF5 [lixiviación/escurrimiento], kg N2O-N /kg N lixiviación
0,01	0,10	0,01	0,10	0,08

Tipo de cultivo	Biomasa Aérea Y Subterránea Ganada Anualmente (Ton)	Captura De CO2 Anual
Naranja Valenciana	1,48330648	0,01095661
Mango Tommy	1,48693202	0,00156652
Mandarina Oneco	1,31155019	0,0300075
Limón Tahiti	2,27089787	0,03779835
Aguacate Hass	0,71989994	0,17833839

Especie	Captura de CO2 anual por tipo de especie
Cupressus lusitanica Mill. *	18,4798886
Eucalyptus grandis *	90,0894571
Pinus patula *	23,4463587

Tipo de sistema	remoción máxima BA	parámetro k	Parámetro 1/1-m
Latifoliadas Zonas Húmedas	142,00	0,11	2,27

6.3.4.2 Resultados del Sector AFOLU

En la Figura 10 se presentan los resultados de emisiones y absorciones del sector. Se observa que los subsectores de Ganadería y Fuentes Agregadas son los responsables de las emisiones de GEI, mientras que el subsector de tierras reporta absorciones para casi todos los años de inventario. Los procesos de absorción que se registran y los cuales aumentan cada año corresponden al carbono removido por plantaciones, sistemas de árboles y procesos de restauración que han tenido lugar en el territorio.

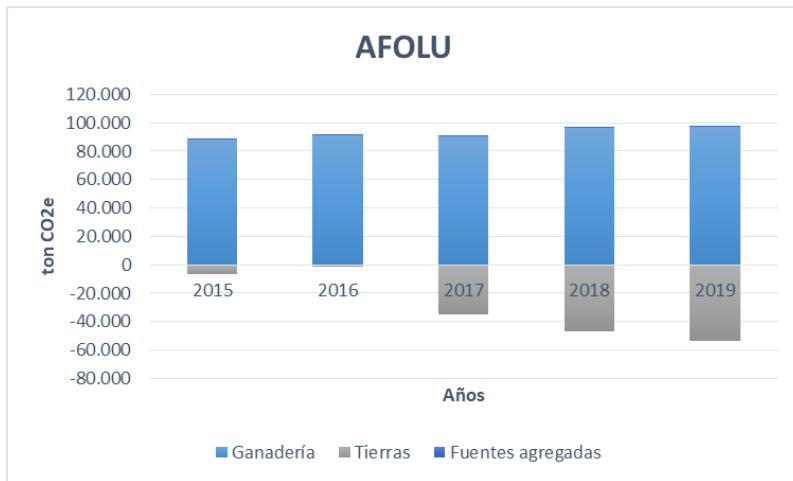


Figura 10 Resultados detallados por subsectores en el sector AFOLU.

En la Tabla 22 se presentan, los resultados desagregados para cada uno de los subsectores evaluados para el sector AFOLU. Se indican igualmente las respectivas claves de notación (Tabla 2) utilizadas, dependiendo de la condición en la que se encuentra dicha categoría de emisión dentro de la realidad municipal. Vale la pena destacar que este sector, de acuerdo con el GPC, considera solo las emisiones generadas en el interior de los límites del municipio.

Los cálculos realizados permiten identificar un incremento en las emisiones del subsector de Emisiones provenientes de la ganadería para el período evaluado. Aunque en estos años no se presenta un incremento sobre el ganado bovino, los datos de actividad sí permiten identificar un incremento en la participación de otras especies como porcinos y equinos. De otra parte, el SMBYC permite identificar una estabilización en la deforestación local hacia 2018 que, de la mano con la siembra de individuos y el incremento del área en plantaciones ha permitido el incremento de las remociones estimadas.

En suma, tras un aumento en las emisiones asociadas al sector AFOLU en 2016, el período evaluado permite estimar una reducción del 46 % de las emisiones, con respecto a 2015. Sin embargo, se debe aclarar que el carácter estático de datos referentes a coberturas de cultivo y la calidad de algunas fuentes de información implica la persistencia de incertidumbre.



Tabla 22. Resultados desagregados para cada uno de los subsectores pertenecientes al sector Residuos. █ indican las fuentes necesarias para el reporte del nivel BÁSICO, █+█ indican las fuentes necesarias para el reporte del nivel BÁSICO+, █ indican las fuentes necesarias para el reporte a nivel territorial, pero no para los niveles BÁSICO Y BÁSICO+, █ indican emisiones no aplicables. Las claves de notación son utilizadas en los casos requeridos (IE: incluida en otro lugar, NE: no estimada, NO: no ocurre, C: información confidencial).

No.de ref del GPC	Fuente de emisión de GEI (por Sector y Sub-sector)	2015				2016				2017			
		Total GHGs (metric tonnes CO2e)				Emisiones GEI totales (toneladas CO2e)				Emisiones GEI totales (toneladas CO2e)			
		Alcance 1	Alcance 2	Alcance 3	Total	Alcance 1	Alcance 2	Alcance 3	Total	Alcance 1	Alcance 2	Alcance 3	Total
V.1	Emisiones provenientes de la Ganadería	88.543	0	0	88.543	91.001	0	0	91.001	90.699	0	0	90.699
V.2	Emisiones producidas por el uso del suelo	-6.877	0	0	-6.877	-963	0	0	-963	-34.743	0	0	-34.743
V.3	Emisiones de fuentes agregadas y emisiones procedentes de la actividad humana	2	0	0	2	2	0	0	2	2	0	0	2
SUB-TOTAL	(marco inducido por la ciudad solamente)	81.667	0	0	81.667	90.039	0	0	90.039	55.958	0	0	55.958
VI	OTRAS EMISIONES DE ALCANCE 3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VI.1	Otras emisiones de Alcance 3	0	0	NE	0	0	0	NE	0	0	0	0	NE
TOTAL	(marco inducido por la ciudad solamente)	2.125.630	610.166	503.319	3.239.114	2.222.147	662.855	513.106	3.398.109	2.226.963	347.445	534.759	3.109.168

No.de ref del GPC	Fuente de emisión de GEI (por Sector y Sub-sector)	2018				2019			
		Emisiones GEI totales (toneladas CO2e)				Emisiones GEI totales (toneladas CO2e)			
		Alcance 1	Alcance 2	Alcance 3	Total	Alcance 1	Alcance 2	Alcance 3	Total
V.1	Emisiones provenientes de la Ganadería	96.455	0	0	96.455	97.164	0	0	97.164
V.2	Emisiones producidas por el uso del suelo	-46.856	0	0	-46.856	-53.552	0	0	-53.552
V.3	Emisiones de fuentes agregadas y emisiones procedentes de la actividad humana	2	0	0	2	2	0	0	2
SUB-TOTAL	(marco inducido por la ciudad solamente)	49.601	0	0	49.601	43.614	0	0	43.614
VI	OTRAS EMISIONES DE ALCANCE 3	0	0	0	0	0	0	0	0
VI.1	Otras emisiones de Alcance 3	0	0	NE	0	0	0	NE	0
TOTAL	(marco inducido por la ciudad solamente)	2.232.505	410.257	597.194	3.239.956	2.285.646	511.238	642.525	3.439.409

7. Medellín y ciudades C40

El grupo de Liderazgo Climático C40 tiene, dentro de su centro de recursos, bases de datos que registran los inventarios de todas las ciudades pertenecientes a la Red para todos los años de registro y niveles de reporte. En la Figura 11 se muestran las ciudades latinoamericanas con más de un año de registro de inventarios BÁSICO reportados. Hay una diferencia marcada entre la cantidad de emisiones de ciudades ubicadas en zonas tropicales y aquellas que se encuentran en latitudes medias, debido a que estas últimas presentan mayores variaciones de temperaturas durante el año y por tanto requieren de sistemas de enfriamiento y calefacción que impactan de manera directa las cantidades de GEI emitidos.

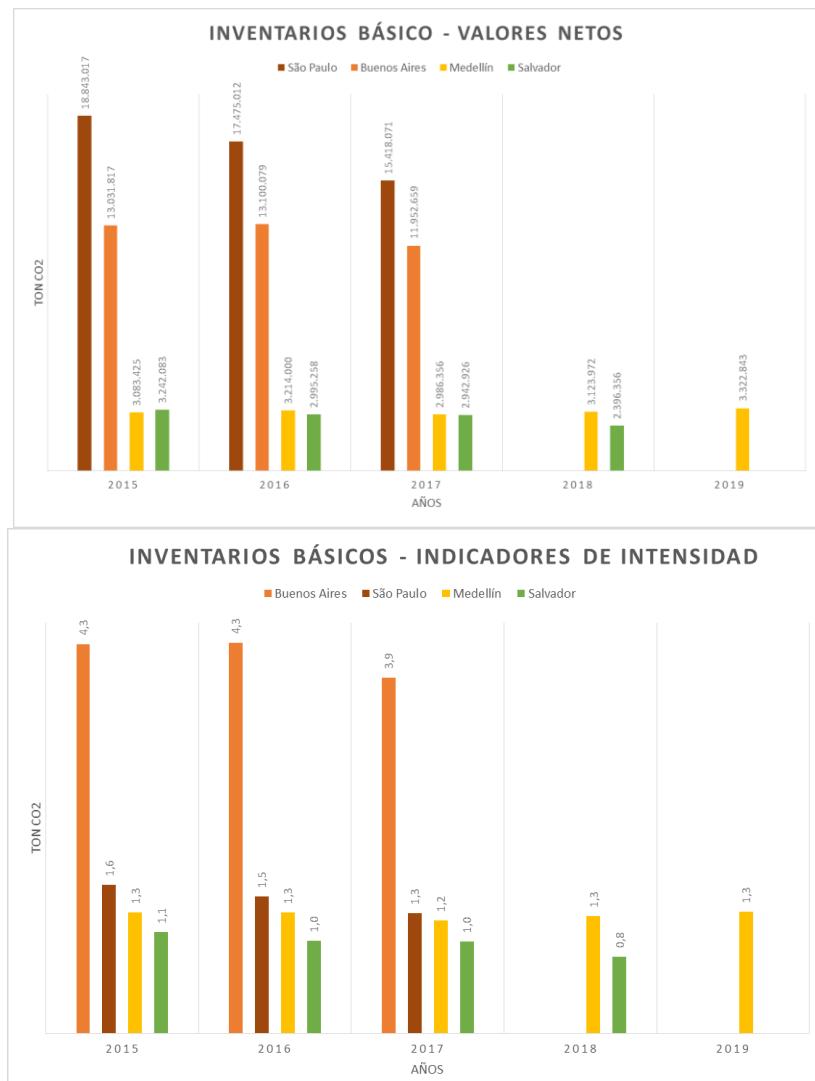


Figura 11. Resultados para los Inventarios BÁSICO de ciudades latinoamericanas. La primera gráfica corresponde a emisiones netas mientras que la segunda corresponde a emisiones per cápita.

Importante resaltar que si bien para emisiones netas Sao Paulo y Buenos Aires son sin duda las ciudades que más impacto tienen, a la hora de evaluar las emisiones per cápita, Buenos Aire toma el primer lugar, además de que la distancia entre ciudades de latitudes medias y tropicales se acorta un poco.

En todo caso, Medellín se destaca a nivel latinoamericano como una de las ciudades con menos cantidad de emisiones de GEI a nivel absoluto y se encuentra dentro del promedio de ciudades de la región en cuanto a niveles de emisiones per cápita, en parte gracias a las características geográficas como también a que en Colombia posee uno de los sistemas de interconexión eléctrica más limpios, ya que se alimenta principalmente de energía hidroeléctrica.

Por otro lado, también es de destacar que Medellín es la única ciudad latinoamericana con inventarios reportados de manera consecutiva para los años 2015 – 2019, lo que permite robustecer su serie histórica de emisiones para dar un seguimiento al impacto de las acciones que se implementan en materia de mitigación.

8. ANÁLISIS Y CONCLUSIONES

Los inventarios presentados se realizaron bajo la metodología IPCC siguiendo el método de reporte estipulado por el Protocolo Global para Inventarios de Gases Efecto Invernadero. Los inventarios se realizaron con la intención robustecer los datos base sobre los cuales la ciudad realiza análisis posteriores de evolución de las emisiones de GEI del territorio y la consiguiente aplicación de medidas estratégicas de mitigación y adaptación para hacer frente al fenómeno de cambio climático.

Se presenta en la Tabla 23 los resultados consolidados de los inventarios desarrollados bajo el método de reporte GPC y los adelantados por el proyecto '**Catalizar la implementación local de la acción climática: liberar el potencial de las ciudades**', financiado por el Departamento de Estrategia Empresarial, Energética e Industrial (BEIS) del Reino Unido, del programa UK PACT (Partnering for Accelerated Climate Transitions, o Alianza para Transiciones Climáticas Aceleradas); contando con la participación del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS); y el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM).

Las diferencias en los totales consolidados para cada año de inventario derivan de diferencias metodológicas y de fuentes de información señaladas antes (Tabla 4). A pesar de estos detalles, vemos que ambos métodos de reporte se correlacionan guardando las mismas proporciones.

Tabla 23. Comparativo resultados Inventarios GPC y Guía MADS

	Consolidados		
	Inventarios BÁSICO GPC	Inventarios Guía MADS	Diferencia entre inventarios
2015	3,083,425	-	-
2016	3,214,000	3,118,192	2.98%
2017	2,986,356	2,872,708	3.81%
2018	3,123,972	2,993,692	4.17%
2019	3,322,843	3,202,237	3.63%

Las emisiones de la ciudad por tanto van dejando ver una curva ascendente que tienen su explicación en el aumento de la población de la ciudad (**iError! No se encuentra el origen e la referencia.**) lo que conlleva de manera inherente a un aumento de la actividad de los residentes en su vida diaria y por tanto en las actividades generadoras de GEI. Lo anterior, se ve reflejado en el aumento del consumo energético, la generación de residuos y quema de combustibles como lo muestran los cambios en los datos de actividad utilizados en la contabilización de emisiones.

Tabla 24. Evolución PIB Medellín y crecimiento poblacional. Fuente: Proyecciones y retroproyecciones de población municipal para el periodo 1985-2017 y 2018-2035 con base en el CNPV 2018 y Valor agregado por Municipio serie 2011|2019 – DANE

Años	Evolución del PIB (millones de dólares)	Crecimiento poblacional
2015	16.604	2.320.791
2016	16.076	2.420.516
2017	17.414	2.414.616
2018	18.631	2.427.129
2019	18.279	2.483.545

La siguiente gráfica (Figura 12), permite observar que la curva de crecimiento de emisiones de GEI se corresponde con la curva de crecimiento poblacional, lo que deja entrever que si la población de la ciudad sigue aumentando, las emisiones de GEI tendrán la misma trayectoria en caso de no implementarse medidas para mitigar las mismas.

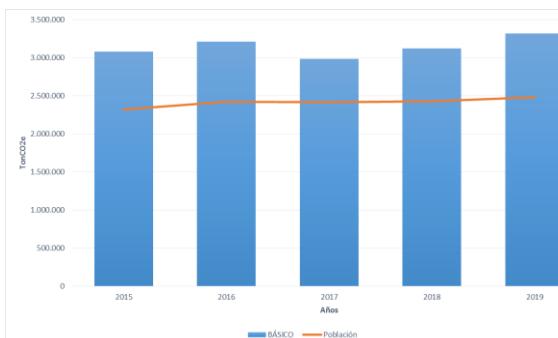


Figura 12. Totales inventarios contra curva de crecimiento poblacional

Como se observó en los resultados detallados de cada sector, los sectores más representativos son Energía estacionaria y Transporte para todos los años de inventario, lo que pone en evidencia la necesidad de pasar a una economía con combustibles más limpios, aumentar la electrificación de la flota vehicular, acelerar el cambio en modos de transporte e impulsar la transición energética nacional para tener una matriz con mayor participación de energías renovables.

Por su parte el sector residuos, presenta un nicho de oportunidad muy grande para la ciudad en cuanto a mejoras en la gestión y aprovechamiento de residuos. Los datos históricos presentan un aumento en la tasa de disposición por lo que se hace necesario impulsar la reducción en la cantidad de residuos dispuestos mediante el establecimiento de estrategias de aprovechamiento de residuos y reciclaje.

Por otro lado, tal como se expresa en el Deadline 2020 de C40 Cities, Medellín pertenece a las denominadas ciudades “Late Peak” o Pico Tardío, que son aquellas ciudades con el PIB per cápita por debajo de los \$15.000 US y con emisiones promedio *per cápita* por debajo de la media de las ciudades pertenecientes a la Red. Para este tipo de ciudades, y siguiendo el curso de crecimiento poblacional se puede esperar un aumento continuado de las emisiones hasta 2030 – 2035, momento en el cual se proyecta el inicio del decrecimiento de las emisiones dadas las acciones de mitigación que se implementen hasta ese momento (Figura 13).

Considerando la modelación y los supuestos definidos por C40 Cities, el comportamiento de las emisiones en Medellín durante 2015-2019 es un escenario esperado que responde, naturalmente, a las dinámicas de crecimiento población y expansión económica del municipio. Esta situación señala la necesidad de acelerar el tránsito hacia una economía libre de combustibles fósiles y el desarrollo de medidas que ayuden a limitar el crecimiento de las emisiones y permitan avanzar en la reducción de GEI, anticipando el pico de emisiones proyectado para la década de 1930

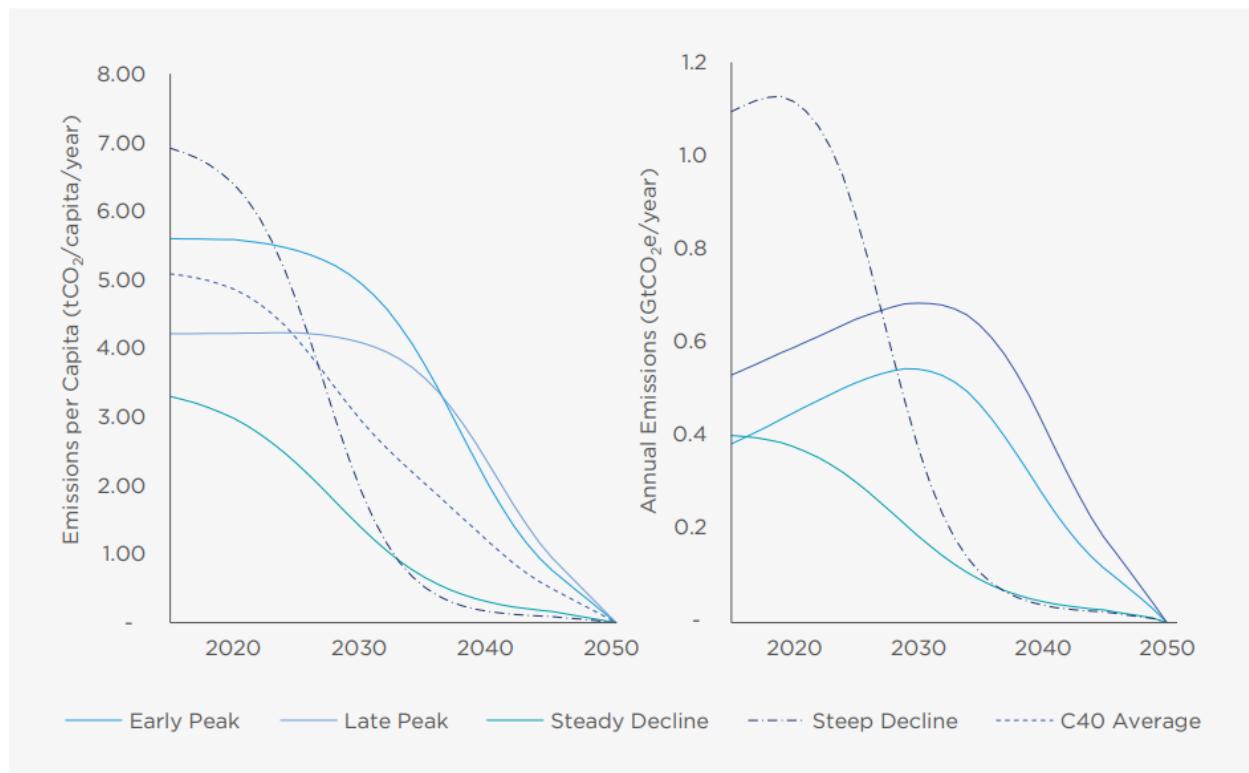


Figura 13. Emisiones per cápita proyectadas (izquierda) y emisiones totales anuales (derecha) para las 4 tipologías de ciudades establecidas por C40. Fuente: Deadline 2020 – C40

Finalmente, se debe señalar que, dado a razones metodológicas se realizó un recálculo del inventario 2015, que constituye línea base para la definición de metas de reducción en Medellín. Por tanto, es necesario realizar una nueva proyección de emisiones a 2023, 2030 y 2050 que sirva de escenario de referencia para las metas propuestas y el desafío de ser una ciudad carbono neutro.

Las metas de reducción, trazadas con referencia al inventario de nivel BÁSICO del año base, permanecen en un 5% al 2023, 20% al 2030 y 100% al 2050. Sin embargo, el escenario proyectado, o de referencia (Figura 14) presenta cambios de acuerdo con los resultados del recálculo de las emisiones de 2015. La tendencia indica que, con la nueva línea base, las emisiones de Medellín podrán alcanzar 5,5 MtonCO₂eq en 2050, en caso de no emprender acciones.

En la Figura 15, la línea verde representa el escenario límite bajo el Deadline 2020 y la trayectoria “Late Peak” que propone, una curva descendente de emisiones de GEI solo a partir de 2030. Finalmente, en línea azul punteada se indican la trayectoria con los objetivos

de reducción de la ciudad establecidas a 2023, 2030 y 2050, con los respectivos valores absolutos según la línea base recalculada.

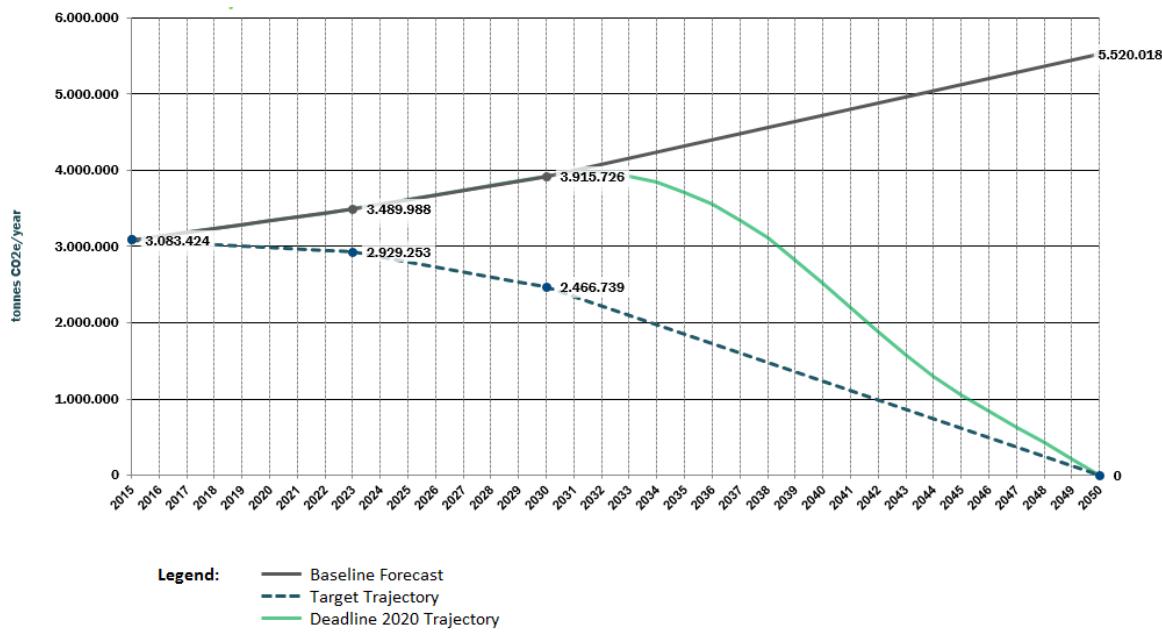


Figura 14. Trayectorias de emisiones de la ciudad 2015 – 2050 para el escenario ambicioso. Grafica tomada del Modelo PATHWAYS.

En la Figura 15, se presenta el potencial de reducción de emisiones de la ciudad según las acciones y metas planeadas en el Plan de Acción Climática de Medellín (PAC), para su escenario ambicioso. Esta proyección se actualiza teniendo en cuenta los resultados del proceso de recálculo del inventario de la línea base 2015. Aunque, teóricamente, la línea base es más baja, queda claro que el potencial de reducción de las metas y acciones planteadas para los sectores Transporte, Energía y Residuos no es suficiente para reducir las emisiones a cero en 2050. Lo anterior implica la pervivencia de emisiones remanentes que deberán ser gestionadas mediante estrategias de remoción. Se observa, igualmente que, de alcanzarse las metas sectoriales trazadas por el PAC, Medellín podría alcanzar los objetivos de reducción propuestos para 2023 y 2030.

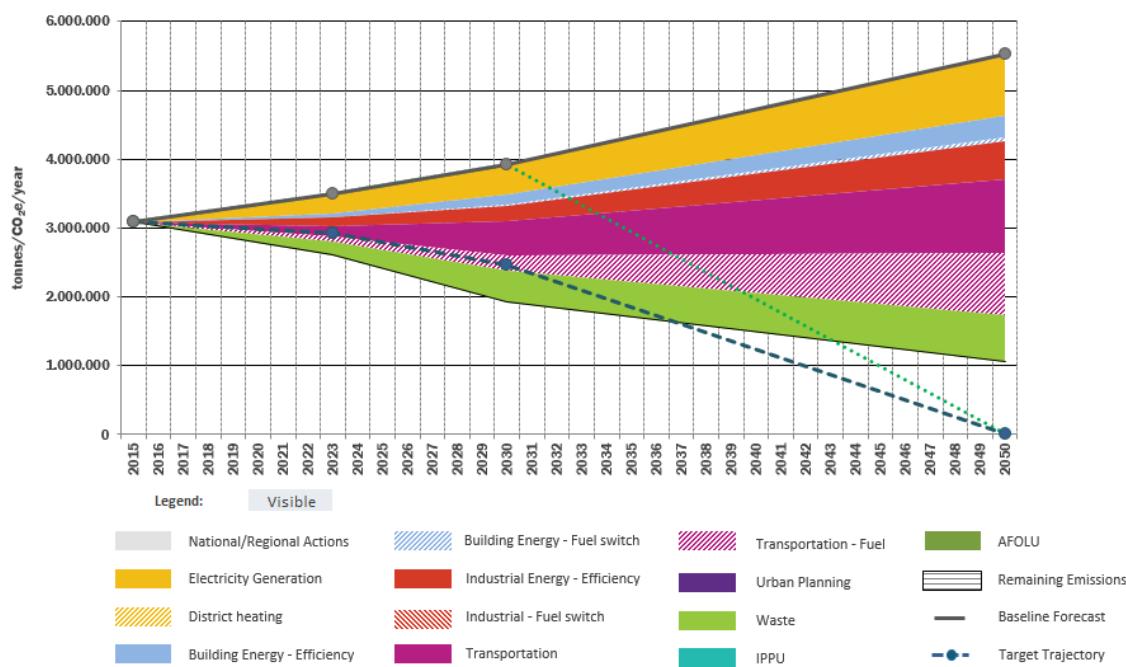


Figura 15. Potencial de reducción de emisiones para las acciones de mitigación planeadas por la ciudad en el escenario ambicioso. Grafica tomada del Modelo PATHWAYS.

Por último, y en aras de mejorar las estimaciones realizadas a través del Inventario de GEI y reducir la incertidumbre de los mismo, se recomienda levantar la línea base sobre tratamiento biológico de residuos; recopilar datos detallados sobre incineración de residuos peligrosos; levantar información local sobre el porcentaje de población que quema sus residuos; establecer porcentaje de población que no vierte aguas residuales al sistema de alcantarillado de la ciudad y en tal caso que tipo de tratamiento usa; caracterizar los tipos y cantidades de vertimientos industriales; recopilar información de calidad para el cálculo del sector de procesos industriales y uso de productos – IPPU; establecer con claridad la fracción de la población que usa leña para la cocción de alimentos; levantar información anual de calidad sobre las áreas que se ven involucradas en incendios forestales; actualizar de forma permanente la información referente a cultivos frutales, hortalizas y similares; mantener actualizados los inventarios arbóreos de la ciudad; velar en general por la actualización del Plan de Ordenamiento Territorial Agrícola – POTA o en su caso el estudio que lo preceda y; procurar mantener las fuentes de información que hasta ahora se han recopilado con el fin de asegurar la trazabilidad del inventario.

Bibliografía

Alcaldía de Medellín. (2011). *Plan Ambiental Municipal - PAM: 2012 - 2019. Hacia Una Ciudad Sostenible.* Medellín. Obtenido de <https://www.medellin.gov.co/irj/go/km/docs/wpccontent/Sites/Subportal%20del>

- %20Ciudadano/Medio%20Ambiente/Secciones/Publicaciones/Documentos/2012/PAM/TOMO%20IV.%20INFORME%20EJECUTIVO.pdf
- Alcaldía de Medellín. (2015). *Plan Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres de Medellín 2015 - 2030*. Medellín. Obtenido de <https://www.medellin.gov.co/irj/go/km/docs/pccdesign/medellin/Temas/GestionRiesgo/Publicaciones/Shared%20Content/Documentos/2017/sintesisPMGRD.pdf>
- Alcaldía de Medellín. (12 de 06 de 2018). *Alcadía de Medellín*. Obtenido de <https://www.medellin.gov.co/irj/portal/medellin?NavigationTarget=navurl://6488ef50a6787e1fdb4e42e62a46a67>
- AMVA - UPB. (2017). *Actualización inventario de Emisiones Atmósfericas del Valle de Aburrá, año 2015*. Antioquia, Medellín.
- AMVA. (2007). *Metrópoli - Hacia la integración Regional sostenible (2008 - 2020)*. Medellín.
- AMVA. (2010). *Atlas Área Metropolitana del Valle de Aburrá*. Medellín. Obtenido de http://www.metropol.gov.co/Planeacion/DocumentosAreaPlanificada/Atlas_Metropolitano.pdf
- AMVA. (2013). *Inventario de Emisiones de Gases Efecto Invernadero del Valle de Aburrá, años 2009 y 2011. Documento general*. Medellin.
- AMVA, Clean Aire Institute. (2017). *Plan Integral de Gestión de la Calidad del Aire para el Área Metropolitana del Valle de Aburrá. PIGECA 2017 - 2030*. Washington D.C.
- C40. (2018). *C40 Cities*. Obtenido de <http://www.c40.org/>
- C40. (12 de 06 de 2018). *C40 Cities - City Inventory Reporting and Information System (CIRIS)*. Obtenido de <https://staging.c40.org/programmes/city-inventory-reporting-and-information-system-ciris>
- C40 Cities. (2017). CIRIS - City Inventory Reporting and Information System.
- Carbonn. (12 de 06 de 2018). *Carbonn - Climate registry*. Obtenido de <http://carbonn.org/>
- CDP. (12 de 06 de 2018). *CDP - Carbon Disclosure Project*. Obtenido de <https://www.cdp.net/es/cities>
- Concejo de Medellín. (2014). *Acuerdo 48 de 2014 - Plan de Ordenamiento Territorial POT*. Medellín.
- Concejo de Medellín. (2015). *Acuerdo 46 de 2015*. Medellín. Obtenido de https://www.medellin.gov.co/normograma/docs/pdf/a_conmed_0046_2015.pdf
- CONPES 3700. (2011). *Estrategia Institucional para la Articulación de Políticas y Acciones en Materia de Cambio Climático en Colombia*. Consejo Nacional de Política Económica y Social, Departamento Nacional de Planeación, Bogotá D.C.: Colombia. Obtenido de file:///C:/Users/1037607172/Downloads/Conpes3700.pdf
- DANE. (2018). *DANE - Proyecciones de población*. Obtenido de <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/proyecciones-de-poblacion>
- Del Valle, A., Moreno, H., & Restrepo, O. (2006). *Ecuaciones de biomasa y estimación des carbono orgánico. En Monitoreo de la vegetación, ecuaciones de biomasa y sus*

- realciones con las cuencas hidrográficas en la zona de influencia directa Proyecto Hidroeléctrico Porce III.* (Vol. Capítulo 2).
- ICLEI. (2014). *ICLEI - Local Government for Sustainability.* Obtenido de <http://sams.iclei.org/es/home.html>
- IDEAM. (2009). *Inventario Nacional De Fuentes y Sumideros de Gases de Efecto Invernadero 2000-2004. Instituto de Hidrolgía, Meteorología y Estudios Ambientales.* Bogotá. Colombia.
- IDEAM, PNUD, MADS, DNP, CANCILLERÍA. (2017). *Tercera Comunicación Nacional De Colombia a La Convención Marco De Las Naciones Unidas Sobre Cambio Climático (CMNUCC).* Bogotá D.C.: Colombia: Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático. Obtenido de http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023731/TCNCC_COLOMBIA_CMNUCC_2017_2.pdf
- IDEAM, PNUD, MADS, DNP, CNCILLERÍA. (2016). *Inventario Nacional y Departamental de Gases Efecto Invernadero - Colombia.* Bogotá D.C.: Colombia: Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático. Obtenido de <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023634/INGEI.pdf>
- IPCC. (2006). *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme.* IGES, Japan: Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. y Tanabe K. (eds).
- MADS. (2013). *Planes Sectoriales de Mitigación.* Bogotá D.C.: Colombia. Obtenido de <http://www.minambiente.gov.co/index.php/component/content/article?id=470:plantilla-cambio-climatico-26>
- MADS. (2015). *Hoja de Ruta para la Incorporación del Cambio Climático en Planes Estratégicos de Macrocuencas y Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas.* Bogotá D.C.: Colombia: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), Dirección de Cambio Climático (DCC), Asociación de Corporaciones Autónomas Regionales y de Desarrollo Sostenible (ASOCARS). Obtenido de http://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosMarinosCosterosyRecursosAcuatico/2.HOJA_DE_RUTA_POMCA_F.pdf
- MADS. (2017). *Estratégia Colombiana de Desarrollo Bajo en Carbono .* Bogotá D.C.: Colombia.
- PNACC. (2012). *Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático - Reduciendo los Impactos del Clima en el Desarrollo de Colombia.* Departamento Nacional de Planeación - DNP. Bogota D.C.: Colombia: MinAmbiente, IDEAM, Sistema Nacional de Gestión de Riesgos de Desastres, NGRD. Obtenido de <http://www.minambiente.gov.co/index.php/component/content/article/476-plantilla-cambio-climatico-%2032#documentos>
- Política Nacional de Cambio Climático. (2016). *Luis Gilberto Murillo - Ministro.* Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Bogotá D.C.: Colombia: [Eds.] Dirección de

- Cambio Climático: Florián, Buitrago; Maritza; Pabón Restrepo, Giovanni Andrés; Pérez Álvarez, Paulo Andrés; Rojas Laserna, Mariana; Suárez Castaño, Rodrigo. Obtenido de <http://www.minambiente.gov.co/index.php/politica-nacional-de-cambio-climatico-2#politica-nacional-de-cambio-climatico-pncc>
- UN. (2015). *United Natos - Climate Change*. Obtenido de <https://unfccc.int/es/news/el-pacto-de-alcaldes-catalizar-la-accion-climatica-de-las-ciudades-alrededor-del-mundo>
- UNEP - Climate Action. (2015). *Sustainable Innovation Forum*. Obtenido de <http://www.cop21paris.org>
- UPME. (2016). *Balance Energético Colombiano 2015 - BECO*. Obtenido de <https://www.ssme.gov.py/vmme/pdf/balance2015/Balance%20Energetico%20Nacional%202015.pdf>
- UPME. (2016). *Calculadora FECOC 2016*. Obtenido de http://www.upme.gov.co/calculadora_emisiones/aplicacion/calculadora.html
- WRI; C40 Cities; ICLEI. (2014). *Protocolo Global para Inventarios de Emisión de Gases Efecto Invernadero a Escala Comunitaria*. Obtenido de http://c40-production-images.s3.amazonaws.com/other_uploads/images/1016_GPC_Full_MASTER_v6_ESXM-02-02_FINALpdf.original.pdf?1486373653
- WWF. (2017). Ciudades - Elementos claves para alcanzar metas del acuerdo de París. Bonn. Obtenido de http://www.wwf.org.mx/noticias/noticias_cambio_climatico.cfm?uNewsID=316471



Alcaldía de Medellín