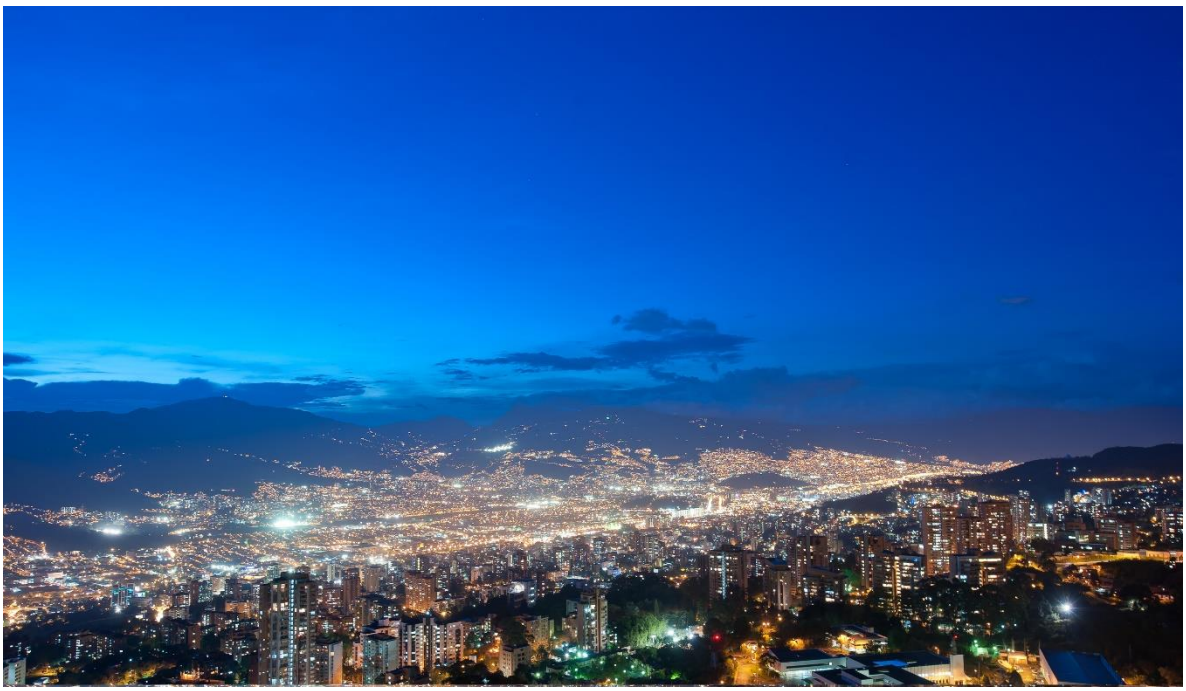
Alcaldía de Medellín

Inventario de Gases Efecto Invernadero bajo el estándar GPC para el Municipio de Medellín - Año base 2015
Actualización – Inventario BÁSICO+



Fuente: Alcaldía de Medellín

INFORME FINAL
2019

Alcaldía de Medellín

Alcaldía de Medellín

Inventario de Gases Efecto Invernadero bajo el estándar GPC para el Municipio de Medellín - Año base 2015 Actualización – Inventario BÁSICO+

INFORME FINAL
2019

ALCALDÍA DE MEDELLÍN

FEDERICO ANDRÉS GUTIÉRREZ ZULUAGA
Alcalde

SERGIO ANDRÉS OROZCO ESCOBAR
Secretario de Medio Ambiente

VERÓNICA COTES LONDOÑO
Subsecretaria de Gestión Ambiental

JAVIER EDUARDO POSADA MUÑOZ
Subsecretario de Recursos Naturales Renovables

ALCALDÍA DE MEDELLÍN
SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE

EQUIPO DE TRABAJO

LINA MARCELA LÓPEZ MONTOYA
Asesora C40

NATALIA ARCILA MARIN
Contratista

LAURA XIMENA GARCÍA ECHEVERRI
Contratista

ISABEL URIBE GIRALDO
Contratista

DIANA CAROLINA BEDOYA RAMIREZ
Contratista

GLORIA INÉS BENJUMEA PÉREZ
Profesional Universitaria

DIANA FRANKEL GALLO
Profesional Universitaria

TOMAS FELIPE TINTINAGO VÁSQUEZ
Líder de Proyecto

TABLA DE CONTENIDO

SIGLAS Y ABREVIATURAS 12
1. INTRODUCCIÓN 14
2. OBJETIVOS 15
2.1 GENERAL 15
2.2 ESPECÍFICOS 15
3. ANTECEDENTES 15
4. METODOLOGÍA DE CALCULO DE EMISIONES DE GEI 17
4.1 DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO DE REPORTE GPC 17
4.2 CÁLCULO DE EMISIONES 21
4.3 ÁREA DE ESTUDIO Y COBERTURA TEMPORAL 21
4.4 CALIDAD Y VERIFICACIÓN DE DATOS 22
5. RESULTADOS GENERALES 22
5.1 EMISIONES TOTALES 22
5.2 EMISIONES POR ALCANCES 24
5.3 EMISIONES DE GEI POR SECTOR Y SUBSECTOR 25
5.3.1 Energía Estacionaria 25
5.3.2 Transporte 30
5.3.3 Residuos 33
5.3.4 Agricultura, Silvicultura y Otros Usos de la Tierra – AFOLU 36
5.3.5 Procesos Industriales y Uso de Productos – IPPU 71
6. CONCLUSIONES 98
7. BIBLIOGRAFÍA 100

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Compromisos en los que incurren las ciudades que hacen parte de la red mundial de ciudades C40. Dichos compromisos abarcan tanto la adaptación y mitigación al cambio climático como requerimientos en la forma de reporte tanto del inventario como del plan. 16
Tabla 2. Definiciones de los alcances 1, 2 y 3 19
Tabla 3. Claves de notación..... 20
Tabla 4. Indicadores de calidad global. Fuente: (WRI; C40 Cities; ICLEI, 2014) 22
Tabla 5. Resultados totales generales discriminados por sector y por alcance para cada uno de los territorios evaluados. 23
Tabla 6. Indicadores de intensidad de emisiones para cada uno de los territorios evaluados. 23
Tabla 7. Información detallada que se usó en el cálculo de las emisiones de GEI del sector de Energía Estacionaria..... 26
Tabla 8. Factores de emisión utilizados para la realización del inventario en los sectores de energía Estacionaria y Transporte. Todos fueron obtenidos de la Unidad de Planeación Minero Energética - UPME 27
Tabla 9. 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)..... 28
Tabla 10. Información detallada que se usó en el cálculo de las emisiones de GEI del sector de Transporte. 31
Tabla 11. 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)..... 31
Tabla 12. Información detallada que se usó en el cálculo de las emisiones de GEI del sector de Residuos..... 33
Tabla 13. 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). 34
Tabla 14. Estructura general del sector AFOLU según las Guías del IPPC 2006..... 36
Tabla 15. Subclasificación de los bovinos de leche utilizada para el inventario. La clasificación original corresponde a los datos entregados por el ICA. 39

Tabla 16. Tipo de explotación promedio 39
Tabla 17. Subclasificación de los bovinos de carne utilizada para el inventario. La clasificación original corresponde a los datos entregados por el ICA. 39
Tabla 18. Subclasificación de los porcinos utilizada para el inventario. La clasificación original corresponde a los datos entregados por el ICA 40
Tabla 19. Inventario sector avícola. Datos originales provistos por el ICA 40
Tabla 20. Inventario de animales utilizados. Datos provistos por el ICA y el Anuario estadístico de Antioquia. 41
Tabla 21. Variables y Factores de Emisión utilizados para calculas las emisiones de CH_4 del subsector Ganadería – Fermentación entérica y Gestión del Estiércol..... 43
Tabla 22. Variables y Factores de Emisión utilizados para calculas las emisiones de N_2O del subsector Ganadería – Gestión del Estiércol. 44
Tabla 23. Homologación de categorías de coberturas terrestres. 50
Tabla 24. Matriz de cambio en las coberturas de la tierra en los dos años analizados 2012 – 2015. La diagonal de la matriz corresponde a las áreas que permanecieron en los mismos usos de la tierra. Los demás valores (diferentes a los consignados en la diagonal), corresponden a las áreas que cambiaron a un tipo de cobertura diferente respecto al año de inicio del análisis. 52
Tabla 25. Volumen de madera aprovechada en 2015, según los registros del ICA. También se presenta el dato entregado por el DAGRD respecto a las áreas afectadas por incendios de coberturas en 2015. 53
Tabla 26. Producción agrícola por tipo de productos para el Municipio de Medellín – Datos desagregados. Datos obtenidos de la *Caracterización de Productores Agropecuarios Rurales de Medellín* (Alcaldía de Medellín, 2016) 53
Tabla 27. Producción agrícola por tipo de productos para el Municipio de Medellín – Datos agregados. Datos obtenidos de la *Caracterización de Productores Agropecuarios Rurales de Medellín* (Alcaldía de Medellín, 2016). 54
Tabla 28. Desagregación por tipo de cultivos..... 55
Tabla 29. Factores de emisión utilizados para el cálculo de emisiones de GEI del Sector AFOLU, subsector Tierras (3B)..... 55
Tabla 30. Total de cal aplicada en el Municipio de Medellín durante el 2015. 62
Tabla 31. Total urea aplicada en los suelos del Municipio de Medellín. 62
Tabla 32. Dosis de N por fertilización sintética aplicada por tipo de cultivo 63
Tabla 33. Cantidad de N aplicados a los suelos dados los procesos de fertilización..... 64
Tabla 34. Datos de actividad en relación a la fertilización orgánica en el Municipio de Medellín 64
Tabla 35. Cantidad anual de N en residuos agrícolas aéreos y subterráneos – Ecuación 11.6 | Guías IPCC 2006 65
Tabla 36. N depositado en suelo dados los residuos de cultivos. 66
Tabla 37. N mineralizado por cambio en los usos o gestión del suelo 66
Tabla 38. Factores de emisión utilizados para el cálculo de emisiones de GEI del Sector AFOLU, subsector Fuentes Agregadas y Emisión de Gases no-CO_2 (3C)..... 67
Tabla 39. Resultados desagregados para cada uno de los subsectores pertenecientes al sector AFOLU. 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). 68
Tabla 40. Emisiones de GEI en el subsector pecuario del sector AFOLU 69
Tabla 41. Emisiones de GEI en el subsector tierras del sector AFOLU 70
Tabla 42. Emisiones de GEI en el subsector de fuentes agregadas y emisiones de gases no-CO_2 en tierras del sector AFOLU 70
Tabla 43. Estructura general del sector IPPU según las Guías del IPPC 2006 72
Tabla 44. Datos de actividad para el cálculo de las emisiones de GEI para la subcategoría "Otros usos de carbonatos" 75
Tabla 45. Variables y Factores de Emisión utilizados para calcular las emisiones de CO_2 para la subcategoría "Otros usos de carbonatos" 75
Tabla 46. Datos de actividad para el cálculo de las emisiones de GEI para la subcategoría "Otros: Producción de anhídrido ftálico y anhídrido maleico" 77
Tabla 47. Variables y Factores de Emisión utilizados para calcular las emisiones de CO_2 para la subcategoría "Otros: Producción de anhídrido ftálico y anhídrido maleico". 77
Tabla 48. Datos de actividad para el cálculo de las emisiones de GEI para la subcategoría "Producción de hierro y acero" 79
Tabla 49. Variables y Factores de Emisión utilizados para calcular las emisiones de CO_2 para la subcategoría "Producción de hierro y acero" 79
Tabla 50. Datos de actividad para el cálculo de las emisiones de GEI para la subcategoría "Uso de lubricantes" 80
Tabla 51. Variables y Factores de Emisión utilizados para calcular las emisiones de CO_2 para para la subcategoría "Uso de lubricantes" 81
Tabla 52. Datos de actividad para el cálculo de las emisiones de GEI para la subcategoría "Uso de cera parafinada" 82
Tabla 53. Variables y Factores de Emisión utilizados para calcular las emisiones de CO_2 para para la subcategoría "Uso de cera parafinada" 82
Tabla 54. Datos de actividad para el cálculo de las emisiones de GEI para la subcategoría "Uso de solventes" 83
Tabla 55. Variables y Factores de Emisión utilizados para calcular las emisiones de COVDM para para la subcategoría "Uso de solventes" 84
Tabla 56. Datos de actividad para el cálculo de las emisiones de GEI para la subcategoría "Otros: Uso de Asfalto" 85
Tabla 57. Variables y Factores de Emisión utilizados para calcular las emisiones de COVDM para para la subcategoría "Uso de asfalto" 85
Tabla 58. Datos de actividad para el cálculo de las emisiones de GEI para la subcategoría "Refrigeración y aire acondicionado" 88
Tabla 59. Consideraciones del modelo para para la subcategoría "Refrigeración y aire acondicionado" 88
Tabla 60. Datos de actividad para el cálculo de las emisiones de GEI para la subcategoría "Uso de equipos eléctricos" 90

Tabla 61. Datos de actividad para el cálculo de las emisiones de GEI para la subcategoría “Aplicaciones médicas” 91
Tabla 62. Variables y Factores de Emisión utilizados para calcular las emisiones de N_2Opara para la subcategoría “Aplicaciones médicas” 91
Tabla 63. Datos de actividad para el cálculo de las emisiones de GEI para la subcategoría “Uso de equipos eléctricos”..... 92
Tabla 64. Variables y Factores de Emisión utilizados para calcular las emisiones de N_2Opara para la subcategoría “Propulsor para productos presurizados y aerosoles” 92
Tabla 65. Datos de actividad para el cálculo de las emisiones de GEI para la subcategoría “Industria de alimentos y bebidas” 94
Tabla 66. Variables y Factores de Emisión utilizados para calcular las emisiones de COVDM para para la subcategoría “Industria de alimentos y bebidas” 94
Tabla 67. Resultados desagregados para cada uno de los subsectores pertenecientes al sector IPPU. 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). 95
Tabla 68. Emisiones de GEI para el subsector de “Uso No Energético de Combustibles y Solventes” del sector IPPU 97
Tabla 69. Emisiones de GEI el subsector de “Procesos Industriales” del sector IPPU 98

LISTA DE GRAFICAS

Figura 1. Acciones que se han venido desarrollando en la planificación climática a nivel nacional, departamental y regional. 16
Figura 2. Sello otorgado al Municipio de Medellín dado el compromiso adquirido con C40 17
Figura 3. 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+. 18
Figura 4. 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) 19
Figura 5. Plataforma de reporte CIRIS. Fuente: (C40 Cities, 2017)..... 20
Figura 6. Delimitación político – administrativa del Municipio de Medellín. Fuente: (Alcaldía de Medellín, 2018) 21
Figura 7. Gráficos comparativos discriminados por sectores que muestran los siguientes tipos de emisiones en ton CO_2eq: a) Emisiones totales, b) Emisiones per cápita, c) Emisiones por unidad de área. Las barras azul oscuro indican el sector *Energía Estacionaria*, barras naranja indican el sector *Transporte*, barras grises indican el sector *Residuos,* barras amarillas indican el sector *AFOLU* y finalmente barras azul claro identifican al sector *IPPU.* 24
Figura 8. Participación porcentual de cada uno de los alcances (Tabla 2) en la sumatoria total de emisiones de GEI para Medellín y el Valle de Aburrá. 24
Figura 9. Gráficos comparativos para el sector de Energía Estacionaria que muestran los siguientes tipos de emisiones en ton CO_2eq: a) Emisiones totales, b) Emisiones per cápita, c) Emisiones por unidad de área..... 30
Figura 10. Gráficos comparativos para el sector de Transporte que muestran los siguientes tipos de emisiones en ton CO_2eq: a) Emisiones totales, b) Emisiones per cápita, c) Emisiones por unidad de área 32
Figura 11. Gráficos comparativos para el sector de que muestran los siguientes tipos de emisiones en ton CO_2eq: a) Emisiones totales, b) Emisiones per cápita, c) Emisiones por unidad de área..... 35
Figura 12. Gráficos comparativos para el sector de AFOLU que muestran los siguientes tipos de emisiones en ton CO_2eq: a) Emisiones totales, b) Emisiones per cápita, c) Emisiones por unidad de área 69
Figura 13. Gráficos comparativos para el sector de IPPU que muestran los siguientes tipos de emisiones en ton CO_2eq: a) Emisiones totales, b) Emisiones per cápita, c) Emisiones por unidad de área..... 96

LISTA DE ANEXOS

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

ANEXOS SECTOR AFOLU
ANEXO 2. 3A1_Enteric_Fermentation - 2015
ANEXO 3. 3A2_Manure_Management - 2015
ANEXO 4. 3B1a_FL_Remaining_FL_2015
ANEXO 5. 3B1b_Land Converted to FL_2015
ANEXO 6. 3B2a_CL_Remaining_CL_2015
ANEXO 7. 3B2bi_Land_Converted_to_CL_2015
ANEXO 8. 3B3a_GL_Remaining_GL_2015
ANEXO 9. 3B3b_Land_Converted_to_GL_2015
ANEXO 10. 3B5b_Land_Converted_to_SL_2015
ANEXO 11. 3B6b_Land_Converted_to_OL_2015
ANEXO 12. 3C1a_Biomass Burning FL_2015
ANEXO 13. 3C2_Liming_2015
ANEXO 14. 3C3_Urea_Fertilization_2015
ANEXO 15. 3C4_Direct N2O Soils_2015
ANEXO 16. 3C5_Indirect N2O Soils_2015

ANEXOS SECTOR IPPU
ANEXO 17. 2A4a_Mineral_Industry_2015
ANEXO 18. 2B10b_Chemical_Industry_2015
ANEXO 19. 2C1_Metal_Industry_2015
ANEXO 20. 2D1_ Non_Energy_Produces_2015
ANEXO 21. 2D2_ Non_Energy_Produces_2015
ANEXO 22. 2D3_ Non_Energy_Produces_2015
ANEXO 23. 2D4_ Non_Energy_Produces_2015
ANEXO 24. 2F1a_ ODS_Substitutes_2015
ANEXO 25. 2F1ba 2F1bb_ODS_Substitutes_2015
ANEXO 26. 2F1ba_ODS_Substitutes_2015
ANEXO 27. 2F1bb_ODS_Substitutes_2015
ANEXO 28. 2G1b_Other_Product_2015
ANEXO 29. 2G3a-b_Other_Product_2015
ANEXO 30. 2H2a_ Others_2015
ANEXO 31. 2H2b_ Others_2015

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

Corantioquia: Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia

COP: Conferencia de las Naciones Unidas Sobre Cambio Climático

CORINAIR: CORe INventory AIR emissions

DAGRD: Departamento Administrativo de Gestión del Riesgo de Desastres

DANE: Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas

EMEP: Convention on Long Range Transboundary Air Pollution

EMVARIAS: Empresas Varias de Medellín

EPA: Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos

EPM: Empresas Públicas de Medellín

FE: Factores de Emisión

FECOC: Factores de Emisión de los Combustibles Colombianos

GEI: Gases Efecto Invernadero

GLP: Gas Licuado de Petróleo

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

IPPU: Procesos Industriales y Usos de Productos

ODS: Objetivos de Desarrollo Sostenible

ONU: Organización de Naciones Unidas

PAM: Plan Ambiental de Medellín

PEOCs: Planes Especiales de Ordenamiento Corregimental

PIB: Producto Interno Bruto

PMGRD: Plan Municipal de Gestión de Riesgos de Desastres

PMR: Productos de Madera Recolectada

PNUMA: Programa de las Naciones Unidas por el Medio Ambiente

POT: Plan de Ordenamiento Territorial

POTA: Plan de Ordenamiento Territorial Agropecuario de Antioquia

RUA: Registro Único Ambiental

SAO: Sustancias Agotadoras de la Capa de Ozono

SUI: Sistema Único de Información de Servicios Públicos Domiciliarios

UCLG: Gobiernos Locales Unidos

UMATA: Unidad Municipal de Asistencia Técnica Agropecuaria

UPB: Universidad Pontificia Bolivariana

UPME: Unidad de Planeación Minero Energética

WRI: World Resources Inastitute

1. INTRODUCCIÓN

En la XXI Conferencia de las Partes de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (UNEP - Climate Action, 2015), realizada en París en 2015 (COP 21), cuyo objetivo principal fue establecer metas claras y ambiciosas que eviten el calentamiento planetario por encima de los 2°C con respecto a niveles preindustriales, Colombia formalizó su compromiso de reducir las emisiones de Gases Efecto Invernadero (GEI) en un 20 por ciento, con relación a las emisiones proyectadas para el 2030 (García-Arbeláez, Barrera, Gómez, & Suárez-Castaño, 2015).

Para ayudar a dar cumplimiento a dicho compromiso, y para estar alineados de igual forma con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), el Municipio de Medellín ha venido desarrollando un serie de acciones encaminadas a la planificación climática de la ciudad, tales como, la suscripción del Acuerdo número 46 de 2015, "por medio el cual se adopta la estrategia integral para la gestión del cambio climático y la variabilidad climática en el Municipio de Medellín"; el Acuerdo 48 de 2014,"Por medio del cual se adopta la revisión y ajuste de largo plazo del Plan de Ordenamiento Territorial" – POT- que incorpora el cambio climático como parte integral de su estructura; el Plan Ambiental de Medellín – PAM - 2012 – 2019, "Hacia una ciudad sostenible"; el Plan de Desarrollo Municipal – PDM 2016 – 2019, "Medellín cuenta con vos" y; el Plan Municipal de Gestión de Riesgos de Desastres (PMGRD).

Adicional a la implementación de estos instrumentos, y como acción de soporte en temas de planificación climática, la ciudad suscribió un pacto con el Grupo de Liderazgo Climático C40, grupo de ciudades que trabajan para reducir las emisiones de GEI y adaptarse al Cambio Climático (C40, 2018). Dicho pacto comprometió a la ciudad a elaborar un Inventario de Emisiones de GEI para su territorio usando el estándar Protocolo Global para Inventario de Emisiones de GEI a escala comunitaria – GPC - (WRI; C40 Cities; ICLEI, 2014), el cual es un método de reporte especial para ciudades, esto con el fin de comunicar de manera clara y poder comparar los resultados propios con los obtenidos por otras ciudades a nivel mundial. Es preciso resaltar que la realización del inventario que acá se presenta contó con el acompañamiento y la asesoría permanente de C40, a través de sus asesoras Ines Lockhart y Lina Marcela López.

Entendiendo que los Inventarios de GEI son mecanismos de cuantificación que permiten medir la cantidad de gases liberados o capturados a la atmósfera durante un periodo de tiempo establecido y que las ciudades, son responsables del 70% de las emisiones de estos gases (WWF, 2017) es necesario que el desarrollo de acciones efectivas, en el corto y mediano plazo, que permitan cumplir con las metas del acuerdo de París, se encuentren respaldadas por una línea base de emisiones de GEI y dirigidas mediante un Plan de Acción Climática de ciudad, que contribuya a encaminar el desarrollo mundial desde lo local, por un sendero de equilibrio y competitividad. Teniendo esto en mente, La Alcaldía de Medellín actualizó su Inventario de GEI a un Inventario BÁSICO+, con año base 2015, contabilizando las emisiones de dióxido de carbono - CO_2, metano - CH_4, óxido nitroso - N_2O, Hidrofluorocarburos – Perfluorocarburos - HFC y PFC para los sectores de Energía

Estacionaria, Residuos, Transporte, AFOLU e IPPU, los cuales corresponden con un inventario BÁSICO+ en los alcances 1, 2 y 3.

Teniendo esto en mente, La Alcaldía de Medellín ha desarrollado la actualización de su primer Inventario de GEI, con año base 2015, el cual busca contabilizar las emisiones de diferentes GEI, reportados en CO_2e (CO_2 equivalente), para los sectores de Energía Estacionaria, Transporte, Residuos, Procesos Industriales y Uso de Productos - IPPU y Agricultura, Silvicultura y Otros Usos del Suelo – AFOLU, los cuales corresponden con un inventario Básico+ en los alcances 1, 2 y 3.

2. OBJETIVOS

2.1 GENERAL

Realizar la actualización a BÁSICO+ del Inventario de GEI para el Municipio de Medellín bajo el estándar GPC, año base 2015.

2.2 ESPECÍFICOS

- Identificar los actores claves en las emisiones de GEI en el Municipio de Medellín.
- Identificar y recopilar la información necesaria para realizar la actualización del Inventario de GEI – BÁSICO+.
- Emplear la Plataforma CIRIS como planilla de reporte.

3. ANTECEDENTES

A nivel nacional, departamental y regional se han adelantado acciones de medición de GEI, particularmente el Valle de Aburra ha venido realizando inventarios de emisiones atmosféricas desde el año 1998 (Figura 1), para los cuales las últimas versiones corresponden al Inventario de Emisiones de GEI para los años base 2009 y 2011 y las consiguientes actualizaciones de los Inventarios de Emisiones Atmosféricas de Contaminantes Criterio realizado en 2013 y 2016. Dentro de los resultados de estos estudios, 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 venía 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 natural, tal como la conocemos hoy. Es por esto, que en el 2014 se firma 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 de la red mundial de ciudades C40 - Grupo de Liderazgo Climático de Grandes Ciudades, ICLEI - Gobiernos Locales para la Sostenibilidad 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.

Las ciudades pertenecientes a esta red adquieren unos compromisos que van desde la realización de un Inventario de GEI, hasta la formulación de un Plan de Acción Climática con metas claras de reducción de emisiones. Dichas fases/compromisos están descritos en la Tabla 1.

Tabla 1. Compromisos en los que incurren las ciudades que hacen parte de la red mundial de ciudades C40. Dichos compromisos abarcan tanto la adaptación y mitigación al cambio climático como requerimientos en la forma de reporte tanto del inventario como del plan.

Fase	Escudo	Descripción
Compromiso	COMMITMENT	Comprometerse a reducir emisiones de GEI y adaptarse a los impactos del cambio climático
Inventario	INVENTORY	Medir las emisiones de GEI a nivel de las ciudades usando el método de reporte GPC. Identificar riesgos climáticos

Fase	Escudo	Descripción
Meta		Plantearse una meta/s de reducción. Evaluar vulnerabilidades climáticas.
Plan		Desarrollar planes de acción para alcanzar las metas y desarrollar un plan de adaptación.

Entendiendo la relevancia de las ciudades en la lucha contra el cambio climático, al ser éstas potenciales focos de iniciativas para lograr un desarrollo equilibrado entre el bienestar económico, social y ambiental, y con el propósito de ser parte, de manera activa, de las apuestas internacionales en este tema, el Municipio de Medellín suscribió en 2017 el *"Pacto Global de Alcaldes por el Clima y la Energía"* (Figura 2), en donde comprometió a la ciudad de Medellín a neutralizar sus emisiones de GEI a más tardar para 2050, así como adaptar y mejorar su resiliencia a los peligros climáticos; como parte de este compromiso, la administración local se embarcó en la tarea de actualizar a BÁSICO+ el Inventario de GEI para el Municipio de Medellín bajo el estándar GPC.

Figura 2. Sello otorgado al Municipio de Medellín dado el compromiso adquirido con C40

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 3. 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).

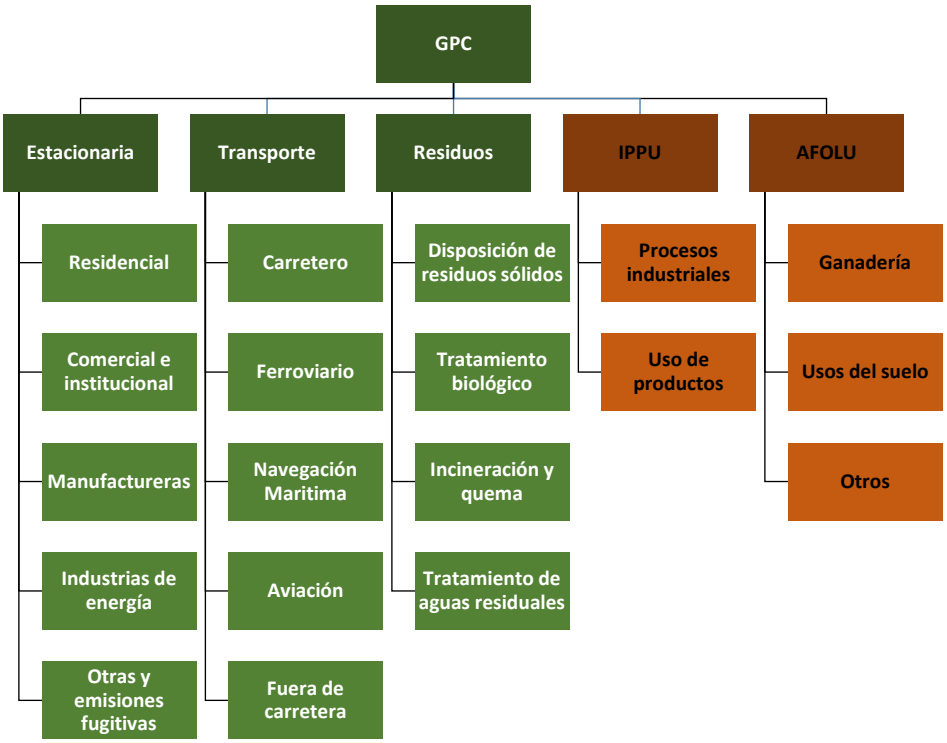


Figura 3. Sectores y subsectores utilizados para la clasificación y cuantificación de emisiones de un Inventario GEI. Los colores más oscuros (Estacionaria, Transporte, Residuos, IPPU y AFOLU) corresponden a los sectores, los colores más claros a los subsectores. En color verde se encuentran los sectores 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+.

De otra parte, los Alcances del reporte permiten 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 2 presenta las definiciones de cada uno de los alcances y la Figura 4 muestra de manera gráfica la distribución de las emisiones en la relación con los alcances de reporte.

Tabla 2. 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 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

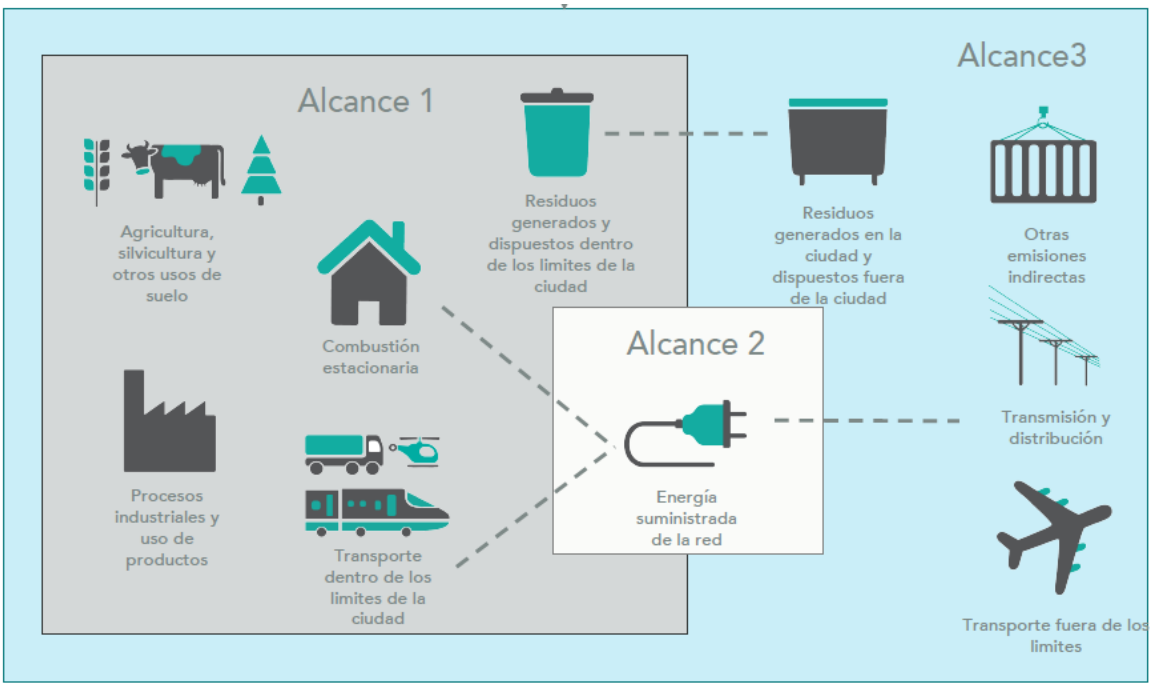


Figura 4. Fuentes de emisión para alcances 1, 2 y 3 en el nivel de reporte BÁSICO+. El área gris corresponde a la región de estudio o límite geográfico de la ciudad. Fuente: (C40 Cities, 2017)

Adicionalmente, entendiendo que las emisiones para algunos subsectores pueden ser difíciles de calcular por la dificultad 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 3) que permiten dar aclaraciones de las razones por las cuales dichas emisiones no fueron calculadas

Tabla 3. 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 pone a disposición un *"Sistema de Información y Reporte del Inventario de una Ciudad"* -CIRIS- (por sus siglas en inglés) (Figura 5), el cual es una herramienta desarrollada en una hoja de cálculo del programa 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; su descarga es gratuita y se puede cargar directamente para reportar en las plataformas CDP (Carbon Disclosure Proyect) y Carbon*n,* las cuales son organizaciones que buscan recopilar 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 5. Plataforma de reporte CIRIS. Fuente: **(C40 Cities, 2017)**

4.2 CÁLCULO DE EMISIONES

El método de reporte GPC utiliza, como se mencionó anteriormente, los métodos de cálculo establecido por el (IPCC, 2006), los cuales se basan de manera general en la multiplicación de un dato de actividad por un factor de emisión, tal como se detalla en la Ecuación 1.

Ecuación 1

$$Emisiones\ de\ GEI = Datos\ de\ actividad * Factor\ de\ emisión$$

Dado que en algunas ocasiones la información disponible puede estar dada bajo diferentes presentaciones, la herramienta CIRIS cuenta también con 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 quemas a cielo abierto de residuos sólidos y 5) aguas residuales.

4.3 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 el año 2015 como referente temporal.

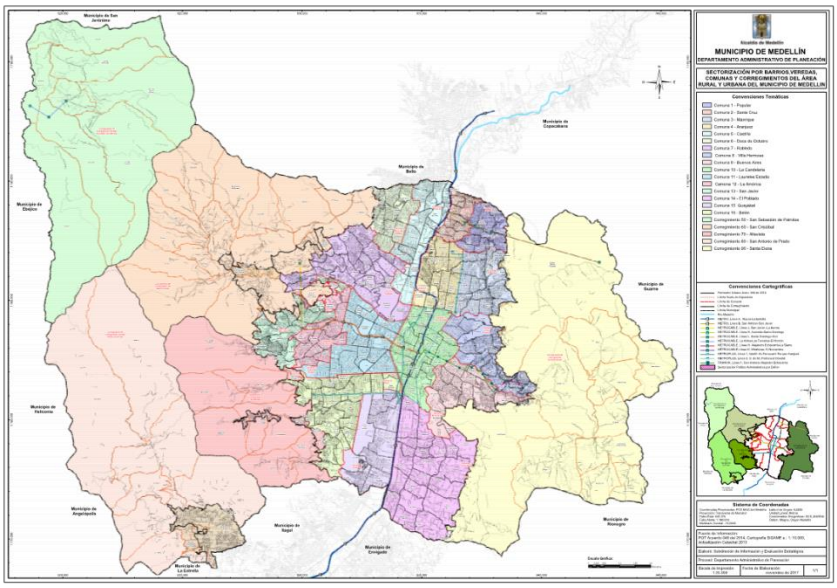


Figura 6. Delimitación político – administrativa del Municipio de Medellín. Fuente: (Alcaldía de Medellín, 2018)

El Municipio de Medellín (Figura 6) es la segunda ciudad más importante de Colombia y, a su vez, constituye capital del departamento de Antioquia. Se localiza en una altitud media de 1475 msnm. Su área es de 380,64 km^2, repartidos en 105,02 km^2 de suelo urbano, 270,42 km^2 de suelo rural y 5,2 km^2 de suelo de expansión urbana (Alcaldía de Medellín, 2018). Según proyecciones del 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 municipio del Valle de Aburrá, lo que implica que las dinámicas de estos se entrelazan y la realidad del municipio se encuentra inmerso dentro de una serie de procesos metropolitanos.

4.4 CALIDAD Y VERIFICACIÓN DE DATOS

La plataforma 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). Adicional a esto, se evaluaron la calidad, tanto de los datos de actividad como de los factores de emisión utilizados (Tabla 4) 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.

Tabla 4. 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. RESULTADOS GENERALES

5.1 EMISIONES TOTALES

La Tabla 5 presenta los resultados consolidados de los sectores considerados en cada uno de sus alcances. Las emisiones totales de GEI para Medellín para 2015 fueron de 4.731.406 tonCO_2eq. Igualmente, se presentan los totales por alcances y sectores.

Tabla 5. Resultados totales generales discriminados por sector y por alcance para cada uno de los territorios evaluados.

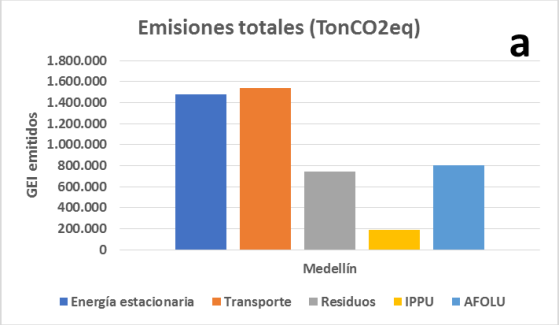
Unidad geográfica	Emisiones por sector ($tonCO_2eq$)	Alcance 1	Alcance 2	Alcance 3	Total Sectores
Medellín	**Energía Estacionaria**	623.246	711.908	141.741	**1.476.895**
	Transporte	1.470.258	12.425	53.279	**1.535.963**
	Residuos	114.896		630.063	**744.959**
	IPPU	171.739			**171.739**
	AFOLU	801.851			**801.851**
Total Alcances		**3.181.990**	**724.333**	**825.083**	
Total Medellín			**4.731.406**		

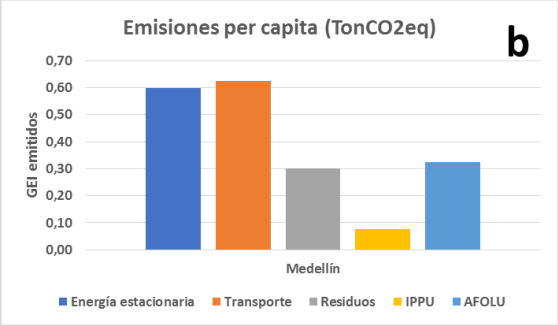
La Tabla 6 presenta los resultados consolidados de emisiones per cápita, emisiones por unidad de área y emisiones por unidad de PIB.

Tabla 6. Indicadores de intensidad de emisiones para cada uno de los territorios evaluados.

Unidad geográfica	Indicadores de intensidad	Per cápita	Por unidad de área (km^2)	Por unidad de PIB (US$m)
Medellín	Emisiones (ton CO_2eq)	1.9	12.430	305

Así mismo, se presentan los resultados anteriores de manera gráfica (Figura 7), tanto para emisiones totales, como para emisiones per cápita y emisiones por unidad de área. Se evidencian entonces, las tendencias vislumbradas en los datos crudos presentados en las tablas anteriores: en el Municipio de Medellín, las emisiones totales más representativas son dadas por el sector Transporte, seguidas muy de cerca por las emisiones provenientes de la energía estacionaria. Particular es el caso del sector AFOLU, el cual es fuente de emisiones de GEI en vez de capturas.





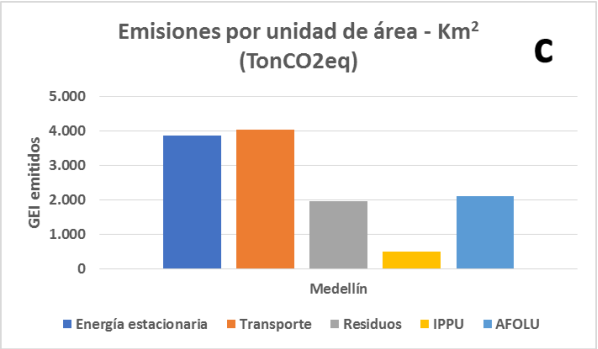


Figura 7. Gráficos comparativos discriminados por sectores que muestran los siguientes tipos de emisiones en ton CO_2eq: a) Emisiones totales, b) Emisiones per cápita, c) Emisiones por unidad de área. Las barras azul oscuro indican el sector *Energía Estacionaria*, barras naranja indican el sector *Transporte*, barras grises indican el sector *Residuos,* barras amarillas indican el sector *AFOLU* y finalmente barras azul claro identifican al sector *IPPU.*

5.2 EMISIONES POR ALCANCES

En la Figura 8 se presentan cada una de las participaciones porcentuales de los alcances explicados en la Tabla 2. Siendo el alcance 1 (Emisiones de GEI provenientes de fuentes situadas dentro de los límites de la ciudad) el que mayor representatividad tiene a la hora del conteo final de emisiones de GEI. Es decir que el territorio es responsable del 67% de las actividades generadoras de GEI que posteriormente se emiten e impactan el territorio. 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 15% 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.

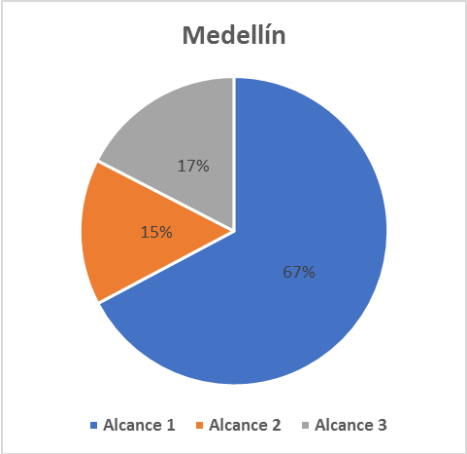


Figura 8. Participación porcentual de cada uno de los alcances (Tabla 2) en la sumatoria total de emisiones de GEI para Medellín y el Valle de Aburrá.

5.3 EMISIONES DE GEI POR SECTOR Y SUBSECTOR

5.3.1 Energía Estacionaria

Fuente: Juan Fernando Cano - El Colombiano

El sector de Energía Estacionaria es unos 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).

5.3.1.1 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, límites geográficos, 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, la Unidad de Planeación Minero Energética - UPME y el Sistema Único de Información de Servicios Públicos Domiciliarios - SUI, 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, se consultó en la Encuesta de Calidad de Vida de Medellín – 2015 (Medellín Cómo Vamos, 2016) lo relacionado a la cantidad de hogares que utilizan la

madera para la cocción de alimentos y con ayuda de estimaciones internas en cuanto a la cantidad de madera utilizada al mes por familia, se determinó la cantidad de madera usada con fines de cocción de alimentos. Por otro lado, el Área Metropolitana del Valle de Aburrá - AMVA y la Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia - Corantioquia, facilitaron, por medio de la universidad Pontifica Bolivariana - UPB, toda la información relacionada con los consumos de combustibles en fuentes fijas (industria) tanto en la zona urbana como rural (ver Tabla 7). Toda la información a la que se hace referencia, se encuentra igualmente consignada en el archivo de Excel - CIRIS entregados como ANEXO 1.

Tabla 7. Información detallada que se usó en el cálculo de las emisiones de GEI del sector de Energía Estacionaria.

Información	Datos	Fuente
Consumo gas natural residencial – estrato 1	4.195.978 m^3	EPM
Consumo gas natural residencial – estrato 2	26.604.839 m^3	
Consumo gas natural residencial – estrato 3	23.155.774 m^3	
Consumo gas natural residencial – estrato 4	8.726.418 m^3	
Consumo gas natural residencial – estrato 5	8.447.981 m^3	
Consumo gas natural residencial – estrato 6	8.664.336 m3	
Perdidas en el sistema de distribución de energía eléctrica	19.91%	
Consumo gas natural sector comercial	25.425.331 m^3	
Consumo gas natural sector institucional	785.673m^3	
Consumo energía eléctrica – estrato 1	129.140.689 kWh	Sistema Único de Información de Servicios Públicos - SUI
Consumo energía eléctrica – estrato 2	417.553.036 kWh	
Consumo energía eléctrica – estrato 3	406.785.388 kWh	
Consumo energía eléctrica – estrato 4	178.895.426 kWh	
Consumo energía eléctrica – estrato 5	151.973.560 kWh	
Consumo energía eléctrica – estrato 6	122.475.607 kWh	
Consumo Gas Licuado de Petróleo sector Comercial	8.630 m^3	
Consumo gas licuado de petróleo sector institucional	4 m^3	
Consumo energía eléctrica sector institucional	176.574.160 kWh	
Consumo de Gas Licuado de Petróleo – GLP en sector residencial	93 m^3	Unidad de Planeación minero Energética - UPME
Consumo de energía eléctrica en sector comercial	1.164.900.424 kWh	
Consumo energía eléctrica en alumbrado público	105.200.799 kWh	
Energía eléctrica consumida en el sector industrial	598.200.804 kWh	
Cantidad de hogares que usan leña para cocción de alimentos	844	Encuesta de Calidad de Vida Medellín 2015
Cantidad promedio de madera utilizada para cocción de alimentos	196 kg/mes	Secretaría de Medio Ambiente de Medellín
Consumo de aceite recuperado en el sector industrial área urbana	13.630 m^3	Área Metropolitan

Información	Datos	Fuente
Consumo de ACPM en el sector industrial área urbana	602 m^3	a del Valle de Aburrá - AMVA
Consumo de borra de café en el sector industrial área urbana	13.138 ton	
Consumo de carbón en el sector industrial área urbana	14.067 ton	
Consumo de carbón coque en el sector industrial área urbana	106 ton	
Consumo de Fuel Oil #6 en el sector industrial área urbana	569 m^3	
Consumo del GLP en el sector industrial área urbana	2.283 m^3	
Consumo de madera en el sector industrial área urbana	990 ton	
Consumo de gas natural en el sector industrial área urbana	90.048.467 m^3	
Consumo de carbón mineral en el sector industrial de la zona rural del Municipio	32.778 ton	Corantioquia
Consumo de carbón coque en el sector industrial de la zona rural del Municipio	344 ton	
Consumo de madera en el sector industrial de la zona rural del Municipio	7.083 ton	
Consumo de cisco de café en el sector industrial de la zona rural del Municipio	3.125 ton	

5.3.1.2 Factores de emisión

Los factores de emisión, 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 factores de emisión - FE usados para la realización de los inventarios se encuentran consignados en la Tabla 8. Los FE de CO_2 usados para todos los combustibles a excepción del carbón coque, el aceite recuperado y la electricidad fueron los desarrollados por la Unidad de Planeación Minero Energética - UPME, los cuales se encuentran consignados en la base de datos de los Factores de Emisión de los Combustibles Colombianos - FECOC (UPME, 2016). El FE para el aceite recuperado y carbón coque, se usaron lo consignados por defecto en las guías del IPCC (IPCC, 2006). Finalmente, el FE para energía eléctrica fue calculado siguiendo la metodología IPCC con base en el balance energético nacional (UPME, 2016) del 2015.

Tabla 8. Factores de emisión utilizados para la realización del inventario en los sectores de energía Estacionaria y Transporte. Todos fueron obtenidos de la Unidad de Planeación Minero Energética - UPME

Combustible	Factores de emisión (Kg/TJ)		
	CO_2	CH_4	N_2O
Carbón	93.317,311	1	1,5

Combustible	Factores de emisión (Kg/TJ)		
	CO_2	CH_4	N_2O
Carbón coque	94.600	1	1
Diésel móvil	74.193,483	1	3,9
Diésel estacionaria	74.193,483	1	0,6
Biodiesel móvil	54.806,487	3	3,9
Gas Natural móvil	55.539,086	1	3
Gas Natural estacionaria	55.539,086	1	0,1
Gasolina móvil	66.778,409	3	3,2
Gasolina estacionaria	66.778,409	3	0,6
GLP móvil	67.185,115	1	3
GLP estacionaria	67.185,115	1	0,1
Etanol móvil	84.758,116	3	41
Fuel Oil #6	80.460,272	3	0,6
Borra de café	90.676,956	30	4
Madera	115.342,945	30	4
Fique	112.929,718	30	4
Electricidad	0,2057	0,0000035	0,0000017
Cascara de arroz	103.875,939	30	4
Aceite recuperado	77.400	3	0,6
Jet – A1	88.461,131	3	0,6

5.3.1.3 Resultados Sector Energía Estacionaria

En la .

Tabla 9 se presentan los resultados desagregados para cada uno de los subsectores y alcances evaluados, pertenecientes al sector de Energía Estacionaria. Las emisiones totales registradas en este sector en 2015 alcanzaron 1.476.895 tonCO_2eq en Medellín. Se indican igualmente las respectivas claves de notación (Tabla 3) utilizadas, dependiendo de la condición en la que se encontrara dicha categoría de emisión dentro de la realidad municipal.

Tabla 9. 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. Ref. GPC	Emisiones GEI para el sector de Energía Estacionaria	Emisiones GEI totales (ton CO_2eq)			
		Alcance 1	Alcance 2	Alcance 3	Total
I.1	Edificios residenciales	169.951	290.155	57.770	517.876
I.2	Edificios e instalaciones comerciales e institucionales	70.633	298.375	59.406	428.414
I.3	Industrias manufactureras y de la construcción	372.763	123.978	24.565	520.705
I.4.1/2/3	Industrias de energía	NO	NO	NO	

No. Ref. GPC	Emisiones GEI para el sector de Energía Estacionaria	Emisiones GEI totales (ton CO_2eq)			
		Alcance 1	Alcance 2	Alcance 3	Total
I.4.4	Generación de energía suplida a la red	NO			
I.5	Actividades agrícolas, de silvicultura y de pesca	IE	IE	NE	
I.6	Fuentes no especificadas	NO	NO	NO	
I.7	Emisiones fugitivas de la extracción, procesamiento, almacenamiento y transporte de carbón	NO			
I.8	Emisiones fugitivas de los sistemas de petróleo y gas natural	9.900			9.900
Sub total Medellín – Energía Estacionaria		**623.246**	**711.908**	**141.741**	**1.476.895**

De igual manera en la Figura 9, se presentan estos resultados de manera gráfica. De estos resultados se puede observar que para los subsectores evaluados, las industrias manufactureras y de la construcción llevan la delantera en representatividad de manera ligera, con respecto a los otros subsectores. En términos generales se podría decir que los subsectores residencial, comercial, institucional e industrial emiten proporcionalmente la misma cantidad de GEI. Por su parte, los GEI emitidos por las emisiones fugitivas, son casi despreciables.

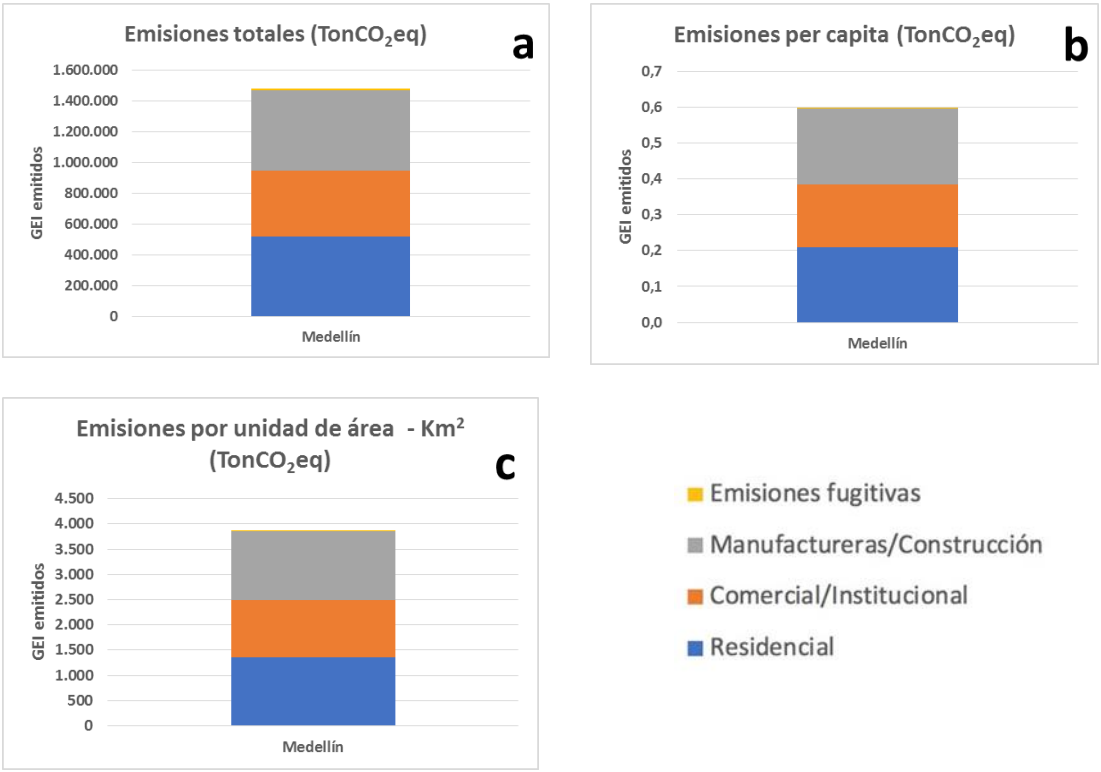


Figura 9. Gráficos comparativos para el sector de Energía Estacionaria que muestran los siguientes tipos de emisiones en ton CO_2eq: a) Emisiones totales, b) Emisiones per cápita, c) Emisiones por unidad de área.

5.3.2 Transporte

Fuente: El Colombiano

El sector de Transporte es también uno de los más críticos 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.

5.3.2.1 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.

A la hora de contabilizar las emisiones, se trabajó con información proporcionada por la Unidad de Planeación Minero Energética - UPME, en referencia a los consumos de combustibles en el Municipio de Medellín en 2015. De igual manera, se contabilizó información suministrada por el Metro de Medellín, en relación al consumo energético del mismo. Toda la información a la que se hace referencia, se encuentra consignada en la Tabla 10 y en el archivo de Excel - CIRIS entregado como ANEXO 1.

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

Información	Datos	Fuente
Volumen de gasolina (extra y corriente) vendida en Medellín	412.553 m3	Unidad de Planeación Minero Energética - UPME
Volumen de ACP vendido a Medellín	209.361 m3	
Volumen de biodiesel vendido en Medellín	596 m3	
Volumen de etanol vendido en Medellín	921 m3	
Volumen Jet – A1 consumido en el Aeropuerto Olaya Herrera	17.751 m3	
Gas Natural consumido en la operación de Metroplús, alimentadores cuenca 3 y cuenca 6, particulares y EMVARIAS	12.458.714 m3	Secretaría de Movilidad de Medellín
Consumo eléctrico Sistema Metro	60.243.776 kWh	Metro de Medellín

5.3.2.2 Factores de emisión

Los factores de emisión utilizados para los cálculos del Sector de Transporte, son los mismos que se detallaron para el Sector de Energía Estacionaria – Ver Tabla 8.

5.3.2.3 Resultados Sector Transporte

En la Tabla 11 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 3) utilizadas, dependiendo de la condición en la que se encontrara dicha categoría de emisión dentro de la realidad municipal. Se observa que las emisiones totales registradas en este sector en 2015 alcanzaron 1.535.963 tonCO_2eq en Medellín.

Tabla 11. 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. Ref. GPC	Emisiones GEI para el sector de Transporte	Emisiones GEI totales (ton CO_2eq)			
		Alcance 1	Alcance 2	Alcance 3	Total
II.1	Por carretera	1.470.258	NO	NE	1.470.258
II.2	Ferroviario	NO	12.425	615	13.040

No. Ref. GPC	Emisiones GEI para el sector de Transporte	Emisiones GEI totales (ton CO_2eq)			
		Alcance 1	Alcance 2	Alcance 3	Total
II.3	Navegación marítima, fluvial y lacustre	NO	NO	NO	
II.4	Aviación	NO	NO	52.664	52.664
II.5	Fuera de carretera	IE	NO	NO	
Sub total Medellín - Transporte		**1.470.258**	**12.425**	**53.279**	**1.535.963**

De igual manera en la Figura 10 se presentan los mismos resultados para el sector Transporte, de manera gráfica. Se observa entonces como, para este sector, el transporte en carretera representa el 96% del total de las emisiones, seguido por la aviación con el 3% y finalmente el sistema ferroviario con el 1% de las emisiones de GEI. Por lo tanto el parque automotor del Municipio es el responsable de prácticamente la totalidad de las emisiones del sector.

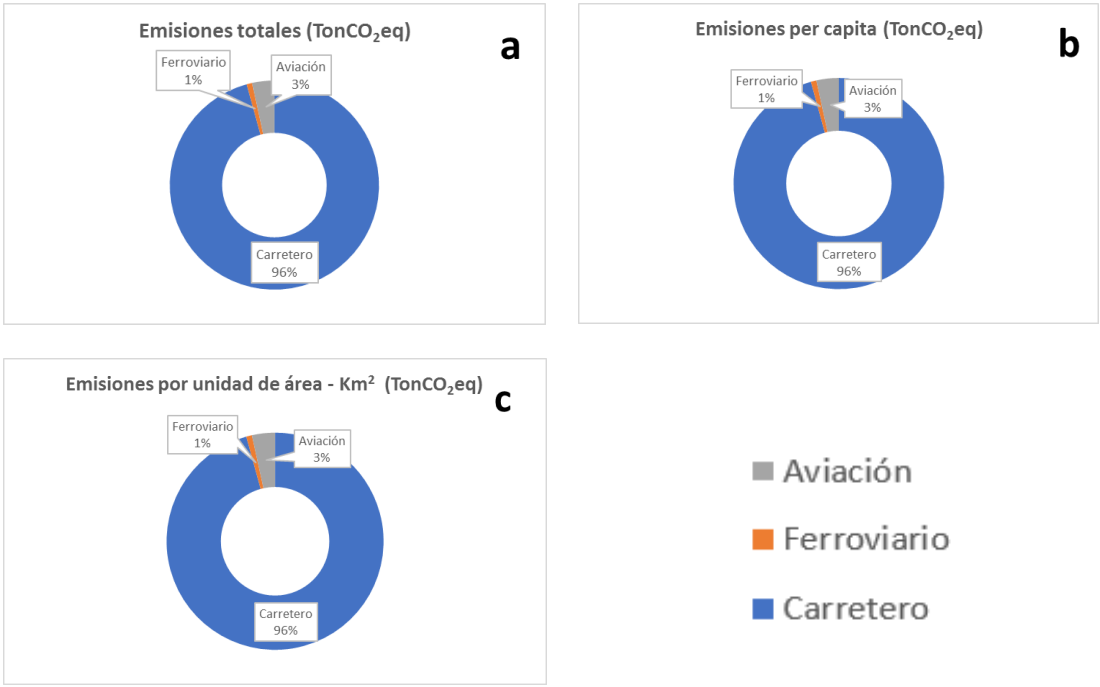


Figura 10. Gráficos comparativos para el sector de Transporte que muestran los siguientes tipos de emisiones en ton CO_2eq: a) Emisiones totales, b) Emisiones per cápita, c) Emisiones por unidad de área

5.3.3 Residuos

Fuente: Propia

El sector de Residuos es el sector menos impactante 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 y relleno sanitario.

5.3.3.1 Fuentes de información y datos de actividad

Para cuantificar las emisiones, se trabajó con información (Tabla 12) proporcionada por Empresas Varias de Medellín – EMVARIAS, referente a las toneladas dispuestas por cada uno de los Municipios en el Relleno Sanitario La Pradera, además de la caracterización de dichos residuos. Así mismo se complementó con la información entregada por el equipo de residuos de la Secretaría de Medio Ambiente de Medellín, referente a la caracterización de residuos del Municipio. 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 12. Información detallada que se usó en el cálculo de las emisiones de GEI del sector de Residuos.

Información	Datos	Fuente
Cantidad de residuos dispuestos en relleno	604.042 ton	Emvarias
Caracterización de residuos	Caracterización	Equipo de Residuos de la Secretaría de Medio Ambiente de Medellín

Información	Datos	Fuente
Vol de aguas residuales de origen residencial	2.872.601 m^3	EPM
DBO_5	328 mg/l	
Vol de aguas residuales de origen industrial	188.979 m^3	
Vol de metano recuperado	5.043.374 m^3	
Vol de metano quemado en antorcha	49.646 m^3	

5.3.3.2 Factores de emisión

Para el Sector de Residuos, se optó por hacer uso de la "calculadora" que viene incorporada en CIRIS, dicha herramienta trae factores de emisión por defecto que facilitan en caso de ser necesario el cálculo de las emisiones del sector. Toda la información a la que se hace referencia, se encuentra consignada en el archivo de Excel - CIRIS entregado como ANEXO.

5.3.3.3 Resultados del Sector Residuos

En la .

Tabla 13 se presentan, al igual que en los sectores anteriores, 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 3) utilizadas, dependiendo de la condición en la que se encontrara dicha categoría de emisión dentro de la realidad municipal.

Tabla 13. 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. Ref. GPC	Emisiones GEI para el sector Residuos	Emisiones GEI totales (ton CO_2eq)			
		Alcance 1	Alcance 2	Alcance 3	Total
III.1.1/2	Disposición de residuos sólidos generados en la ciudad	NO		630.063	630.063
III.2.1/2	Tratamiento biológico de residuos generados en la ciudad	NO		NO	
III.3.1/2	Incineración y quema a cielo abierto de residuos generados en la ciudad	NO		NO	
III.4.1/2	Aguas residuales generadas en la ciudad	114.896		NO	114.896
III.1.3	Residuos sólidos generados fuera de la ciudad	NO			
III.2.3	Residuos sólidos generados fuera de la ciudad que son tratados biológicamente	NO			

No. Ref. GPC	Emisiones GEI para el sector Residuos	Emisiones GEI totales (ton CO_2eq)			
		Alcance 1	Alcance 2	Alcance 3	Total
III.3.3	Residuos sólidos generados fuera de la ciudad que se incineran o queman a cielo abierto	NO			
III.4.3	Aguas residuales generadas fuera de la ciudad	NO			
Sub total Medellín - Residuos		**114.896**		**630.063**	**744.959**

De igual manera en la Figura 11 se presentan los mismos resultados para el sector Residuos, de manera gráfica. Se observa entonces como para este sector, las emisiones provenientes del relleno sanitario son, sin lugar a dudas, las más representativas, con el 85% del total.

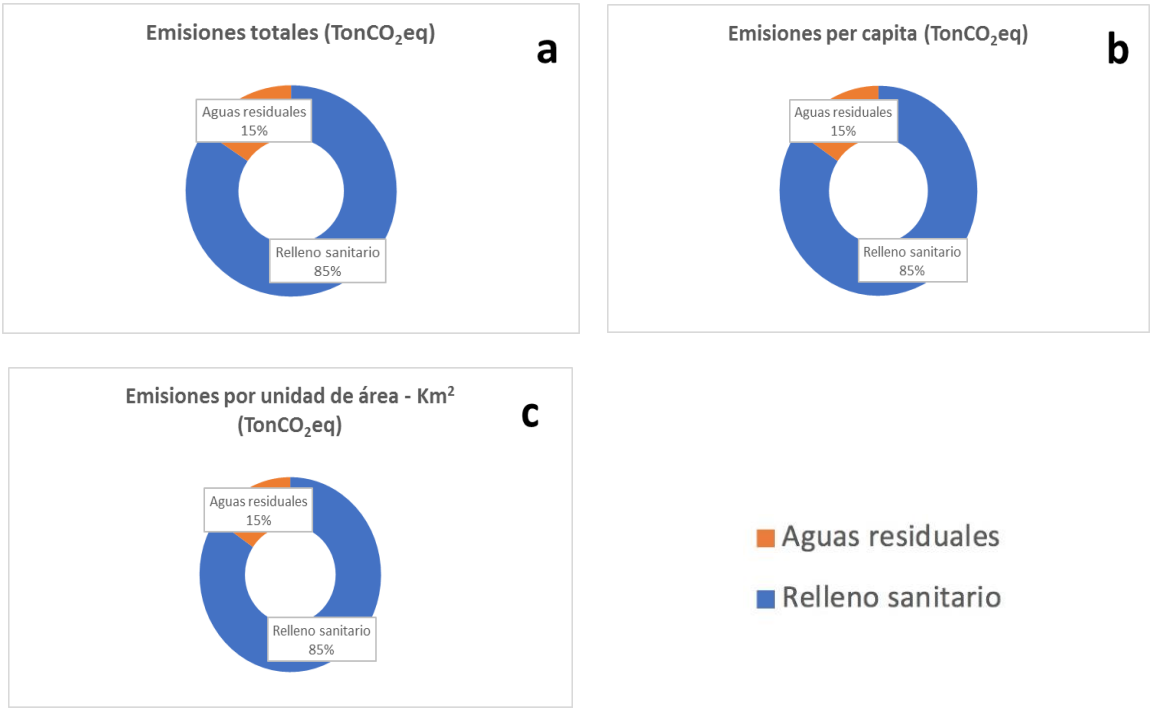


Figura 11. Gráficos comparativos para el sector de que muestran los siguientes tipos de emisiones en ton CO_2eq: a) Emisiones totales, b) Emisiones per cápita, c) Emisiones por unidad de área

5.3.4 Agricultura, Silvicultura y Otros Usos de la Tierra – AFOLU

El sector de Agricultura, silvicultura y otros usos del suelo (Agriculture, forestry, and other land use, AFOLU) produce emisiones de GEI a través de una variedad de vías, 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 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.

A continuación se presenta la estructura general que maneja el IPCC en cuanto al sector AFOLU - Tabla 14

Tabla 14. Estructura general del sector AFOLU según las Guías del IPPC 2006

Categorías IPPC 2006			
Categorías	**Subcategorías**		
	3A1 Fermentación entérica del ganado	3A1ai	Ganado lechero
		3A1aii	Otro ganado
		3A1b	Búfalos
		3A1c	Ovejas
		3A1d	Cabras
		3A1e	Camellos
		3A1f	Caballos

Categorías IPPC 2006			
Categorías	**Subcategorías**		
3A Ganadería		3A1g	Mulas y Asnos
		3A1h	Cerdos
		3A1i	Otros
	3A2 Manejo del estiércol	3A2ai	Ganado lechero
		3A2aii	Otro ganado
		3A2b	Búfalos
		3A2c	Ovejas
		3A2d	Cabras
		3A2e	Camellos
		3A2f	Caballos
		3A2g	Mulas y Asnos
		3A2h	Cerdos
		3A2i	Aves de corral
		3A2j	Otros
3B Tierras	3B1 Tierras forestales	3B1a	Tierras forestales que permanecen como tales
		3B1bi	Tierras de cultivo convertidas a tierras forestales
		3B1bii	Pastizales convertidos a tierras forestales
		3B1biii	Tierras inundadas convertidas a tierras forestales
		3B1biv	Asentamientos convertidos a tierras forestales
		3B1bv	Otras tierras convertidas a tierras forestales
	3B2 Tierras de cultivo	3B2a	Tierras de cultivo que permanecen como tales
		3B2bi	Tierras forestales convertidas a tierras de cultivo
		3B2bii	Pastizales convertidos a tierras de cultivo
		3B2biii	Tierras inundadas convertidas a tierras de cultivo
		3B2biv	Asentamientos convertidos a tierras de cultivo
		3B2bv	Otras tierras convertidas a tierras de cultivo
	3B3 Pastizales	3B3a	Pastizales que permanecen como tales
		3B3bi	Tierras forestales convertidas a pastizales
		3B3bii	Tierras de cultivo convertidas a pastizales
		3B3biii	Tierras inundadas convertidas a pastizales
		3B3biv	Asentamientos convertidos a pastizales
		3B3bv	Otras tierras convertidas a pastizales
	3B4 Turberas		
	3B5 Asentamientos	3B5a	Asentamientos que permanecen como tales
		3B5bi	Tierras forestales convertidas a asentamientos
		3B5bii	Tierras de cultivo convertidas a asentamientos
		3B5biii	Pastizales convertidos a asentamientos
		3B5biv	Tierras inundadas convertidas a asentamientos
		3B5bv	Otras tierras convertidas a asentamientos
	3B6 Otras tierras	3B6bi	Tierras forestales convertidas a otras tierras
		3B6bii	Tierras de cultivo convertidas a otras tierras
		3B6biii	Pastizales convertidos a otras tierras
		3B6biv	Tierras inundadas convertidas a otras tierras
		3B6bv	Asentamientos convertidos a otras tierras
3C Fuentes agregadas y emisiones de gases no-CO_2 en tierras	3C1 Quema de biomasa	3C1a	Quema de biomasa en tierras forestales
		3C1b	Quema de biomasa en tierras de cultivo
		3C1c	Quema de biomasa en pastizales
		3C1d	Quema de biomasa en otras tierras
	3C2	Aplicación de cal	
	3C3	Aplicación de urea	
	3C4	Emisiones directas de N_2O por el manejo de suelos	
	3C5	Emisiones indirectas de N_2O por el manejo de suelos	
	3C6	Emisiones indirectas de N_2O por el manejo de estiércol	

Categorías IPPC 2006		
Categorías	**Subcategorías**	
	3C7	Cultivos de arroz
3D Otras	3D1 Productos de madera cosechada	

5.3.4.1 Ganadería (3A)

La producción de ganado puede traer como resultado emisiones de metano - CH_4 resultante de la fermentación entérica y emisiones de CH_4 y de óxido nitroso - N_2O de los sistemas de gestión del estiércol del ganado. Los vacunos constituyen una fuente importante de CH_4 debido a su gran población y a la alta tasa de emisión de CH_4 provocada por su sistema digestivo rumiante. Las emisiones de metano producidas por la gestión del estiércol tienden a ser menores que las entéricas; las emisiones más significativas se asocian con operaciones de gestión de animales confinados en las que el estiércol se maneja por medio de sistemas basados en líquidos. Las emisiones de óxido nitroso resultantes de la gestión del estiércol varían significativamente entre los tipos de sistemas de gestión utilizados y, además, pueden provocar emisiones indirectas debidas a otras formas de pérdida de N del sistema (IPCC, 2006). A continuación se presentan los detalles de los datos utilizados para la realización de los cálculos correspondientes.

Emisiones de CH_4 a partir de la Fermentación Entérica y la Gestión del Estiércol (3A1 – 3A2)

Para el subsector *Ganadería,* se tuvieron como guía las Directrices del IPCC 2006 y el Inventario de Emisiones de Gases Efecto Invernadero del Valle de Aburrá, años 2009 – 2011 – Sector AFOLU. Toda la información compilada se registró de manera desagregada en los ANEXOS que se entregan junto con este informe y de manera compilada en el archivo CIRIS que también es entregado como ANEXO.

Fuentes de información y datos de actividad

Para obtener los datos de actividad se solicitó información al Instituto Colombiano Agropecuario - ICA y a la Gobernación de Antioquia mediante el Anuario Estadístico de Antioquia – 2015. Una vez analizados los datos, se seleccionaron los más representativos y completos de las especies inventariadas. Las diferentes especies animales se clasificaron de acuerdo a las categorías definidas por el IPCC para tal fin, dicha clasificación puede ser revisada en las Guías del IPCC 2006 – Vol. 4 – Capitulo 10.

Bovinos

En la Tabla 20 se encuentran consignados el número de animales por categoría que se usaron para realizar la contabilización de emisiones de GEI. El inventario de bovinos se obtuvo de la información del ICA, adicionalmente se tuvo en cuenta los datos de "*Tipo de*

***explotación promedio por categoría de ganado (Leche – Carne)*" del anuario estadístico de Antioquia 2015 (**

Tabla 16). La clasificación inicial del ICA comprendía las siguientes categorías:

- Terneras < 1 año
- Terneros < 1 año
- Hembras 1 – 2 años
- Machos 1 – 2 años
- Hembras 2 – 3 años
- Machos 2 – 3 año
- Hembras > 3 años
- Machos > 3 años

Con base en esto se asumió que todos los machos eran para carne y en el caso de las hembras, el 90% se asumió para leche y el 10% restante para carne, esto con base en el tipo tipo de explotación promedio obtenido del Anuario Estadístico de Antioquia - 2015 (

Tabla 16). Para bovinos de leche se asumió, así mismo, la siguiente subclasificación.

Tabla 15. Subclasificación de los bovinos de leche utilizada para el inventario. La clasificación original corresponde a los datos entregados por el ICA.

Bovinos de leche						
Clasificación Anuario Estadístico de Antioquia – 2015	Terneras < 1 año		Hembras 1 – 2 años		Hembras 2 – 3 año	Hembras > 3 años
	1.856		2.752		1.743	4.745
Subclasificación para propósitos de Inventario	50% cría	50% levante	50% levante	50% novillas de vientre	Vacas adultas	Vacas adultas

Tabla 16. Tipo de explotación promedio

Tipo de explotación promedio	
Leche / Doble propósito	**Carne**
90%	10%

Por otro lado, se realizó una nueva subclasificación para los bovinos de carne, los cuales, como ya se mencionó, comprendieron todos los animales machos y el 10% de las hembras.

Tabla 17. Subclasificación de los bovinos de carne utilizada para el inventario. La clasificación original corresponde a los datos entregados por el ICA.

Bovinos de carne								
Clasificación Anuario Estadístico de Antioquia - 2015	Terneras < 1 año	Terneros < 1 año	Hembras 1–2 años	Machos 1-2 años	Hembras 2–3 años	Machos 2–3 años	Hembras > 3 años	Machos > 3 años
	1.865	748	2.752	1.140	1.743	1.425	4.745	211

Subclasificación para propósitos de Inventario	Crías hembra	Crías macho	50% novillas levante	50% novillas vientre	Novillos levante	Vacas adultas	Novillos de ceba	Vacas adultas	Toros

Porcinos

Para el caso de los porcinos se utilizó, igualmente, la información dada por el ICA, la cual comprendía 8 categorías que se reorganizaron de la siguiente manera.

Tabla 18. Subclasificación de los porcinos utilizada para el inventario. La clasificación original corresponde a los datos entregados por el ICA

Porcinos						
Lechones 1 – 60 días	Levante 61 – 120 días	Ceba 121 – 180 días	Hembras reemplazo 120 – 240 días	Hembras cría > 240 días	Machos productores / reemplazo > 180 días	Cerdos de traspatio
11.135	21.212	91.417	1.162	9.031	168	9.634
Precebo	Levante y ceba			Adultos		

Dicha desagregación, en diferentes subcategorías de cerdos es importante para tener en cuenta el ciclo de vida de los animales y así cuantificar las emisiones adecuadamente. Así, se consideró que las hembras de vientre tienen un ciclo de vida mayor a un año, y por lo tanto, se calculan las emisiones con base en el total; mientras que el resto de los cerdos tienen un ciclo de vida de 6 meses y, por tanto, al calcular las emisiones de GEI provenientes de los cerdos en precebo y levante y ceba, se divide el total del inventario entre dos para obtener el valor de las emisiones durante el tiempo que estuvieron vivos y no contabilizarlos durante todo el año.

Aves

La información utilizada para el conteo de emisiones de GEI proveniente del sector avícola se tomó, igualmente, de la información suministrada por el ICA, en dicha base de datos se especificaban cuatro categorías, a saber: Engorde, Levante, Postura y Traspatio (Tabla 19) Las categorías de levante y traspatio se contabilizaron dentro de la subcategoría de postura, por sugerencia de los expertos.

Tabla 19. Inventario sector avícola. Datos originales provistos por el ICA

Aves				
Numero de aves	**Engorde**	**Levante**	**Postura**	**Traspatio**
	720.000	5.200	67.724	18.100
Subclasificación Inventario	Engorde	Postura		

Para el cálculo de emisiones de GEI se tuvo en cuenta que las aves de postura tienen un ciclo de vida mayor a un año, por lo cual se calculan las emisiones con el total de estas aves; en contraste, las aves de engorde tienen un ciclo de vida de 60 días, representando 6 ciclos anuales y, por tanto, al calcular las emisiones de GEI provenientes de las aves de engorde, se debe dividir el inventario anual entre 6 para obtener el valor de las emisiones de las aves durante el tiempo que estuvieron vivas.

Demás especies

En cuanto los equinos, asnales, mulares, búfalos, ovejas y cabras, se tomaron los datos consignados en el Anuario Estadístico de Antioquia – 2015. En la Tabla 20, se presenta el inventario consolidado de los animales que se tuvieron en cuenta para el conteo de emisiones de GEI por fermentación entérica y gestión del estiércol. Dicho números se obtuvieron, cuando fue necesario, aplicando las subclasificaciones mencionadas anteriormente.

Tabla 20. Inventario de animales utilizados. Datos provistos por el ICA y el Anuario estadístico de Antioquia.

Categoría de especies	Número de animales
Bovinos de Leche	
Crías	839,25
Novillas de levante	2077,65
Novillas de Vientre	1238,4
Otros Bovinos	
Vacas adultas	5839,2
Crías hembra	186,5
Crías macho	748
Novillas de levante	137,6
Novillas de vientre	137,6
Novillos de ceba	1140
Novillos de levante	1425
Toros	211
Cavas de carne	648,8
Búfalos	21
Ovejas	39
Cabras	396
Caballos / Asnales / Mulares	
Caballos	2020
Asnos	45
Mulas	420
Adultos	27053
Porcinos	
Levante y ceba	164399
Precebo	16648
Aves	
Aves de postura	720000
Aves de engorde	91024

Teniendo en cuenta que las emisiones de gases provenientes del sector pecuario tienen una relación directa con la categoría y con los pesos de los animales, fue necesario estimar los pesos promedios de las diferentes especies presentes en el Municipio de Medellín. Para ello se utilizó la siguiente información:

- Los pesos de la subcategoría de otros bovinos fueron tomados del Inventario de Emisiones de Gases Efecto Invernadero del Valle de Aburrá, años 2009 – 2011 – Sector AFOLU - promedios de los pesos de más de 1.000 animales que ingresaron a la feria de ganados de Medellín en el trascurso del año 2013. Se tomaron cinco boletines oficiales al azar, donde informaban el peso de las diferentes especies y con estos valores se obtuvo un valor promedio.
- Para los pesos de "bovinos de leche" se realizó una revisión de literatura. Se tomaron los datos reportados por Arauz (2010), quien evaluó la curva de crecimiento de bovinos de la raza Holstein.
- El peso promedio para los equinos y los mulares fue aportado por los expertos - Inventario de Emisiones de Gases Efecto Invernadero del Valle de Aburrá, años 2009 – 2011 – Sector AFOLU.
- El peso de los asnales fue tomado de Universidad de Córdoba (2014).
- El peso de los mulares fue tomado de Urrechu (2018).
- Los pesos para las categorías de los cerdos fueron tomados del Inventario de Emisiones de Gases Efecto Invernadero del Valle de Aburrá, años 2009 – 2011 – Sector AFOLU.
- El valor del peso de las aves de engorde y de postura fue determinado en conversaciones con un experto.

Factores de emisión

A continuación se especifican los factores de emisión - FE y variables (Tabla 21) que se tuvieron en cuenta a la hora de realizar los cálculos de las emisiones de GEI, así mismo se detallan las fuentes de donde se obtuvieron dichos factores de emisión. A propósito, es importante indicar que:

- Los FE por fermentación entérica se obtuvieron de las guías del IPCC 2006 – Cuadros 10.10 y 10.11 (Otros ganados, equinos, mular, asnal, porcino, caprinos, ovinos, búfalos). El factor de emisión para vacunos lecheros en producción se obtuvo del Inventario de Emisiones de Gases Efecto Invernadero del Valle de Aburrá, años 2009 – 2011 – Sector AFOLU.
- La temperatura escogida como representativa para Medellín fue de 22°C, correspondiente a un clima templado, según el IPCC (2006).
- Los FE de metano por gestión del estiércol se obtuvieron de las guías del IPCC 2006 – Cuadros 10.14 y 10.15
- El IPCC (2006) considera que las aves no emiten CH_4 por fermentación entérica

Tabla 21. Variables y Factores de Emisión utilizados para calculas las emisiones de CH_4 del subsector Ganadería – Fermentación entérica y Gestión del Estiércol.

Factores de emisión de CH_4 para fermentación entérica y gestión del estiércol		
Categoría	**FE por fermentación entérica (Kg CH_4 / Cabeza / Año)**	**FE de metano por gestión del estiércol (kg CH_4 / Cabeza / Año)**
Vacunos lecheros en producción	63	1
Otros ganados	56	1
Equinos	18	1.64
Mular y asnal	10	0.9
Porcinos de cría	1	1
Porcinos de engorde	1	1
Caprinos	5	0.17
Ovinos	5	0.15
Búfalos	55	1
Aves de engorde	-	0.02
Aves de postura	-	0.03

Emisiones de N_2O a partir de la Gestión del estiércol (3A2)

Para el cálculo de las emisiones de N_2O por gestión del estiércol se siguieron las guías del IPCC – Vol 4 Capitulo 10 Sección 10.5 (2006). Dichas emisiones se calculan teniendo en cuenta el tipo de almacenamiento y tratamiento que se le da al estiércol antes de que se lo aplique a la tierra o se utilice de otra manera con fines alimentarios, como combustibles o para la construcción. Las emisiones generadas por el manejo que se le da al estiércol después de salir del sistema de producción se contabilizaron como fertilización en el subsector agrícola, en la cual se incluye la fertilización de praderas.

Fuentes de información y datos de actividad

Todos los datos de actividad referentes a los inventarios de animales utilizados para los cálculos de las emisiones de GEI, corresponden a los descritos anteriormente.

Factores de emisión

- El FE para la tasa de excreción de N se obtuvo de los valores por defecto de las guías del IPCC – Cuadro 10.19
- Los sistemas de gestión del estiércol fueron tomados igualmente de las guías del IPCC 2006 – Cuadro 10.18
- En cuanto a las fracciones anuales de excreción de N gestionada en cada MS (sistema de gestión), todos estos valores se tomaron del Inventario de Emisiones de Gases Efecto Invernadero del Valle de Aburra, años 2009 – 2011. Sector AFOLU.

Tabla 22. Variables y Factores de Emisión utilizados para calculas las emisiones de N_2O del subsector Ganadería – Gestión del Estiércol.

Factores de emisión de N_2O - gestión del estiércol			
Categoría	**Tasa de excreción de N (kg N / 1000 kg animal / día)**	**Sistema de gestión del Estiércol - MS**	**Fracción de la excreción anual de N gestionada en cada MS**
Vacunos lecheros en producción	0.48	Pastura/Prado/Pradera	0,36
Otros ganados	0.36	Pastura/Prado/Pradera	0,99
Equinos	0.46	Pastura/Prado/Pradera	0,26 – Valor determinado por expertos
Mular y asnal	0.46	Pastura/Prado/Pradera	0,26– Valor determinado por expertos
Porcinos de cría	0.55	Distribución diaria	0,02
Porcinos de engorde	1.57	Distribución diaria	0,02
Caprinos	1.37	Pastura/Prado/Pradera	0
Ovinos	1.17	Pastura/Prado/Pradera	0
Búfalos	0.32	Pastura/Prado/Pradera	0,26
Aves de engorde	1.1	Cama seca	0
Aves de postura	0.82	Cama seca	0

Oportunidades de mejora para próximos inventarios

Dada la importancia que las regiones conozcan y asuman su responsabilidad frente al cambio climático y así mismo contribuyan con la implementación de estrategias de mitigación, se hace necesario y pertinente establecer compromisos con los entes gubernamentales y con las instituciones encargadas de suministrar la información requerida para el subsector pecuario y las sub categorías que lo integran. La información suministrada debe ser anual, confiable, coherente y oportuna para el Municipio de Medellín, además de desarrollar políticas que viabilicen acciones para determinar factores de emisión en campo y así afinar los resultados (AMVA, 2013).

5.3.4.2 Tierras (3B)

Para la contabilización de emisiones del subsector de tierras se estiman los cambios en las existencias de C (y en las emisiones y absorciones de CO_2 relacionadas) producidas por biomasa aérea y subterránea, materia orgánica muerta - DOM) y suelos (SOC – Carbono Orgánico del Suelo), así como las emisiones de gases no CO_2 producidos por el fuego. Los análisis se realizaron bajo el nivel 1 de complejidad, en donde solo son necesarios los factores de emisión y los datos de actividad para realizar los cálculos, así mismo se utilizó el *método de pérdidas y ganancias* que corresponde a la estimación de todas las pérdidas y ganancias de C en los diferentes depósitos. La contabilización de dichos cambios se realiza de manera separada para tierras que permanecen en la misma categoría de uso o

aquellas que son convertidas a otros usos (IPCC, 2006). A continuación se detallan las consideraciones particulares que se tuvieron para cada una de las categorías de uso de la tierra, así como los datos de actividad y los factores de emisión.

3B1 Tierras Forestales

Para la categoría de tierras forestales los cambios analizados corresponden a las ganancias por crecimiento de la vegetación, así como las pérdidas por cambio en el uso del suelo, remoción de madera por cosecha, uso como combustible y por perturbaciones naturales, como los incendios forestales. Por otra parte, los emisiones de DOM y SOC en el nivel 1 de complejidad se calculan sólo para tierras que se convierten de otros usos a tierras forestales, provenientes del incremento de C debido a la acumulación de materia orgánica en el nuevo uso forestal. Dichas emisiones se calcularon con base en datos por defecto (IPCC, 2006). Los datos de actividad y los factores de emisión utilizados están consignados en las Tabla 24 y Tabla 29.

Oportunidades de mejora para próximos inventarios

Para futuros inventarios se recomienda actualizar bajo una misma metodología y escala de trabajo la cartografía necesaria para continuar con las mediciones de expansión y contracción de las diferentes categorías o clasificaciones de usos de la tierra especificadas en este estudio.

Adicionalmente se recomienda desarrollar un inventario forestal propio para la vegetación natural de la zona y plantaciones forestales con el ánimo de determinar volumen de madera en pie, tasas de incremento de biomasa aérea, tasas de acumulación de la hojarasca fina y gruesa y contenido de C orgánico en los primeros 30 cm del suelo (AMVA, 2013).

Finalmente, es necesario tener un mayor control de los registros de madera cosechada tanto de bosque natural como de plantaciones forestales, diferenciando el porcentaje de ella que corresponde a madera cosechada para ser usada como combustible, además la pérdida de cobertura forestal debida a desastres naturales como el caso de plagas e incendios forestales, diferenciando área de afectación, tipo de cobertura afectada y agente causante (AMVA, 2013).

3B2 Tierras de cultivo

En la categoría de tierras de cultivo se incluyen terrenos arables y labrables, campos de arroz y sistemas agroforestales en los que la estructura de la vegetación está por debajo de los umbrales utilizados para la categoría tierras forestales, y no se espera que se los exceda en el futuro (IPCC, 2006). Se estimaron los cambios de existencias de C en biomasa, DOM y SOC por medio del *método de pérdidas y ganancias*. Los datos de actividad y los factores de emisión utilizados están consignados en las Tabla 24 y Tabla 29. Adicional a los datos de las áreas que pasan a, y permanecen en, la categoría de tierras de

cultivo, se realizó un cruce con información obtenida de la *Caracterización de Productores Agropecuarios Rurales de Medellín*, realizada por la Secretaría de Desarrollo Rural (Alcaldía de Medellín, 2016), con el ánimo de poder realizar una estimación respecto al área destinada para cultivos transitorios (ciclo vegetativo menor a un año, con remoción de las plantas luego de la cosecha) y permanentes (ciclo vegetativo mayor a un año), así como estimaciones respecto a la cantidad de fertilizantes utilizados, los cuales fueron tenidos en cuenta en la contabilización de emisiones de GEI de *Fuentes agregadas y emisiones de gases no-CO_2 en tierras (3C)*.

Para la determinación de las existencias de C en la biomasa en tierras convertidas a cultivos, se asume que toda la vegetación inicial se elimina por completo durante el establecimiento del cultivo. Así, las emisiones de C en tierras convertidas a tierras en cultivo equivalen a la diferencia de existencias de C en la biomasa inicial y final. En el nivel 1 de complejidad se asume que las existencias de C en la biomasa inmediatamente después de la conversión son cero, al considerar una remoción total de la vegetación antes del establecimiento de los cultivos. Así mismo se asumen que las existencias de C en DOM (materia orgánica muerta) de todas las tierras de cultivo que permanecen como tales son insignificantes o que no cambian, ya que en general las tierras de cultivo contienen poco o nada de madera muerta, residuos de cultivos u hojarasca. Por lo tanto, no hay necesidad de estimar los cambios en las existencias de C de estos depósitos. Se asume que se elimina toda la madera muerta y la hojarasca durante la conversión y que no hay madera muerta ni hojarasca que permanezca o se acumule en las tierras convertidas a cultivos.

Las existencias de C en el suelo dependen de las prácticas de manejo, el tipo de clima y otros factores ambientales como la biomasa y la DOM. Dichas existencias se estiman para el inicio y la terminación del periodo de inventario empleando existencias de C de referencia (SOC_{REF}) de 72,6 ton C / ha y de los factores F_{LU}, F_{MG}, F_I relacionados con las diferentes prácticas culturales aplicadas a los suelos cultivados. Aunque en el suelo se presenta C orgánico e inorgánico, el uso y la gestión de la tierra tienen mayor impacto sobre el C orgánico del suelo, por lo tanto las Directrices (IPCC, 2006) suministran únicamente los métodos para estimar los cambios C orgánico del suelo - SOC. No se suministran métodos de niveles 1 ó 2 para estimar el cambio de C inorgánico del suelo debido a la limitada información científica de que se dispone para derivar factores de cambio de inventario; por ende, se supone que el flujo neto de existencias de C inorgánico equivale a cero. De igual manera no se contabilizó la pérdida de C de los suelos orgánicos ya que en Medellín no existen este tipo de suelos.

Oportunidades de mejora para próximos inventarios

Como principal punto de mejora para próximos inventarios, está procurar que los mapas de usos o coberturas del suelo tengan la escala cartográfica adecuada para poder establecer la clasificación entre cultivos transitorios y cultivos permanentes, pastos manejados y no manejados y, en general, las subclasificaciones en las categorías de tierras que se manejaron en este inventario. Adicionalmente se sugiere mejorar las fuentes de información para factores de emisión, dado que la mayoría de estos fueron tomados del IPCC y por

tanto es muy probable que no reflejen de manera apropiada las condiciones propias del Municipio de Medellín.

3B3 Pastizales

En general, los pastizales se distinguen del «bosque» como ecosistemas con una cobertura forestal de árboles inferior a un cierto umbral, que varía de una región a otra. En los pastizales predomina el C subterráneo, que se encuentra principalmente en las raíces y en la materia orgánica del suelo (IPCC, 2006). Al igual que las demás categorías de uso de la tierra, las emisiones de GEI en pastizales que permanecen como tales y tierras que son convertidas a pastizales, se realizó mediante el método de *pérdidas y ganancias*.

Cabe anotar que existe alta incertidumbre respecto a la finalidad efectiva de las áreas identificadas en pastos (particularmente la de pastos no manejados, ya que pastos manejados se asume que están destinados a ganadería), por tanto serían necesarias acciones de verificación para dilucidar qué área efectivamente se dedican a la ganadería y de esas qué cantidad de área tienen manejo tecnificado y qué extensión se maneja de manera poco intensiva. Esto es importante dado que la diferencia en uso de tecnología en ambos casos está asociada con diferentes niveles de emisiones de GEI, especialmente en lo que tiene que ver con fertilización. De la misma manera, el poder dilucidar entre áreas de rastrojo y áreas de pastoreo permite focalizar acciones de mejoramiento en lo que tiene que ver con la captura de C en estos sistemas de producción.

Oportunidades de mejora para próximos inventarios

Para mejorar las estimaciones de las emisiones de GEI debidas al manejo de pasturas se debe contar con mapas elaborados para los mismos inventarios de GEI, que permitan diferenciar claramente coberturas de rastrojo bajo y pastizales. Adicionalmente se debe discriminar ente áreas de fincas de recreo, las cuales presentan coberturas en pastos y las áreas realmente dedicadas al uso del suelo pastizal (AMVA, 2013).

3B4 Tierras inundadas / humedales

Las directrices del IPCC (2006), Vol.4 Cap.7, no suministran metodología alguna para la estimación de GEI en las tierras inundadas que permanecen como tales, es decir aquellos cuerpos de agua cuyo nivel y regulación es producto de las actividades del hombre (embalses para la generación de energía hidroeléctrica, irrigación, navegación, etc.), esto por el hecho de que las emisiones de CO_2 y N_2O que de allí se producen ya están cubiertas por las metodologías descritas en otros sectores (AMVA, 2013).

Oportunidades de mejora para próximos inventarios

Dado que para este inventario la escala de uno de los mapas no permitió diferenciar la presencia de tierras inundadas, el área de las mismas se asumió como constante para el periodo de análisis. Por tanto, la mejora sugerida se enfoca en la obtención de una mejor la resolución y escala de los mapas usados para los análisis, con el fin de contar con más precisión en los mismos.

3B5 Asentamientos

Los asentamientos se definen como toda la tierra desarrollada —es decir, la infraestructura residencial, de transporte, comercial y de producción (comercial, fabricación) de cualquier tamaño— a menos que ya esté incluida en otras categorías del uso de la tierra. La categoría de uso de la tierra Asentamientos incluye suelos, vegetación herbácea perenne como el césped y las plantas de los jardines, los árboles de los asentamientos rurales, los jardines de las haciendas y áreas rurales (IPCC, 2006). Los métodos para estimar las emisiones en asentamientos son los mismos que aquellos usados para tierras forestales. Se estimaron los cambios en las existencias de C en cada uno de sus compartimientos, en los que se contabilizaron las ganancias de C que resultaron del crecimiento en la biomasa, menos las pérdidas en las existencias de C por actividades silviculturales como podas y por mortalidad debidas al cambio en el uso del suelo (AMVA, 2013).

Como la aproximación metodológica corresponde al nivel 1 de complejidad, para las tierras catalogadas como asentamientos y que permanecen como tal, no se estimaron cambios en las existencias de C en ninguno de sus compartimientos. Para las tierras que se convirtieron a asentamientos se evaluaron los cambios en las existencias de C en cada uno de sus compartimentos. Estos cambios corresponden sólo a las pérdidas en las existencias de C por la conversión en el uso del suelo. En este caso se asumió una remoción total de la biomasa. Para el compartimiento de DOM se consideró que todo el C contenido en la madera muerta y hojarasca se perdió durante la conversión (AMVA, 2013).

Oportunidades de mejora para próximos inventarios

Se requiere de la realización de un inventarió forestal para la vegetación arbórea presente en asentamientos, con el objeto de determinar el volumen de madera en pie y la tasa de incremento de biomasa aérea específicas para las especies más representativas del arbolado urbano. De igual forma, se requiere llevar un registro detallado de la cantidad de biomasa muerta generada por las prácticas de manejo silvicultural en el arbolado urbano. Esto con el fin de poder estimar la absorción de GEI por parte del arbolado urbano y así mismo resaltar la importancia de su manejo, cuidad y debida planificación como componente fundamental de los asentamientos (AMVA, 2013).

3B6 Otras Tierras

Se define a Otras tierras como aquéllas que incluyen zonas de suelo desnudo, roca, hielo, además de todas las zonas de tierras que no pertenecen a las otras cinco categorías de uso de la tierra. A menudo, las Otras tierras no están gestionadas y, en ese caso, no se estiman los cambios en las existencias de C ni en las emisiones ni absorciones de no-CO2.

Oportunidades de mejora para próximos inventarios

No se requieren mejoras futuras adicionales al aumento de precisión en la resolución de las áreas que permanecen como tales y las de conversión de esta categoría.

Fuentes de información y datos de actividad

Información general para todas las categorías de uso de la tierra

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 ellos se le solicitó de manera formal la información, especificando unidades requeridas, horizonte temporal, límites geográficos, suposiciones e incertidumbres, diferencias conocidas y nombre de contacto.

Las fuentes de información utilizadas en la revisión temporal de los cambios de la cobertura terrestre para los análisis de emisiones/capturas de GEI provenientes de la categoría de tierras, provienen de los insumos para la generación de dos instrumentos de planificación territorial, el Plan de Ordenamiento Territorial de Medellín (POT, Acuerdo 48 de 2014) y el Plan de Ordenamiento Territorial Agropecuario del Departamento de Antioquia (POTA, 2018). Dichos insumos se traducen en dos capas cartográficas que contienen la clasificación de las coberturas terrestres hasta el nivel 3 de la Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra de la Metodología de clasificación *Corine Land Cover*, adaptada para Colombia. A continuación se describen las fuentes:

Coberturas terrestres POT 2012

Contiene la clasificación de las coberturas vegetales del suelo rural de Medellín, provenientes de los Planes Especiales de Ordenamiento Corregimental - PEOCs realizados entre el año 2009 y 2011 y actualizados posteriormente con las ortofotos del período 2010-2012. La escala de la información es 1:5.000. Se incluye todo el suelo urbano en la subclasificación de asentamientos, excluyendo los cerros tutelares con cobertura boscosa.

Coberturas terrestres POTA 2015

Representa las coberturas terrestres del Departamento de Antioquia producto de la interpretación de imágenes satelitales de los años 2014 a 2016 y corroboradas en campo entre los años 2016 y 2017. La escala de la información es 1:100.000.

La escala de la información es diferente, generando que la capa geográfica más detallada representara de manera más precisa las categorías identificadas para el Municipio. Por otra parte, fue necesario realizar la homologación de categorías que definen los atributos de las coberturas de la tierra entre ambas bases de datos, las definidas en este inventario y las sugeridas por las guías del IPCC 2006 (Tabla 23).

Tabla 23. Homologación de categorías de coberturas terrestres.

Clasificación IPCC 2006	Clasificación Inventario	Coberturas terrestres POT 2012	Coberturas terrestres POTA 2015
Tierras forestales	Bosque natural	Bosque denso alto Bosque fragmentado	Bosque denso
		Bosques de galería y/o ripario	Bosque de galería o ripario
	Plantación forestal	Plantación forestal	Plantación forestal
	Rastrojo alto	Vegetación secundaria o en transición	Vegetación secundaría o en transición
	Rastrojo bajo	Herbazal	Arbustal
Tierras de cultivo	Tierras de cultivo	Cultivos confinados, Cultivos permanentes arbustivos, Cultivos permanentes herbáceos, Cultivos transitorios, Otros cultivos permanentes, Otros cultivos permanentes arbustivos, Otros cultivos transitorios, Mosaico de cultivos, Frutales, Mosaico de cultivos y espacios naturales, Mosaico de cultivos pastos y espacios naturales, Mosaico de cultivos y pastos	Mosaico de cultivos, mosaico de pastos y cultivos, mosaico de cultivos con espacios naturales, mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales, mosaico de pastos con espacios naturales.
Pastizales	Pasto no manejado	Pastos arbolados Pastos enmalezados	Pastos arbolados Pastos enmalezados
	Pasto manejado	Pastos limpios Zonas verdes artificializadas, no agrícolas	Pastos limpios
Asentamientos	Asentamientos	Tejido urbano continuo Red vial y terrenos asociados Instalaciones recreativas Zonas verdes urbanas Zonas industriales o comerciales	Tejido urbano continuo
		Tejido urbano discontinuo Fincas de recreo-parcelaciones Fincas de recreo	Tejido urbano discontinuo
Otras tierras	Suelo desnudo – Minería activa	Zona de extracción minera Tierras desnudas o degradadas Escombreras y vertimientos Afloramientos rocosos	Zona de extracción minera
Tierras inundadas	Tierras inundadas	Cuerpos de agua artificiales Lagos, lagunas y ciénagas Ríos	-

Las tierras inundadas sólo fueron identificadas, digitalizadas y clasificadas en las *Coberturas terrestres POT 2012,* dado que la escala del mapa lo permitió. Sin embargo a la escala de la información del Plan de Ordenamiento Territorial Agropecuario de Antioquia - POTA no fue posible la identificación de dicha área (escala muy gruesa), por tal motivo estas áreas se asumieron como constantes durante el periodo de análisis, dado que los cambios en su extensión no son significativos para el análisis.

Para el suelo urbano, se asumió que tanto los cerros tutelares con declaratoria de protección expedida antes del año 2012 , así como las zonas clasificadas en la categoría de asentamientos, permanecieron iguales durante el periodo de análisis. Por tanto estas áreas se sumaron a Tierras Forestales y Asentamientos, respectivamente.

Los cambios en los usos de la tierra se consignaron en matrices, en las cuales fue posible cuantificar tanto el área que se mantiene en la misma categoría de uso de la tierra, como aquellas que cambian a otros usos (Tabla 24). Sin embargo, si se asume que en los dos mapas existentes de coberturas terrestres no se usaron los mismos procedimientos de clasificación, no se utilizó la misma escala de trabajo o existen diferencias en la calidad de la digitalización de polígonos, no es posible garantizar una estricta homologación técnica de los mapas. Ello implica que algunos cambios en el uso de la tierra no sean realmente observados, y que los cambios sean posiblemente el resultado de las diferencias en la calidad de los mapas. Ello podría aumentar la incertidumbre asociada a las áreas en las que se observaron cambios en los usos de la tierra.

Tabla 24. Matriz de cambio en las coberturas de la tierra en los dos años analizados 2012 – 2015. La diagonal de la matriz corresponde a las áreas que permanecieron en los mismos usos de la tierra. Los demás valores (diferentes a los consignados en la diagonal), corresponden a las áreas que cambiaron a un tipo de cobertura diferente respecto al año de inicio del análisis.

Método 2 - Matriz de conversión de uso de la tierra con estratificación de categorías. Áreas en hectáreas. Suelo URBANO Y RURAL											
Cobertura inicial | POT 2012	Cobertura final | POTA 2015										
	Bosque Natural	Plantación forestal	Rastrojo alto	Rastrojo bajo	Cultivo	Pasto manejado	Pasto no manejado	Asentamientos	Tierras inundadas	Minería activa o Suelo Desnudo	Total
Bosque Natural	2.914,63	1.690,50	1.592,80	38,36	1.166,73	126,52	334,15	480,51	0,00	67,34	8.411,54
Plantación forestal	578,02	2.017,53	740,15	44,83	673,39	89,73	140,90	248,35	0,00	20,92	4.553,81
Rastrojo alto	122,62	42,76	258,56	2,55	386,22	33,12	47,78	110,22	0,00	20,66	1.024,49
Rastrojo bajo	27,37	46,02	32,83	0,00	429,64	0,00	1,73	49,73	0,00	0,00	587,31
Cultivo	80,45	59,88	196,54	1,63	1.417,65	30,93	428,54	901,74	0,00	69,23	3.186,60
Pasto manejado	68,21	52,90	261,71	1,36	2.109,89	400,90	288,89	633,85	0,00	0,88	3.818,58
Pasto no manejado	138,64	110,07	411,02	0,00	1.769,04	243,97	318,57	671,62	0,00	38,12	3.701,04
Asentamientos	62,56	37,63	57,80	0,60	287,65	11,79	5,39	11.105,83	0,00	54,17	11.623,42
Tierras inundadas	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	27,05	0,00	27,05
Minería activa o Suelo Desnudo	0,38	5,91	26,33	0,00	93,51	3,01	36,58	113,22	0,00	91,40	370,35
Total	3.992,87	4.063,18	3.577,75	89,34	8.333,72	939,97	1.602,53	14.315,09	27,05	362,71	

Información tierras forestales

Adicionala los datos obtenidos de los análisis cartográficos, el Instituto Colombiano Agropecuario – ICA, proveyó información relacionada al volumen de madera aprovechada de los bosques ubicados en el área de estudio. Dichos datos corresponden a la madera proveniente de los Registros de Cultivos Forestales y Sistemas Agroforestales con fines comerciales, competencia del ICA (Tabla 25). De igual manera, el Departamento Administrativo de Gestión del Riesgo de Desastres - DAGRD indicó el área de coberturas afectadas por incendios en 2015, según el Plan municipal de Gestión del Riesgo de Desastres Medellín 2015 – 2030, la mayoría de estos incendios se dan en pastos y rastrojos bajos.

Tabla 25. Volumen de madera aprovechada en 2015, según los registros del ICA. También se presenta el dato entregado por el DAGRD respecto a las áreas afectadas por incendios de coberturas en 2015.

Volumen de madera aprovechada	Áreas afectadas por incendios
23.883,95 m^3	317,2569 hectáreas

Información tierras de cultivo

La información obtenida de la matriz de cambio en los usos del suelo no presenta información detallada en cuando a la clasificación de los tipos de cultivo (transitorios, permanentes), por tanto para los cálculos de emisiones de GEI de esta categoría de uso de la tierra fue necesario establecer el área de tierras destinadas a cultivos transitorios y permanentes (Tabla 26 y Tabla 28), haciendo acopio de la información recabada en las Tabla 24 y Tabla 28. Se resalta entonces la incertidumbre que representa dicha subclasificación, ya que el detalle y las cantidades reales de las áreas destinadas a estos tipos de cultivos no provienen de la misma fuente. En la Tabla 26 se presenta de manera desagregada todos los tipos de cultivos caracterizados de la región, con sus respectivas áreas sembradas.

Tabla 26. Producción agrícola por tipo de productos para el Municipio de Medellín – Datos desagregados. Datos obtenidos de la *Caracterización de Productores Agropecuarios Rurales de Medellín* **(Alcaldía de Medellín, 2016)**

Cultivo	Área sembrada - ha	Clasificación
Café	**1.201,00**	**Permanentes**
Frutales		
Mora	149,5	
Tomate de árbol	48	
Aguacate	33	
Fresa	28	
Brevo	16,5	
Mandarina oneco	14	
Mango injerto	9	

Cultivo	Área sembrada - ha	Clasificación
Naranja Valencia	10	
Guayaba manzana	3,5	
Lima ácida tahiti	7	
Total frutales	**318,5**	
Plátano en asocio	**180**	
Caña	**112,2**	
Verduras y hortalizas		
Remolacha	430	
Cebolla Junca	81	
Tomate chonto	68	
Cilantro	63	
Frijol Voluble	64	
Col	19	
Pimentón	23	
Apio	23	
Espinaca	21	
Cebolla de huevo	18	
Habichuela	17,2	**Transitorios**
Frijol arbustivo	17,2	
Pepino	13	
Lechuga	11,2	
Coliflor	8	
Repollo	9,5	
Zanahoria	10	
Ajo	5	
Total Verduras y hortalizas	**901,1**	
Tubérculos		
Papa	78	
Yuca	15	
Total Tubérculos	**93**	
Total Medellín – 2.805,8 ha		

Una vez analizados los datos de la tabla anterior, se procedió a agregar en la Tabla 27 los cultivos en una clasificación más gruesa y que fue la que finalmente se usó para hacer los cálculos de GEI de esta subcategoría.

Tabla 27. Producción agrícola por tipo de productos para el Municipio de Medellín – Datos agregados. Datos obtenidos de la *Caracterización de Productores Agropecuarios Rurales de Medellín* **(Alcaldía de Medellín, 2016)**.

Cultivo	Área Sembrada		Clasificación	
	Ha	%	Tipo cultivo	%
Café	1.201,00	42,8	Permanente	64,57
Frutales	318,5	11,35		
Plátano	180	6,42		
Caña	112,2	4		
Verduras y Hortalizas	901,1	32,12	Transitorio	35,43
Tubérculos	93	3,31		

Tabla 28. Desagregación por tipo de cultivos.

Tierras de cultivo que permanecen como tales		
Área en matriz de cambio de coberturas	**Tipo de cultivo**	**Área por tipos de cultivos**
1.417,65 ha	Permanentes	915,372ha
	Transitorios	502,275 ha

Factores de emisión

A continuación se presentan los factores de emisión, los cuales en su mayoría fueron obtenidos de las guías del IPCC (2006). Sin embargo, en algunas ocasiones se contó con información más detallada para las características propias de la región y por tanto se procedió al uso de FE de fuentes diferentes. Para los FE obtenidos de las guías del IPCC 2006, se asumió como zona ecológica Tropical – Sistemas Montañosos Tropicales.

Para el cálculo de las emisiones de tierras convertidas a tierras forestales los FE de F_{MG} y F_L al final del periodo de inventario fueron tomados con un valor de 1 (valor por defecto), de acuerdo a los Cuadros 5.5 o 6.2 de las guías del IPCC 2006, según correspondiera. Estos mismos factores para el inicio del periodo de inventario fueron los consignados en la Tabla 29.

Tabla 29. Factores de emisión utilizados para el cálculo de emisiones de GEI del Sector AFOLU, subsector Tierras (3B)

Uso del suelo	Factor de Emisión	Valor	Fuente
Tierras forestales			
Factores comunes a tierras forestales	Relación entre la biomasa subterránea y la biomasa aérea	0,27	(Del Valle, Restrepo, & Londoño, 2011) (IPCC, 2006) – Cuadro 4.4
	Fracción de C de la materia seca	0,47 t C / t Biomasa	(IPCC, 2006) – Cuadro 4.3
	SOC – Existencias de C orgánico	72,6 t C / ha	(Sierra, Del Valle , & Restrepo , Total carbon accumulation in a tropical forest, 2012) (Sierra, y otros, 2007) (Orrego, Del Valle, & Moreno, 2002)
Bosque natural Intervenido	Crecimiento promedio anual de biomasa aérea	4,57 t / ha / año	(Del Valle, Restrepo, & Londoño, 2011)
	Stock de biomasa aérea (disponible para la combustión)	91,6 t / ha	(Restrepo, Orrego & Galeano, 2012)
	Clase de edad	>20 años	(IPCC, 2006)
	Nivel de existencias en crecimiento	121 – 200 m^3 / ha	(IPCC, 2006)
	$BCEF_R$	1,44 t / m^3	(IPCC, 2006)

Uso del suelo	Factor de Emisión	Valor	Fuente
	Stock de hojarasca	4,8 t C / ha	(Orrego & Del Valle, 2002) (Moreno & Lara , 2002)
Plantaciones forestales	Crecimiento promedio anual de biomasa aérea[4]	9,8 t / ha / año	Calculado[4] - IMA*$BCEF_I$
	Clase de edad	>20 años	(IPCC, 2006)
	$BCEF_R$[1]	0,77 t / m^3	(IPCC, 2006) – Cuadro 4.5
	$BCEF_S$	0,7 t / m^3	(IPCC, 2006) – Cuadro 4.5
	$BCEF_I$	0,7 t / m^3	(IPCC, 2006) – Cuadro 4.5
	Nivel de stock en crecimiento	220,7 m^3 / ha	(Restrepo, Orrego, Del Valle, & Salazar, 2012) (Vallejo, 2009)
	Existencias de C en hojarasca y madera muerta	5,2 t C0020/ ha	(IPCC, 2006) – Cuadro 2.2
	IMA	14 m^3 / ha / año	(Restrepo, Orrego, Del Valle, & Salazar, 2012).
	Stock de biomasa aérea (disponible para la combustión)	154,6 t / ha[5]	Calculado (nivel de stock * $BCEF_s$)
	Fracción de C de la biomasa forestal aérea	0,47 t C / t dm	(IPCC, 2006) – Cuadro 4.3
Rastrojo alto	Crecimiento promedio anual de biomasa aérea	4,57 t / ha / año	(Del Valle, Restrepo, & Londoño, 2011)
	Clase de edad	<20 años	(IPCC, 2006)
	Existencias de C en hojarasca y madera muerta	2,1 t C / ha	(IPCC, 2006) – Cuadro 2.2
	Stock de biomasa aérea (disponible para la combustión)	15,2 t / ha	(Del Valle, Moreno, & Restrepo, 2006)
	Nivel de existencias en crecimiento	21 – 40 m^3 / ha	(IPCC, 2006)
	$BCEF_R$	3,1 t / m^3	(IPCC, 2006)
Rastrojo bajo	Crecimiento promedio anual de biomasa aérea	4,57 t / ha / año	(Del Valle, Restrepo, & Londoño, 2011)
	Clase de edad	<20 años	(IPCC, 2006)
	Stock de biomasa aérea (disponible para la combustión)	5,5 t / ha	(Restrepo, Orrego, Galeano, 2012)
	Existencias de C en hojarasca y madera muerta	2,1 t C / ha	(IPCC, 2006) – Cuadro 2.2
	Nivel de existencias en crecimiento	21 – 40 m^3 / ha	(IPCC, 2006)
	$BCEF_R$	3,1 t / m^3	(IPCC, 2006)
Tierras de Cultivo			
Tierras del cultivo	Depósitos de madera muerta y hojarasca	0	(IPCC, 2006) – Valor por defecto

Uso del suelo	Factor de Emisión	Valor	Fuente
	F_{LU} – F_I [3] - Cultivo transitorio	1	(IPCC, 2006) – Cuadro 5.5
	F_{MG}[3] – Cultivo transitorio	1,09	(IPCC, 2006) – Cuadro 5.5
	Existencia de C en la biomasa después de un año (ΔC_G) – Cultivos transitorio	2,6 t C / ha / año	(IPCC, 2006) – Cuadro 5.9
	Existencia de C en la biomasa después de un año (ΔC_G) – Cultivos permanente	5 t C / ha / año	(IPCC, 2006) – Cuadro 5.9
	Existencias anuales de C en la biomasa eliminada (L)	21 t C / ha / año	(IPCC, 2006) – Cuadro 5.1
	F_{LU} - F_{MG} – F_I – Cultivos permanentes	1	(IPCC, 2006) – Cuadro 5.10 – Cuadro 5.5
	Pérdida de C de la biomasa	21 t C / ha / año	(IPCC, 2006) – Cuadro 5.1
	Ciclo cosecha/madurez	8 años	(AMVA, 2013)
	Biomasa aérea	70,5 ton / ha	(IPCC, 2006) – Cuadro 5.2
Pastizales			
Pastizales	Depósitos de madera muerta y hojarasca	0	(IPCC, 2006) – Valor por defecto
	F_{LU} – F_I[3]	1	(IPCC, 2006) – Cuadro 6.2
	F_{MG}[3]	1,16	(IPCC, 2006) – Cuadro 6.2
	Stock de biomasa antes de la conversión	1,191 ton / ha	(Cáceres, 2014)
	Stock de biomasa después de la conversión	0 ton / ha	(IPCC, 2006) – Sección 6.3.1.2

[1] Factores de conversión y expansión de biomasa. $BCEF_s$ – Expansión de volumen de existencias venales en crecimiento a biomasa aérea, $BCEF_I$ - Conversión del incremento anual neto, $BCEF_R$ – Conversión del volumen de retirada de madera y madera combustible a retirada de biomasa aérea. **[2]** Según las guías del IPCC 2006 Vol 4 AFOLU, Capitulo 4 - Tierras Forestales, Sección 4.3.2 "Materia Orgánica Muerta". Allí se indica lo siguiente: "Para el Nivel 1 se supone que la existencia de C en depósitos de madera muerta y hojarasca en tierras no forestales equivalen a cero y que el C en los depósitos de materia orgánica muerta se incrementa linealmente al valor de los bosques maduros, durante el lapso de tiempo establecido". **[3]**Factor de cambio de existencias para el sistema de uso de la tierra. [4] Para las plantaciones forestales, la determinación del incremento en la biomasa aérea requirió la selección de un factor de conversión del incremento anual neto ($BCEF_I$, por sus siglas en inglés) correspondiente a 0,7 t/m3 (IPCC, 2006), así como un valor en el incremento medio anual - IMA de 14 m3/ha/año (Restrepo, Orrego, Del Valle, & Salazar, 2012). [5] Para la categoría de plantaciones forestales se asumió un valor de biomasa de 154,6t/ha, el cual se obtuvo de la multiplicación de los niveles de existencia en crecimiento (220,7 m_3/ha) (Restrepo H. I., Orrego, del Valle, & Salazar, 2012; Vallejo, 2009) por el factor de conversión y expansión de biomasas para

existencias en crecimiento (*BCEF*$_S$, por sus siglas en inglés), según lo propuesto por el IPCC (IPCC, 2006).

Para la categoría de tierra denominada *asentamientos,* en el compartimiento SOC los valores correspondientes a los factores de cambio en las existencias (F_{LU}: factor de uso de la tierra, F_{MG}: factor de gestión y F_I: factor de aporte) se asumieron igual para todos los valores e igual a 0. Ello equivale a que las existencias de C para este compartimiento se emiten totalmente en función de la dependencia temporal de los factores, cuyo valor por defecto corresponde a 20 años.

Para la categoría de tierra denominada *Otras Tierras* en el compartimiento de SOC, los valores correspondientes a los factores de cambio en las existencias (F_{LU}: factor de uso de la tierra, F_{MG}: factor de gestión y F_I: factor de aporte) se asumieron todos iguales a 0 en el caso de minería e iguales a 1 para suelo desnudo.

5.3.4.3 Fuentes agregadas y emisión de gases no-CO_2 en tierras (3C)

En este apartado se contabilizan todas emisiones de óxido nitroso - N2O de suelos gestionados, incluidas las emisiones indirectas de N2O de los agregados de N a la tierra, debidos a deposición y lixiviación, así como las emisiones de dióxido de carbono - CO2 producidas por los agregados de materiales de encalado y de fertilizantes con contenido de urea. Son suelos gestionados todos los de las tierras, incluidas las forestales, que están gestionadas.

3C1 Emisiones por quema de biomasa

Su estimación sigue la metodología empleada para el cálculo de las emisiones de GEI por pérdidas naturales (incendios forestales) en la biomasa aérea, la cual se basa en cuantificar las áreas afectadas por incendios forestales y su respectiva cantidad de biomasa aérea, con lo cual se procede a estimar la emisión de otros GEI no-CO_2 teniendo como referencia un factor de combustión (porcentaje de biomasa que se quema) específico para el tipo de vegetación de la zona y un factor de emisión correspondiente a cada GEI no-CO_2. Este procedimiento se realizó haciendo la distinción entre las áreas afectadas por incendios para tierras que permanecen como tales y aquellas que provienen de la conversión de uso (AMVA, 2013).

Las emisiones de gases no-CO_2 de tierras de cultivo que permanecen como tales, particularmente de CH_4, CO, NO_x y N_2O están relacionadas con el quemado de residuos agrícolas y en tierras de cultivo que provienen de otros usos se relacionan con la quema de residuos forestales y pastos para la preparación del suelo para el establecimiento de cultivos (AMVA, 2013). La información respecto a las quemas puede ser consultada en la Tabla 25.

En cuanto a la práctica de quemar los residuos agrícolas, cabe señalar que esta no es común en la zona de estudio, dado que son dejados en campo como material de abono o utilizados para el consumo animal. Adicional a esto, por regulación de las autoridades

ambientales no es posible que los productores agrícolas, pecuarios o forestales realicen quemas controladas de los residuos derivados de la postcosecha y otra biomasa. Por tanto se asumió que la única fuente de GEI debida a la quema de biomasa se debió a la perturbación natural debida a incendios.

Oportunidades de mejora para próximos inventarios

Para futuros inventarios se recomienda trabajar con autoridades locales para obtener datos más precisos en cuanto al tipo de cobertura afectada por incendios.

3C2 Encalado

El encalado se emplea para reducir la acidez del suelo y mejorar el crecimiento de los cultivos en sistemas gestionados, en particular en tierras agrícolas y bosques gestionados. El agregado de carbonatos a los suelos, en forma de cal conduce a emisiones de CO_2 (IPCC, 2006). El uso de cal es común con el fin de aumentar el PH del suelo y mejorar productividad, para cultivos agrícolas manejados se usa, casi que en su totalidad, la cal dolomita. Se obtuvo un estimado de la aplicación de cal de acuerdo a conversaciones con campesinos de la zona.

Oportunidades de mejora para próximos inventarios

Como mejora para el próximo inventario se recomienda contar con datos más confiables respecto a la cantidad de cal aplicada a los suelos. Para esto se puede trabajar en recopilar información respecto a estadísticas del uso de cal en el área (bajo la hipótesis de que toda la cal se vende a los agricultores, criadores, silvicultores, etc.). Sería buena práctica contar con los registros anuales de minería para extracción de piedra caliza, en conjunto con datos de importaciones y exportaciones. Sumado a lo anterior se pueden tener censo de registros comerciales e información sobre ventas (AMVA, 2013). Finalmente se recomienda contar con estudios de los suelos de la zona que basados en la caracterización fisicoquímica de los mismos, permitan estimar con una mayor confiabilidad la cantidad de cal necesaria a ser aplicada.

3C3 Aplicación de urea

De manera similar a la reacción en el suelo cuando se agrega cal, el bicarbonato que se forma a partir de la urea cuando está en presencia de agua y enzimas de ureasa, se convierte en CO_2 y agua, este CO_2 se emite a la atmosfera. De acuerdo a esto se determinaron las emisiones de CO_2 por aplicación de urea en pastos manejados debido a la alta tasa de incorporación de esta al suelo en este tipo de cobertura (AMVA, 2013) (IPCC, 2006).

Oportunidades de mejora para próximos inventarios

Se recomienda para próximos inventarios contar con mejores aproximaciones al uso de urea en los suelos del Municipio, es decir, idealmente contar con información relacionada a los registros de producción, importación y exportación de urea empleados por entidades como el ICA para la realización de boletines de producción y ventas de fertilizantes a nivel nacional. Contar con información más fiable proveniente de los agricultores de la zona (AMVA, 2013). Finalmente, si bien se asumió para este caso que la urea solo se aplica a pastos manejados, sería una buena práctica determinar las cantidades que son aplicadas a suelos con otros tipos de usos como agricultura.

3C4 Emisiones directas de N_2O por manejo de suelos

El óxido nitroso se produce naturalmente en los suelos a través de los procesos de nitrificación y desnitrificación. La producción de este en suelo gestionados puede deberse a la aplicación de fertilizantes nitrogenados como el compost, gallinaza y/o porquinaza. La Unidad Municipal de Asistencia Técnica Agropecuaria - UMATA no cuenta con estadísticas de uso de este tipo de fertilizantes, por lo cual las emisiones directas de N_2O provenientes de la aplicación de fertilizantes sintéticos se realizó mediante un sondeo a campesinos de la zona quienes indicaron las *dosis recomendadas* para cada tipo de cultivo, soportadas igualmente por una revisión de literatura en cuanto a requerimientos nutricionales y recomendación de dosis de fertilizantes nitrogenados aplicadas tanto a cultivos como pastizales.

El aporte de N proveniente del estiércol se estimó asumiendo que el 100% de las excretas de aves (gallinaza) se incorpora al suelo como fertilizantes ya que la legislación no permite que sea usada para alimento y, que el 100% del estiércol de cerdos (porquinaza) se aplica a la fertilización de pastizales, puesto que no se hallaron reportes de utilización del mismo en biodigestores. El 100% de la orina y excretas de bovinos se aplica al suelo por pastoreo de este tipo de ganado, pues no se presenta explotación de ganado bovino en estabulación. El compost se obtuvo de lo reportado en el PGIRS y en cuanto a los lodos cloacales, si bien EPM reporta el uso de biosólidos para restauración, reforestación, mejoramiento de suelos, compost y almacenamiento, el uso de este no se lleva a cabo en el Valle de Aburrá. El N devuelto a los suelos proveniente de residuos agrícolas (aéreos y subterráneos) se estimó para los cultivos fijadores y no fijadores de N de acuerdo a la metodología (IPCC, 2006) – Ecuación 11.6.

Se consideró que donde se pierde C por cambios en el uso de la tierra se genera mineralización del N y este se considera como fuente de N_2O; por lo tanto se estimó el N mineralizado resultante de las pérdidas de C de los suelos conforme a las directrices (IPCC, 2006).

Oportunidades de mejora para próximos inventarios

Se recomienda para próximos inventarios emplear fuentes confiables de la información de producción y venta de fertilizantes como las que emplean a nivel nacional por entidades como el ICA para la realización de los Boletines de Comercialización de Fertilizantes que se publican anualmente, en los que se reportan las cantidades de fertilizantes nitrogenados sintéticos y orgánicos (incluida la urea) y cal, producidos y vendidos, por tipo y por empresa. Así como recabar información relevante, y real, respecto a posibles cambios en las prácticas agrícolas en términos de aplicación de fertilizantes tanto sintéticos como orgánicos. Contar con datos de importaciones y exportaciones de ambos tipos de fertilizantes.

3C5 Emisiones indirectas de N_2O por manejo de suelos

Las emisiones indirectas de N_2O provienen de la volatilización de N como NH_3 y óxidos de N (NOx), y la deposición de estos gases y de sus productos NH4 + y NO3 - sobre los suelos y la superficie de los lagos y otras masas de agua. Las fuentes de N como NH_3 y NOx no se limitan a los fertilizantes y abonos agrícolas, sino que incluyen también la combustión de combustible fósil, el quemado de biomasa, y los procesos de la industria química. La segunda vía es la lixiviación y el escurrimiento desde la tierra de N de agregados de fertilizantes sintéticos y orgánicos, residuos agrícolas, mineralización de N relacionada con pérdida de C del suelo en suelos minerales y en suelos orgánicos drenados/gestionados por los cambios en el uso de la tierra o las prácticas de gestión, y la deposición de orina y estiércol de los animales en pastoreo (IPCC, 2006).

Con base en las cantidades de N halladas para las emisiones directas de N_2O se calcularon las emisiones indirectas de N_2O-N y multiplicando estas por la relación de pesos moleculares 44/28, se obtuvieron las emisiones indirectas de N_2O (AMVA, 2013).

Oportunidades de mejora para próximos inventarios

Para mejorar futuros Inventarios de emisiones indirectas de N2O en el Municipio de Medellín se deben emplear fuentes confiables de la información de producción y venta de fertilizantes como las empleadas por entidades como el ICA para la realización de los Boletines de Comercialización de Fertilizantes, en los que se reportan las cantidades de fertilizantes nitrogenados sintéticos y orgánicos (incluida la urea) y cal, producidos y vendidos, por tipo y por empresa, cada año (AMVA, 2013).

Obtener información más clara sobre fertilización directamente con los productores agrícolas y pecuarios, y con las entidades nacionales encargadas de las estadísticas de fertilización, también permite reducir la incertidumbre y obtener un Inventario que refleje de forma acertada las condiciones de la región (AMVA, 2013).

Fuentes de información y datos de actividad

Encalado

Para la estimación de la cantidad de cal aplicada a los suelos, se mantuvieron conversaciones con campesinos de la zona los cuales indicaron que aproximadamente realizaban 2 aplicaciones de cal al año, a una taza de 1 ton/ha. Con estas asunciones en la Tabla 30 se puede ver el total de cal aplicada y por tanto las cantidades utilizadas para los cálculos de emisiones de GEI debido al encalado de los suelos. El total de área sembrada fue obtenida de la *Caracterización de productores Agropecuarios Rurales de Medellín* (Alcaldía de Medellín, 2016).

Tabla 30. Total de cal aplicada en el Municipio de Medellín durante el 2015.

Total área sembradas - Medellín	Total cal aplicada
2.805,8	5.611,6 ton

Urea

Dado que las UMATAs no manejan estadísticas de aplicación de urea en las zonas rurales del Municipio, se determinó una tasa de aplicación promedio anual de urea en pastos manejados de 350 kg/ha de acuerdo a lo especificado en (AMVA, 2013), que a su vez tomaron información de la *Asociación Internacional de la Industria de los Fertilizantes* y del *International Plant Nutrition Institute.* En la Tabla 31 se pueden observar por lo tanto los valores estimados de urea aplicada a los suelos del Municipio. El valor en hectáreas de las tierras destinadas a pastos manejados fue tomado de la Tabla 24.

Tabla 31. Total urea aplicada en los suelos del Municipio de Medellín.

Total área en pastos manejados	Total urea aplicada
939,97 ha	28,2 ton

Fertilizantes sintéticos y orgánicos

Para el cálculo de la cantidad de fertilizantes sintéticos aplicados a los suelos dados los cultivos permanentes y transitorios, así como las áreas en pastos, se obtuvo mediante el uso de los datos compilados en las Tabla 26 y Tabla 31, en conjunto con las dosis de N aplicada por tipo de cultivo, compilados en la Tabla 32.

Tabla 32. Dosis de N por fertilización sintética aplicada por tipo de cultivo

Tipo de cultivo / pastos	Dosis (kg N / ha / año)	Fuente
Pastos manejados	161	(Wichmann, 1992) (International Plant Nutrition Institute - IPNI, 2003)
Cultivos de café	240	(Sadeghian, 2003)
Cultivos de mora	120	(Franco & Giraldo, 1992)
Cultivos de tomate de árbol	300	(Universidad Técnica del Norte, 2011)
Cultivos de aguacate	140	(Tamayo, y otros, 2008)
Cultivos de fresa	60	(Molina, Salas, & Castro, Growth curve and nutrients absorption in strawberries (Fragaria x ananassa cv. Chandler) in Alajuela, 1993)
Cultivos de Naranja Valencia	150	(Molina, 2000)
Cultivos de Remolacha	125	(Monómeros Colombovenezolanos S.A, 1998)
Cultivos de Zanahoria	192	
Cultivos de Cebolla Junca	150	
Cultivos de tomate	110	
Cultivos de pimentón	80	
Cultivos de espinaca	100	
Cultivos de Cebolla de huevo	120	
Cultivos de habichuela	110	
Cultivos de pepino	95	
Cultivos de lechuga	100	
Cultivos de coliflor	80	
Cultivos de frijol	60	
Cultivos de repollo	120	
Cultivos de papa	300	

Tipo de cultivo / pastos	Dosis (kg N / ha / año)	Fuente
Cultivos de ajo	100	
Cultivos de cilantro	70,5	(Marín Pimentel, 2010)
Cultivos de col	80	(Salazar Sperberg, s.f)
Cultivos de plátano	220	(Arcila Pulgarín, y otros, 2006)
Cultivos de yuca	60	(Centro Internacional de Agricultura Tropical - CIAT, 1981)
Cultivos de caña	6,5	(Cadavid Osorio, 2007)
Cultivos de apio	320	(AgroEs, s.f)
Cultivos de mandarina	150	(Universidad Nacional Agraria de Molina, 2011)
Cultivos de mango	2400	Asumiendo que cada palo de mango se siembra cada 5 m. (Ríos & Corella, 1999) (Avilan, 1999)
Cultivos de mango	80	(Terán, Meléndez, García Aguilar, Acuña, & Urdane, 1996)
Cultivos de lima ácida tahiti	280	(Dorado Guerra, Grajales, & Ríos Rojas, 2015)

En la Tabla 33 se presentan los datos totales de N aplicado al suelo por categoría.

Tabla 33. Cantidad de N aplicados a los suelos dados los procesos de fertilización.

Categoría	N por fertilización sintética (kg N / año)
Pastos	151.335,17
Cultivos permanentes	400.932,5
Cultivos transitorios	128.470,5
Total	**680.738.17**

En cuanto a fertilizantes orgánicos se indagó por información relacionada a las cantidades anuales de: estiércol, lodos provenientes de aguas residuales, compost, y otros abonos orgánicos de importancia regional para la agricultura. En la Tabla 34 se presentan los datos obtenidos.

Tabla 34. Datos de actividad en relación a la fertilización orgánica en el Municipio de Medellín

Categoría	N por fertilización orgánica (kg N / año)	Fuente
Estiércol	610.456,2428	Cálculo obtenido de la sección de *Manejo del Estiércol – 3A2*

Categoría	N por fertilización orgánica (kg N / año)	Fuente
Compost	38.777,6	PGIRS reporta 2.656 ton de residuos orgánicos de la cual el 1,46% corresponde a N orgánico total (GIEM, s.f)
Total	**649.233,84**	

Cantidad anual de N en residuos agrícolas aéreos/subterráneos

En cuanto a la cantidad de N proveniente de residuos agrícolas, este se calculó mediante la ecuación 11.6 de las guías del IPCC. A continuación se presentan los datos utilizados para dicho cálculo - Tabla 35.

Por regulación no es posible que los productores agrícolas, pecuarios o forestales realicen quemas controladas de los residuos derivados de la postcosecha y otra biomasa, por tanto la variable de la ecuación 11.6 de las guías del IPCC 2006 relativa a la superficie anual quemada no se tuvo en cuenta.

Los periodos de renovación de los cultivos, dada la ecuación 11.6, equivalen a 1/X, siendo X el número de años promedio en que tarda la renovación de un cultivo, por tanto para cultivos anuales el periodo de renovación equivale a 1. Dicho datos se obtuvieron en conversaciones con campesinos de la zona.

Para los valores de materia seca de residuos aéreos, dado que para el año de inventario se asumen que los cultivos permanentes no sufrieron renovación, entonces se determina un valor de 0 en esta variable. Igualmente en el Cuadro 11.2 de las guías del IPCC 2006, no presenta valores para cultivos anuales o permanentes.

Para la fracción de residuos aéreos que se extraen anualmente como los destinados a alimentos, camas y construcción, no se cuenta con sondeo de expertos que permitan una estimación de dichos valores. Por tanto, y siguiendo las indicaciones de la guía, se supone que no hay remoción.

Tabla 35. Cantidad anual de N en residuos agrícolas aéreos y subterráneos – Ecuación 11.6 | Guías IPCC 2006

Variable	Tipo de cultivo						Fuente
	Café	Frutales	Plátano	Caña	Tubérculos	Verduras y hortalizas	
Superficie anual de cosecha (ha)	1.144	311,5	180	90	77	828,3	Caracterización de productores agropecuarios (Alcaldía de Medellín, 2016)
Rendimiento (ton/ha)	0,8	7,2	6	6	18	18,79	
Fracción de renovación	0,125	0,062	1	0,67	2	2	(IPCC, 2006) – Ecuación 11.6
Materia seca residuos	0	0	0	1,64 (Maíz)	1,16 (Patatas)	1,98 (Alubias y legumbres)	(IPCC, 2006) – Cuadro 11.2

Variable	Tipo de cultivo						Fuente
	Café	Frutales	Plátano	Caña	Tubérculos	Verduras y hortalizas	
aéreos ($AG_{DM(T)}$)							
Contenido N de residuos aéreos (kg N /kg d.m) - N_{AG}	0	0	0	0,006 (Maíz)	0,019 (Patatas)	0,008 (Alubias y legumbres)	(IPCC, 2006) – Cuadro 11.2
Res. Subt/biomasa aérea (R_{BG-BIO})	0	0	0	0,22 (Maíz)	0,2 (Patatas)	0,19 (Alubias y legumbres)	(IPCC, 2006) – Cuadro 11.2
Contenido N residuos subt (N_{BG})	0	0	0	0,007 (Maíz)	0,014 (Patatas)	0,008 (Alubias y legumbres)	(IPCC, 2006) – Cuadro 11.2

Dado lo anterior, se procedió a realizar los cálculos correspondientes y se obtuvo el resultado consignado a continuación (Tabla 36).

Tabla 36. N depositado en suelo dados los residuos de cultivos.

Cantidad de N dados los residuos de cultivos (kg N / año)
0,01281

N mineralizado dado los cambios en los usos o gestión del suelo

El C y el N orgánicos están íntimamente ligados con la materia orgánica del suelo. Donde se pierde C del suelo por oxidación debido a cambios en el uso o la gestión de la tierra, esta pérdida tendrá lugar acompañada por una simultánea mineralización de N. Donde hay una pérdida de C del suelo, este N mineralizado se considera una fuente adicional de N disponible para su conversión en N_2O (IPCC, 2006). Siguiendo los pasos de cálculo para determinar el N mineralizado dado cambio en los usos o gestión de la tierra especificado en la sección 11.2.1.3 de las guías del IPCC 2006, se calculó el promedio anual de pérdida de C del suelo ($\Delta C_{Minerales, LU}$), de las tierras que permanecen como tales y de aquellas que son convertidas a otros usos. Posteriormente, siguiendo al ecuación 11.8 de las guías IPCC 2006, se procedió a calcular el N mineralizado debido a pérdida del C del suelo (F_{som}), obteniéndose el siguiente resultado - Tabla 37.

Tabla 37. N mineralizado por cambio en los usos o gestión del suelo

N mineralizado (kg N / año)
-116.238,73

<u>Factores de emisión</u>

A continuación, se presentan los factores de emisión usados para todos los cálculos de esta sección.

Tabla 38. Factores de emisión utilizados para el cálculo de emisiones de GEI del Sector AFOLU, subsector Fuentes Agregadas y Emisión de Gases no-CO_2 (3C)

Categoría	Factor de emisión	Valor	Fuente
Quema de biomasa	Masa de combustible disponible para la combustión (M_B)	2,1 ton / ha	(IPCC, 2006) – Cuadro 2.4
	Factor de combustión (C_f)	0,74	(IPCC, 2006) – Cuadro 2.6
	Factor de emisión CH_4	2,3 g GEI / kg C quemado	(IPCC, 2006) – Cuadro 2.5
	Factor de emisión CO	65 g GEI / kg C quemado	(IPCC, 2006) – Cuadro 2.5
	Factor de emisión N_2O	0,21 g GEI / kg C quemado	(IPCC, 2006) – Cuadro 2.5
	Factor de emisión NO_x	3,9 g GEI / kg C quemado	(IPCC, 2006) – Cuadro 2.5
Cal	Factor de emisión para la aplicación de cal dolomita	0,13	(IPCC, 2006)
Urea	Factor de emisión para la aplicación de urea	0,2	(IPCC, 2006)
Emisiones directas de N_2O	Emisiones de N_2O provenientes de la aplicación de N	0.01 kg N_2O – N / kg N	(IPCC, 2006) – Cuadro 11.1
Emisiones indirectas de N_2O	Volatilización de fertilizantes sintéticos - $Frac_{GASM}$	0,1 (kg NH3–N + NOx–N)/ (kg N aplicado)	(IPCC, 2006) – Cuadro 11.3
	Volatilización fertilizantes orgánicos, excretas y orinas de animales en pastoreo - $Frac_{GASM}$	0,2 (kg NH3–N + NOx–N) / (kg N aplicado o depositado)	(IPCC, 2006) – Cuadro 11.3
	Volatilización y re deposición de N – EF_4	0,01 kg N2O–N / (kg NH3–N + NOX–N volatilizado)	(IPCC, 2006) – Cuadro 11.3
	Lixiviación y escurrimiento – EF_5	0,0075 kg N2O–N / (kg N lixiviación/escurrimiento)	(IPCC, 2006) – Cuadro 11.3
	Pérdidas de N por lixiviación y escurrimiento – $Frac_{LIXIVIACIÓN-(H)}$	0,3 kg N	(IPCC, 2006) – Cuadro 11.3
	N depositado en suelos por vacunos en pastoreo – $EF_{3\ PRP}$	0,02 kg N2O–N /kg N	(IPCC, 2006) – Cuadro 11.3

5.3.4.4 Otras (3D)

Productos de madera recolectada – PMR (3D1)

Gran parte de la madera cosechada de las tierras forestales, de cultivo y de otros tipos de usos de la tierra permanece en los productos durante períodos de tiempo de diferente

duración. PMR incluye todo el material de madera (incluida la corteza) que abandona los sitios de recolección (IPCC, 2006).

Para este inventario los aportes de PMR se asumen como 0, dado que el cambio anual en las existencias de C es insignificantes. Según los resultados obtenido en el Inventario de Emisión de Gases Efecto Invernadero del Valle de Aburrá, años 2009 – 2011 Sector AFOLU, se establece que los aportes de PMR a las emisiones son cercanos a cero, debido a que la producción de productos maderables se realiza con un 99% con madera importada.

Oportunidades de mejora para próximos inventarios

Se hace necesario contar con información tabulada por las autoridades ambientales y entidades responsables de registrar las cosechas realizadas en la región.

5.3.4.5 Resultados Sector AFOLU

En la Tabla 39 se presentan, al igual que en los sectores anteriores, los resultados desagregados para cada uno de los subsectores y alcances evaluados para el sector AFOLU. Se indican igualmente las respectivas claves de notación (Tabla 3) utilizadas, dependiendo de la condición en la que se encontrara dicha categoría de emisión dentro de la realidad municipal. Se puede ver entonces que el 92,42% de las emisiones del sector provienen del subsector de tierras, demostrando esto la frágil situación de deforestación que está viviendo el Municipio. En orden de importancia le sigue el subsector pecuario, con un 4,9% de total de las emisiones y finalmente el subsector de fuentes agregadas y emisiones de gases no-CO_2 en tierras, con un 2,68% del total de las emisiones de AFOLU.

Tabla 39. Resultados desagregados para cada uno de los subsectores pertenecientes al sector AFOLU. 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. Ref. GPC	Emisiones GEI para el sector AFOLU	Emisiones GEI totales (ton CO_2eq)			
		Alcance 1	Alcance 2	Alcance 3	Total
V.1	Emisiones de la ganadería	39.757			39.757
V.2	Emisiones de la tierra	741.104			741.104
V.3	Emisiones de fuentes agregadas y gases no-CO_2 en tierras	20.989			20.989
Sub total Medellín - AFOLU		**801.851**			**801.851**

De igual manera en la Figura 12 se presentan los mismos resultados para el sector AFOLU, de manera gráfica. Se observa entonces como para este sector (AFOLU), las emisiones provenientes del subsector tierras son sin dudas las más relevantes.

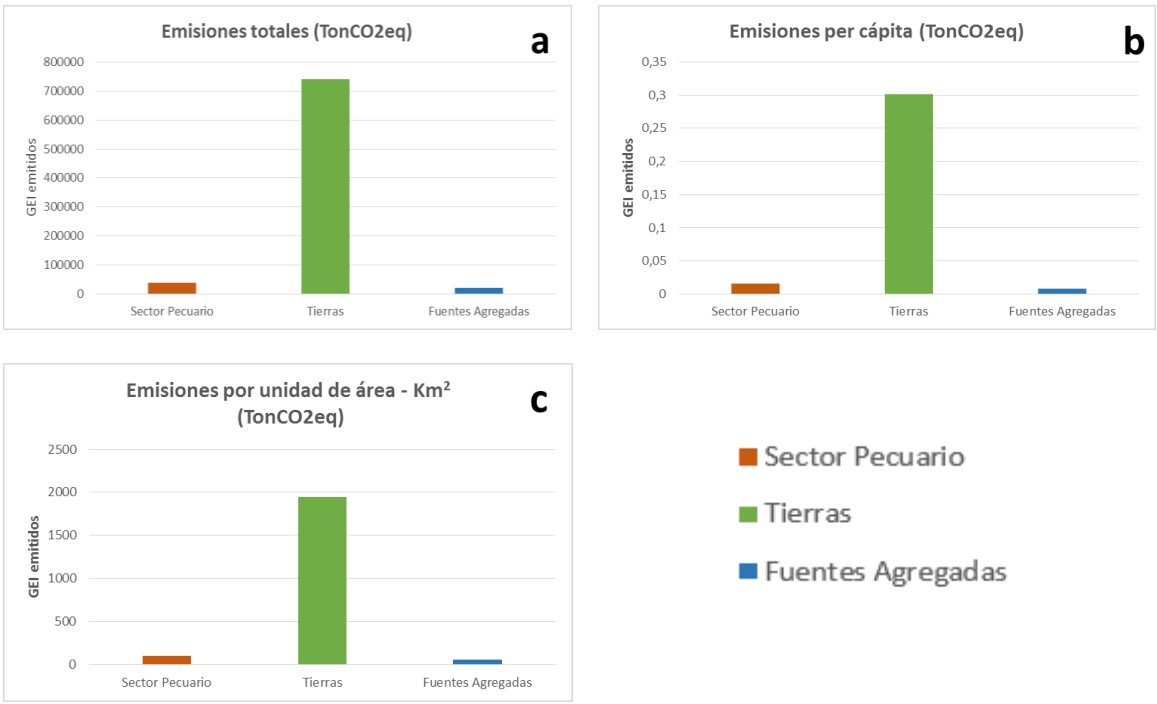


Figura 12. Gráficos comparativos para el sector de AFOLU que muestran los siguientes tipos de emisiones en ton CO_2eq: a) Emisiones totales, b) Emisiones per cápita, c) Emisiones por unidad de área

A la hora de analizar las emisiones particulares dentro de cada uno de los subsectores tenemos igualmente lo siguiente:

- Para el sector pecuario, el cual representa el 4,9% del total de las emisiones del sector, las emisiones de metano debidas a la fermentación entérica son las más representativas tal como se puede ver en la Tabla 40.

Tabla 40. Emisiones de GEI en el subsector pecuario del sector AFOLU

Categoría de emisión	Emisión – CO_2eq	Representatividad
Metano CH_2 – Fermentación entérica y manejo del estiércol	35.267	88,7%
Óxido Nitroso N_2O – Manejo del estiércol	4.490	11,3%
Total emisiones subsector pecuario	**39.757**	**100%**

- Analizando en detalle los resultados obtenidos de todos los cálculos y consignados en CIRIS, se observa que para el subsector tierras, las únicas dos categorías que resultan en capturas efectivas de C son las de tierras forestales que permanecen como tales y la de tierras que son convertidas a tierras forestales, capturando en total 41.928 ton CO_2eq durante el año de estudio. Sin embargo estas capturas son muy pequeñas en relación con las emisiones provenientes de los cambios en los

tipos de coberturas que presentan las zonas rurales del Municipio. Dentro de estas, las tierras convertidas a tierras de cultivos fueron las responsables de las mayores emisiones de CO_2eq (50,84%) por cuenta de la perdida de la cobertura boscosa. En la Tabla 41 pueden observarse todos los detalles de las emisiones y absorciones.

Tabla 41. Emisiones de GEI en el subsector tierras del sector AFOLU

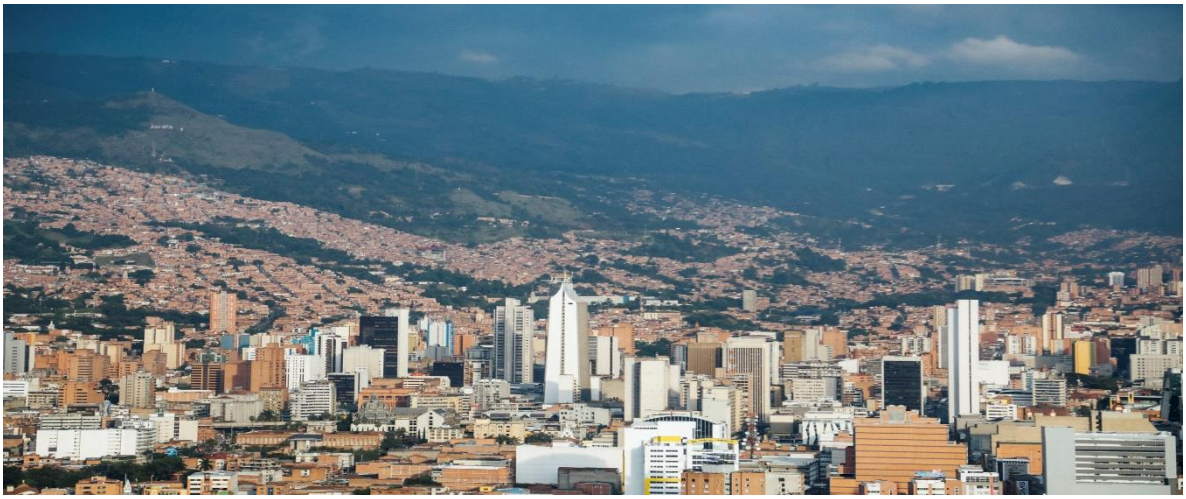
Categoría de emisión	Emisión (+) / Absorción (-) – CO_2eq	Representatividad
Tierras forestales que permanecen como tales	-30.492	-4,18%
Tierras convertidas a tierras forestales	-11.436	-1,54%
Tierras de cultivo que permanecen como tales	18.202	2,46%
Tierras convertidas a tierras de cultivo	376.745	50,84%
Pastos que permanecen como tales	0	0%
Tierras convertidas a pastos	154.639	20,87%
Tierras convertidas a asentamientos	225.323	30,40%
Tierras convertidas a suelo desnudo o minería activa	8.574	1,16%
Total emisiones subsector tierras	**741.104**	**100%**

- Finalmente se tiene el subsector de fuentes agregadas y emisiones de gases no-CO_2 en tierras. Tal como se observa en la Tabla 42, las emisiones directas de N_2O en suelos gestionados presenta emisiones que no son despreciables a la luz de los niveles de emisión presenten en otras categorías. Dichas emisiones corresponden a la aplicación de fertilizantes nitrogenados. En conversaciones con la UMATA se evidenció que no existe ningún tipo de control en este tema, por lo tanto, y dada la magnitud de dichas emisiones, se hace imperativo empezar a llevar algún tipo de registro sistematizado de lo mismo.

Tabla 42. Emisiones de GEI en el subsector de fuentes agregadas y emisiones de gases no-CO_2 en tierras del sector AFOLU

Categoría de emisión	Emisión – CO_2eq	Representatividad
Quema de biomasa por incendios forestales	59	0,28%
Encalado	2.675	12,74%
Fertilización con urea	21	0,1%
Emisiones directas de N_2O - Suelos gestionados	15.193	72,38%
Emisiones indirectas de N_2O - Suelos gestionados	3.042	14,49%
Total emisiones subsector fuentes agregadas	**20.989**	**100%**

5.3.5 Procesos Industriales y Uso de Productos – IPPU



El sector de Procesos Industriales y Uso de Productos –IPPU (Industrial Processes and Product Use), produce emisiones de GEI derivadas de una amplia variedad de actividades industriales no relacionadas con la energía. Las fuentes principales de emisión son las liberaciones derivadas de procesos industriales que transforman química o físicamente los materiales (por ejemplo, el alto horno en la industria del hierro y el acero; el amoníaco y otros productos químicos fabricados a partir de combustibles fósiles y utilizados como materia prima química). Durante estos procesos, se pueden producir muchos GEI diferentes. Además, determinados productos utilizados por la industria y los consumidores finales, tales como refrigerantes, espumas o aerosoles, también contienen GEI que pueden liberarse durante su uso y disposición (WRI; C40 Cities; ICLEI, 2014).

Para el sector IPPU se tuvieron en cuenta las emisiones provenientes de los siguientes subsectores:

- Industria de los minerales
- Industria química
- Industria de los metales
- Uso no energético de combustibles y de solventes
- Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono
- Manufactura y utilización de otros productos
- Otros

Todos los cálculos necesarios para la estimación de las emisiones de este sector se hicieron con base 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.

A continuación se presenta la estructura general que maneja el IPCC en cuanto al sector IPPU – Tabla 43.

Tabla 43. Estructura general del sector IPPU según las Guías del IPPC 2006

Categorías IPCC 2006			
Categorías	**Subcategorías**		
2A Industria de los minerales	2A1		Producción de cemento
	2A2		Producción de cal
	2A3		Producción de vidrio
	Otros usos de carbonatos	2A4a	Cerámicas
		2A4b	Otros usos de la ceniza de sosa
		2A4c	Producción de magnesia no metalúrgica
		2A4d	Otros
	2A5		Otros
2B Industria química	2B1		Producción de amoníaco
	2B2		Producción de ácido nítrico
	2B3		Producción de ácido adípico
	2B4		Producción de caprolactama, glioxil y ácido glioxílico
	2B5		Producción de carburo
	2B6		Producción de dióxido de titanio
	2B7		Producción de ceniza de sosa
	Producción petroquímica	2B8a	Metanol
		2B8b	Etileno
		2B8c	Dicloruro de etileno y monómero cloruro de vinilo
		2B8d	Óxido de etileno
		2B8e	Acrilonitrilo
		2B8f	Negro de humo
	Producción fluoroquímica	2B9a	Emisiones de productos derivados
		2B9b	Emisiones fugitivas
	2B10		Otros
2C Industria de los metales	2C1		Producción de hierro y acero
	2C2		Producción de ferroaleaciones
	2C3		Producción de aluminio
	2C4		Producción de magnesio
	2C5		Producción de plomo
	2C6		Producción de cinc
	2C7		Otros
2D Uso no energético de combustibles y de solventes	2D1		Uso de lubricantes
	2D2		Uso de cera parafinada
	2D3		Uso de solventes
	2D4		Otros
2E Industria Electrónica	2E1		Circuitos integrados o semiconductores
	2E2		Pantalla plana tipo TFT
	2E3		Células fotovoltaicas
	2E4		Fluidos de transferencia térmica
	2E5		Otros
2F Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono	Refrigeración y aire acondicionado	2F1a	Refrigeración y aire acondicionado estacionario
		2F1b	Aire acondicionado móvil
	2F2		Agentes espumantes
	2F3		Protección contra incendios
	2F4		Aerosoles
	2F5		Solventes
	2F6		Otras aplicaciones
		2G1a	Manufactura de equipos eléctricos

Categorías IPCC 2006			
Categorías	**Subcategorías**		
2G Manufactura y utilización de otros productos	Equipos eléctricos	2G1b	Uso de equipos eléctricos
		2G1c	Eliminación de equipos eléctricos
	SF_6 y PFC de otros usos de productos	2G2a	Aplicaciones militares
		2G2b	Aceleradores
		2G2c	Otros
	N_2O proceente del uso de productos	2G3a	Aplicaciones médicas
		2G3b	Propulsor para productos presurizados y aerosols
		2G3c	Otros
	2G4		Otros
2H Otros	2H1		Industria de la pulpa y el papel
	2H2		Industria de la alimentación y las bebidas
	2H3		Otros

5.3.5.1 Industria de los minerales (2A)

En esta categoría se estiman las emisiones de dióxido de carbono - CO_2 relacionadas con los procesos que resultan del uso de materias primas carbonatadas en la producción y el uso de una variedad de productos minerales industriales. El principal proceso que conduce a la liberación de CO_2 es la calcinación de compuestos carbonatados, durante la cual se forma óxido metálico mediante la aplicación de calor (IPCC, 2006). La ecuación detalla una reacción de calcinación típica para el mineral de calcita o carbonato de calcio:

Ecuación 2. Reacción de calcinación de la piedra caliza

$$CaCO_3 + \ calor \quad \rightarrow \quad CaO \ + \ CO_2$$

<u>Fuentes de información y datos de actividad</u>

Para la categoría 2A “Industria de los Minerales”, se tuvieron como guía las directrices del IPCC 2006 y el Inventario de Emisiones de Gases Efecto Invernadero del Valle de Aburrá, años 2009 – 2011 – Sector IPPU. Toda la información compilada se registró de manera desagregada en los ANEXOS que se entregan junto con este informe y de manera compilada en el archivo CIRIS que también es entregado como ANEXO.

Producción de cemento (2A1)

La industria del cemento representa una participación importante dentro de las emisiones de GEI a nivel mundial (AMVA, 2013), sin embargo, dentro de la jurisdicción de Medellín no se encuentran ubicadas plantas donde se lleve a cabo este tipo de proceso. Las empresas comercializadoras de cemento tienen sus plantas ubicadas por fuera del Municipio, e incluso del Valle de Aburrá, realizándose dentro de éste procesos de mezcla con el cemento.

De acuerdo a lo anterior, no se estiman las emisiones correspondientes a esta industria.

Producción de cal (2A2)

Al igual que sucede con la industria del cemento, la industria de la cal representa un porcentaje importante en las emisiones de GEI a nivel mundial. Sin embargo, dentro de la jurisdicción de Medellín, no se encuentran ubicadas plantas donde se lleve a cabo este tipo de proceso. Por su parte, las empresas comercializadoras de cal tienen sus plantas ubicadas por fuera del Valle de Aburrá y dentro de éste sólo realizan procesos de hidratación, molienda y empacado de cal.

De acuerdo a lo anterior, no se estiman las emisiones correspondientes a esta industria.

Producción de vidrio (2A3)

En el comercio se utilizan muchas variedades de artículos y de composiciones de vidrio, pero esta industria puede dividirse en cuatro categorías principales: recipientes, vidrios planos (ventanas), fibras de vidrio y vidrios especiales (IPCC, 2006). Así, en el Valle de Aburrá, se identificó una empresa que cuenta con el proceso de producción de vidrio tipo recipientes-envases. Sin embargo, la misma se ubica por fuera de la jurisdicción de Medellín.

De acuerdo a lo anterior, no se estiman las emisiones correspondientes a esta industria.

Otros usos de carbonatos (2A4)

La piedra caliza, la dolomita, y otros carbonatos, son materias primas básicas que tienen aplicaciones comerciales en numerosas industrias. Los carbonatos también se consumen en la metalurgia, en la agricultura, en la construcción y en el control de la contaminación ambiental. Así, la calcinación de los carbonatos a altas temperaturas produce CO_2 (IPCC, 2006).

A diferencia de las subcategorías 2A1 “producción de cemento”, 2A2 “producción de cal”, y 2A3 “producción de vidrio”, en el área de estudio sí se presentan procesos como otros usos de carbonatos (2A4). Para estas industrias se estiman las emisiones correspondientes.

- **Cerámicas (2A4a)**

  Las cerámicas incluyen la producción de ladrillos y tejas, tuberías de arcilla vitrificada, productos refractarios, productos de arcilla expandida, azulejos y cerámica para el piso, vajillas y ornamentos cerámicos, sanitarios, cerámicas técnicas y abrasivos inorgánicos. Las emisiones relacionadas con los procesos de las cerámicas provienen de la calcinación de los carbonatos contenidos en la arcilla, así como de la inclusión de aditivos.

  Las emisiones de CO_2 son el resultado de la calcinación de las materias primas (particularmente de la arcilla, de los esquistos, de la piedra caliza, de la dolomita y

de la witherita o carbonato de bario y de la piedra caliza como fundentes) (IPCC, 2006).

Para el caso específico de Medellín, se presentan procesos de uso de carbonatos destinados a la fabricación de cerámicas como ladrillos. Así, para el cálculo de las emisiones derivadas de este proceso se requiere conocer el consumo de arcilla de las empresas del sector. A continuación en la Tabla 44 se presentan los datos de actividad utilizados para esta subcategoría:

Tabla 44. Datos de actividad para el cálculo de las emisiones de GEI para la subcategoría "Otros usos de carbonatos"

Información	Dato	Fuente
Cantidad de arcilla consumida (t/año)	58.622	Empresas del sector: Ladrillera El Noral, Ladrillera Santa Rita
Pureza o contenido de carbonato de cada materia prima (fracción)	10%	Guías IPCC 2006

Factores de emisión

A continuación se especifican los factores de emisión (FE) y variables (

Tabla 45) que se tuvieron en cuenta a la hora de realizar los cálculos de las emisiones de GEI, así mismo se detallan las fuentes de donde se obtuvieron dichos factores de emisión.

- Los factores de emisión –FE, para el carbonato de calcio y la dolomita, se obtuvieron de las guías del IPCC 2006 (Cuadro 2.1 "Fórmulas, pesos moleculares de fórmula, y contenido de dióxido de carbono de las especies comunes de carbonatos"). El FE para la Arcilla, se obtuvo del Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero del Valle de Aburrá, años 2009 – 2011, sector IPPU, en el cual suponen composición 85% calcita y 15% dolomita.

Tabla 45. Variables y Factores de Emisión utilizados para calcular las emisiones de CO_2 para la subcategoría "Otros usos de carbonatos"

Compuesto	Factor de emisión - Kg COVDM/ ton producto
Carbonato de calcio	0,43971
Dolomita	0,47732
Arcilla	0,44535

Otros (2A5)

Dentro de esta categoría se presenta la producción de lana mineral, la cual se refiere a lanas basadas en rocas naturales y cuyas emisiones están relacionadas nuevamente con

el uso de los carbonatos. Por lo tanto, las emisiones de CO_2 se calculan de la misma forma que los productos cerámicos pero su clasificación se da en la categoría 2A5.

Sin embargo, en el Municipio del Medellín no se cuenta con industrias que lleven a cabo tal producción, por lo tanto, no aplica la estimación de sus emisiones.

Oportunidades de mejora para próximos inventarios

Debido a que el proceso que representa la generación de emisiones de GEI para esta categoría corresponde al uso de carbonatos destinados a la fabricación de cerámicas como ladrillos, se requiere para próximos inventarios, la mejora del Registro Único Ambiental – RUA, como base de datos que detalla el consumo anual de arcilla de las ladrilleras ubicadas en el Municipio. Esto, debido a que actualmente, si bien se puede observar el reporte de cantidad consumida, no se puede visualizar en las sábanas de información el nombre de la empresa quien hace dicho reporte.

Lo anterior, permitirá tener una base de datos confiable y certera a la cual acudir en el momento de la realización de los cálculos, evitando de igual manera el retraso en el proceso de desarrollo del inventario, debido a tardanza por envío de la información empresa por empresa.

5.3.5.2 Industria química

En la categoría 2B, “Industria química”, se estiman las emisiones de gases de efecto invernadero que resultan de la producción de varios productos químicos inorgánicos y orgánicos que contribuyen significativamente a los niveles de emisión mundiales o nacionales de gases de efecto invernadero (IPCC, 2006). Se incluyen dentro de esta categoría las emisiones provenientes de la producción de: amoníaco, ácido nítrico, ácido adípico, caprolactama, glioxal, ácido glioxílico, carburo, dióxido de titanio y ceniza de sosa, producción petroquímica, producción fluoroquímica y las emisiones provenientes de la subcategoría “otros”

Para el caso específico de Medellín, se realiza el cálculo de las emisiones de compuestos orgánicos volátiles diferentes del metano –COVDM, contempladas en la subcategoría “otros”, y que son debidas a la producción de anhídrido ftálico y anhídrido maleico.

Finalmente, para las demás subcategorías contempladas dentro de la Industria Química no se llevan a cabo cálculo de emisiones de GEI, debido a que no tienen desarrollo en el Municipio.

Producción de otros productos químicos (2B10)

Se incluyen dentro de esta categoría la producción de anhídrido ftálico y anhídrido maleico. En el Municipio de Medellín se destaca una única industria para este subsector y su importancia comparada con las emisiones totales es baja. Durante la elaboración de estos

productos se emiten COVDM y son estas las emisiones que se contabilizan en esta subcategoría.

Fuentes de información y datos de actividad

Para el cálculo de las emisiones derivadas de este proceso se requiere conocer el consumo para el caso de anhídrido maleico, y el total de la producción de anhídrido ftálico, datos obtenidos directamente por la empresa productora. A continuación en la Tabla 46 se presentan los datos de actividad utilizados para esta subcategoría:

Tabla 46. Datos de actividad para el cálculo de las emisiones de GEI para la subcategoría "Otros: Producción de anhídrido ftálico y anhídrido maleico"

Información	Dato	Fuente
Cantidad de anhídrido maleico consumida (t/año)	3050	Empresas del sector: Andercol
Cantidad de anhídrido ftálico producida (t/año)	4406	Empresas del sector: Andercol

Factores de emisión

A continuación se especifican los factores de emisión - FE) y variables (Tabla 47) que se tuvieron en cuenta a la hora de realizar los cálculos de las emisiones de GEI, así mismo se detallan las fuentes de donde se obtuvieron dichos factores de emisión.

- El FE para el anhídrido ftálico se obtuvo de las guías del IPCC 1996, tabla 2-10 "Factores de emisión para procesos de producción diversos en las industrias químicas (Kg/Tonelada de producto)".
- El FE para el anhídrido maleico se obtuvo de la EPA 1995, quinta edición "compilación de factores de emisión de contaminantes atmosféricos", volumen 1, capitulo 6, sección 6.14, Tabla 6.14-2 "Factores de emisión para la producción de Anhídrido Maléico"

Tabla 47. Variables y Factores de Emisión utilizados para calcular las emisiones de CO_2 para la subcategoría "Otros: Producción de anhídrido ftálico y anhídrido maleico".

Compuesto	Factor de emisión - Kg COVDM/ ton producto
Anhídrido ftálico	6
Anhídrido maléico	0,34

Oportunidades de mejora para próximos inventarios

Se recomienda, para la realización de próximos inventarios, dar a conocer la responsabilidad que las diferentes empresas tienen frente al cambio climático, para que así

contribuyan con el reporte anual de información, el cual debe ser confiable, coherente y oportuno de acuerdo a su actividad productiva.

5.3.5.3 Industria de los metales

En la categoría 2C “Industria de los metales”, se estiman las emisiones de gases de efecto invernadero que resultan de la producción de los metales (IPCC, 2006). Esta categoría cubre las emisiones de la producción de hierro y acero, coque metalúrgico, ferroaleaciones, aluminio, magnesio, plomo y zinc.

Dentro del Municipio de Medellín, no se identificó existencia de producción siderúrgica, al igual que no se identificaron plantas de producción primaria de otros metales.

En el Municipio de Medellin no existen empresas pertenecientes a la producción de ferroaleaciones, identificándose para Colombia una sola planta que extrae el mineral de níquel para la producción de ferroníquel, el cual se exporta en su totalidad. (IDEAM, 2009)

Producción de hierro y acero (2C1)

La mayor parte del CO_2 emitido por la industria del hierro y del acero está asociado con la producción de hierro y, más específicamente, con el uso del C para convertir el mineral de hierro en hierro metálico (IPCC, 2006).

En algunos centros de fundición se emplea la piedra caliza como fundente para controlar la fluidez de la escoria o eliminar impurezas, el agente fundente más utilizado es la piedra caliza, el uso de ésta genera emisiones de CO_2 que se contabilizan en la categoría 2C1 producción de hierro y acero (AMVA, 2013).

Fuentes de información y datos de actividad

Para el cálculo de las emisiones derivadas de este proceso se requiere conocer el consumo de la piedra caliza como fundente en la industria del hierro, datos obtenidos directamente por empresa manufacturera con procesos de fundición que reportan consumos de carbonatos. A continuación en la Tabla 48 se presentan los datos de actividad utilizados para esta subcategoría:

Tabla 48. Datos de actividad para el cálculo de las emisiones de GEI para la subcategoría "Producción de hierro y acero"

Información	Dato	Fuente
Cantidad de piedra caliza consumida (t/año)	38,65	Empresas del sector: Consorcio metalúrgico Giraldo López S.A.S
Pureza o contenido de carbonato de cada materia prima (fracción)	0,95	Guías IPCC 2006
Fracción de calcinación (fracción)	1	Guías IPCC 2006

Factores de emisión

A continuación se especifican los factores de emisión - FE y variables (Tabla 49) que se tuvieron en cuenta a la hora de realizar los cálculos de las emisiones de GEI, así mismo se detallan las fuentes de donde se obtuvieron dichos factores de emisión.

- El factor de emisión –FE, para la piedra caliza, se obtuvo de las guías del IPCC 2006 (Cuadro 2.1 "Fórmulas, pesos moleculares de fórmula, y contenido de dióxido de carbono de las especies comunes de carbonatos").

Tabla 49. Variables y Factores de Emisión utilizados para calcular las emisiones de CO_2 para la subcategoría "Producción de hierro y acero"

Compuesto	Factor de emisión Ton CO_2/ ton carbonato
Piedra caliza	0,43971

Oportunidades de mejora para próximos inventarios

Tal como se detalló anteriormente, se requiere la mejora del Registro Único Ambiental – RUA, como base de datos que detalla el consumo anual de piedra caliza como fundente. Esto, debido a que actualmente, si bien se puede observar el reporte de cantidad consumida, no se puede visualizar en las sábanas de información el nombre de la empresa quien hace dicho reporte.

Igualmente, se debe dar a conocer la responsabilidad que las diferentes empresas tienen frente al cambio climático, para que así contribuyan con el reporte anual de información, el cual debe ser confiable, coherente y oportuno de acuerdo a su actividad productiva, evitando así el retraso en el proceso de desarrollo del inventario, debido a tardanza por envío de la información empresa por empresa.

5.3.5.4 Uso no energético de combustibles y de solventes

En esta sección se estiman las emisiones de CO_2 y de COVDM generadas por los primeros usos de los combustibles fósiles como productos con fines primarios. Dichos productos incluyen los lubricantes, las ceras de parafina, el alquitrán y/o asfalto y los solventes (IPCC, 2006).

Uso de lubricantes (2D1)

El principal uso de los lubricantes es en las aplicaciones industriales y en el transporte. Los lubricantes se producen en las refinerías, por separación del petróleo crudo, o en las plantas petroquímicas. Se pueden subdividir en aceites para motores y aceites industriales, y grasas. Estos difieren según sus características físicas, de sus aplicaciones comerciales y de su destino ambiental (IPCC, 2006).

Fuentes de información y datos de actividad

Para el cálculo de las emisiones derivadas de esta subcategoría se requiere conocer el consumo de lubricantes por tipo, datos obtenidos de la información reportada por las empresas manufactureras de Medellín al Área Metropolitana del Valle de Aburrá –AMVA y a CORANTIOQUIA a través de la plataforma denominada Registro Único Ambiental – RUA.

A continuación en la Tabla 50 se presentan los datos de actividad utilizados para esta subcategoría:

Tabla 50. Datos de actividad para el cálculo de las emisiones de GEI para la subcategoría "Uso de lubricantes"

Información	Dato	Fuente
Consumo de aceites lubricantes (TJ/año)	12,75	Empresas del sector: RUA AMVA – RUA CORANTIOQUIA
Consumo de grasas (TJ/año)	0,04	Empresas del sector: RUA AMVA – RUA CORANTIOQUIA
Factor de contenido de C (KG de C/GJ)	20	Guía IPCC 2006

Factores de emisión

El factor de emisión para esta subcategoría se compone de un factor de contenido de C específico (ton C/TJ) multiplicado por el factor ODU, y por el cociente de masa 44/12 (CO_2/CO). Se debe tener en cuenta que:

- La fracción por defecto en el total de lubricantes, excluye el uso en motores de 2 tiempos.

- El valor por defecto del IPCC para el total de lubricantes, se establece suponiendo un consumo de aceites lubricantes del 90% y un consumo de grasas del 10%, redondeando a una cifra decimal significativa.

A continuación (Tabla 51), se especifican las fracciones de oxidación por defecto dadas por el IPCC para aceites lubricantes, grasas y lubricantes en general.

Tabla 51. Variables y Factores de Emisión utilizados para calcular las emisiones de CO_2 para para la subcategoría "Uso de lubricantes"

Lubricante/tipo uso	Fracción de oxidación por defecto en el total de lubricantes(1) (%)	Factor ODU
Aceite lubricantes (aceite para motores/aceites industriales)	90	0,2
Grasas	10	0,05
Valor por defecto del IPCC para el total de lubricantes(2)	-	0,2

Oportunidades de mejora para próximos inventarios

Los datos reportados en "fuentes de información y datos de actividad" incluyen únicamente el consumo de lubricantes en el sector manufacturero reportado en el Registro único Ambiental – RUA, tanto del Área Metropolitana del Valle de Aburrá como de CORANTIOQUIA. Para un próximo inventario se recomienda ampliar la base de datos, dado a que se detectó que algunas empresas no realizan el reporte de este tipo de productos dentro de sus materias primas. Asimismo, otras empresas no pertenecientes al sector no manufacturero, pero consumidoras de estos productos, quedaron por fuera del reporte (AMVA, 2013).

Uso de cera parafinada (2D2)

En esta subcategoría se incluyen productos como la vaselina (petrolato), ceras de parafina y otras ceras. Las ceras de parafina se separan del petróleo crudo durante la producción de aceites lubricantes livianos, y se clasifican según el contenido de aceite y el grado de refinación (IPCC, 2006).

Las ceras se emplean en una serie de aplicaciones diferentes. Las ceras de parafina se utilizan en aplicaciones como: velas, cajas corrugadas, revestimientos de papel, encolados de placas, producción de alimentos, betunes de brillo, tensoactivos y muchas otras. Las emisiones provenientes del uso de las ceras se generan principalmente cuando las ceras o los derivados de la parafina se queman durante el uso (velas) y cuando se incineran con o sin recuperación de calor o se emplean en el tratamiento de las aguas residuales (IPCC, 2006).

Fuentes de información y datos de actividad

Para el cálculo de las emisiones derivadas de esta subcategoría se requiere conocer el consumo de ceras de parafina, datos obtenidos de la información reportada por las empresas manufactureras de Medellín al Área Metropolitana del Valle de Aburrá – AMVA y a CORANTIOQUIA a través de la plataforma denominada Registro Único Ambiental – RUA.

A continuación en la Tabla 52 se presentan los datos de actividad utilizados para esta subcategoría:

Tabla 52. Datos de actividad para el cálculo de las emisiones de GEI para la subcategoría "Uso de cera parafinada"

Información	Dato	Fuente
Consumo de ceras de parafina (TJ/año)	21,45	Empresas del sector: RUA AMVA – RUA CORANTIOQUIA
Factor de contenido de C (KG de C/GJ)	20	Guía IPCC 2006

Factores de emisión

El factor de emisión para esta subcategoría se compone de un factor de contenido de C específico (ton C/TJ) multiplicado por el factor ODU de la cera de parafina, y por el cociente de masa 44/12 (CO_2/CO).

Tabla 53. Variables y Factores de Emisión utilizados para calcular las emisiones de CO_2 para para la subcategoría "Uso de cera parafinada"

Compuesto	Contenido de C Kg/GJ	Factor ODU
Cera de parafina	20	0,2

Oportunidades de mejora para próximos inventarios

Los datos reportados en "fuentes de información y datos de actividad" incluyen únicamente el consumo de lubricantes en el sector manufacturero reportado en el Registro único Ambiental – RUA, tanto del Área Metropolitana del Valle de Aburrá como de CORANTIOQUIA. Para un próximo inventario se recomienda ampliar la base de datos, dado a que se detectó que algunas empresas no realizan el reporte de este tipo de productos dentro de sus materias primas. Asimismo, otras empresas no pertenecientes al sector no manufacturero, pero consumidoras de estos productos, quedaron por fuera del reporte (AMVA, 2013).

Uso de solventes (2D3)

El uso de los solventes fabricados con combustibles fósiles utilizados como sustancias de alimentación a procesos puede resultar en emisiones evaporativas de varios compuestos orgánicos volátiles diferentes del metano - COVDM, que continúan oxidándose ulteriormente en la atmósfera. Los combustibles fósiles utilizados como solventes son, el espíritu blanco y el queroseno. El espíritu blanco se emplea como solvente de extracción, de limpieza, de desgrase y como solvente en los aerosoles, pinturas, conservantes de la madera, lacas, barnices y productos asfálticos (IPCC, 2006).

Esta subcategoría se trata aparte pues la naturaleza de esta fuente requiere un método diferente de estimación de las emisiones que el empleado para calcular otras categorías de emisiones. Por esta razón, las Directrices del IPCC de 2006 no suministran una metodología para calcular las emisiones de COVDM por el uso de solventes. Sin embargo, recomienda utilizar las guías de inventarios de emisiones de EMEP/CORINAIR. Dicha metodología se basa en el uso de valores per cápita de emisiones de solventes en diferentes aplicaciones.

Por lo anterior, se toma como referencia las aplicaciones realizadas por el Área Metropolitana del Valle de Aburrá, en su inventario de emisiones 2009 – 2011, donde se tienen en cuenta los valores correspondientes a Italia, ajustándose a la población del Municipio de Medellín. Finalmente, se utilizó la versión 2006 de la guía de inventario de emisiones de la Unión Europea, grupo 6: Uso de solventes y otros productos.

Fuentes de información y datos de actividad

Para el cálculo de las emisiones derivadas de esta subcategoría se requiere conocer el dato de población para el Municipio de Medellín durante el año 2015.

Tabla 54. Datos de actividad para el cálculo de las emisiones de GEI para la subcategoría “Uso de solventes”

Información	Dato	Fuente
Población (# habitantes)	2’464.322	DANE

Factores de emisión

Siguiendo la base del Área Metropolitana del Valle de Aburrá, en su inventario de emisiones 2009 – 2011, a continuación en la Tabla 55 se detallan los factores de emisión reportados en el EMEP/CORINAIR 2006 para las aplicaciones de desengrase, artes gráficas, pegamento y productos domésticos, de acuerdo a los valores detallados en su “tabla 1” de su sección “B600a”.

Tabla 55. Variables y Factores de Emisión utilizados para calcular las emisiones de COVDM para para la subcategoría "Uso de solventes"

Emisiones de solventes por aplicaciones (kg/persona/año)				
Pintura	Desengrasado industrial	Artes gráficas	Pegamento y adhesivo	Productos domésticos
4,55	0,75	0,6	1	0,8

Oportunidades de mejora para próximos inventarios

Debido a que los parámetros utilizados para definir las emisiones en esta subcategoría corresponden a estadísticas europeas, es de esperarse que la incertidumbre asociada sea alta, dado a que no corresponden a valores propios de la región (AMVA, 2013). Por tal motivo, se recomienda para futuros inventarios, llevar a cabo acuerdos y/o proyectos con los entes gubernamentales y con las instituciones encargadas de suministrar la información requerida para el subsector, que permitan contar con los datos propios del país.

Por otro lado, teniendo en cuenta que el consumo de solventes en aplicaciones industriales y domésticas, representa un alto porcentaje como categoría principal para el sector procesos industriales, se recomienda ampliar la base de datos que actualmente se tiene, -RUA, con el objetivo de trabajar con el reporte de otras entidades, como supermercados, quienes manejan información de ventas de solventes para usos doméstico (AMVA, 2013).

Otros (2D4)

La producción y uso del asfalto produce principalmente emisiones de COVDM, CO, SO_2 y materias granuladas.

Esta subcategoría de fuente abarca las emisiones que no provienen de la combustión por la producción del asfalto, y las emisiones provenientes de sus aplicaciones, tales como las operaciones de pavimentación de rutas y de impermeabilización de techos, así como las liberaciones ulteriores desde las superficies (IPCC, 2006).

Los gases de efecto invernadero asociados al uso de asfalto y para los cuales se calculan las emisiones en este inventario son COVDM para la pavimentación de rutas.

<u>Fuentes de información y datos de actividad</u>

Para el cálculo de las emisiones derivadas de esta subcategoría se requiere conocer el consumo de asfalto, datos obtenidos directamente por empresa del sector. A continuación en la Tabla 56 se presentan los datos de actividad utilizados para esta subcategoría:

Tabla 56. Datos de actividad para el cálculo de las emisiones de GEI para la subcategoría "Otros: Uso de Asfalto"

Información	Dato	Fuente
Cantidad de asfalto consumido (t/año)	3456,80	Empresas del sector: Asfaltadora de Colombia

Factores de emisión

Dado a que las Guías del IPCC 2006 no presentan factores de emisión para los gases en cuestión, se toma el FE de COVDM propuesto por defecto en las Guías del IPCC 1996, en su sección 2.7.2.1 "Metodología para estimar las emisiones de COVDM – Pavimentación Asfáltica"

Tabla 57. Variables y Factores de Emisión utilizados para calcular las emisiones de COVDM para para la subcategoría "Uso de asfalto"

Aplicación	Factor de emisión - Kg COVDM/ton asfalto
Pavimentación de rutas	320

Oportunidades de mejora para próximos inventarios

Se requiere la mejora del Registro Único Ambiental – RUA, como base de datos que detalla el consumo anual de asfalto. Esto, debido a que actualmente, si bien se puede observar el reporte de cantidad consumida, no se puede visualizar en las sábanas de información el nombre de la empresa quien hace dicho reporte.

Igualmente, se debe dar a conocer la responsabilidad que las diferentes empresas tienen frente al cambio climático, para que así contribuyan con el reporte anual de información, el cual debe ser confiable, coherente y oportuno de acuerdo a su actividad productiva, evitando así el retraso en el proceso de desarrollo del inventario, debido a tardanza por envío de la información empresa por empresa.

5.3.5.5 Industria electrónica

Los sectores específicos de la industria electrónica que se analizan en este capítulo incluyen la fabricación de semiconductores, pantallas planas a transistores de película delgada y dispositivos fotovoltaicos.

Varios procesos de fabricación de la electrónica avanzada utilizan compuestos fluorados - CF para realizar intrincados patrones de circuitos mediante decapado por plasma, para limpiar las cámaras de reacción y para controlar la temperatura. Actualmente, la industria electrónica emite por igual, CF gaseosos y CF líquidos a temperatura ambiente. Entre estos gases están incluidos los compuestos CF_4, $C2F_6$, $C3F_8$, c-C_4F_8, c-C_4F_8O, C_4F_6, C_5F_8, CHF_3,

CH_2F_2, trifluoruro de nitrógeno - NF_3 y hexafluoruro de azufre - SF_6, que se usan en dos etapas importantes de la fabricación de productos electrónicos (IPCC, 2006).

En el Municipio de Medellín no se identifican empresas asociadas a este sector, y por lo tanto no aplica el cálculo de las emisiones derivadas de esta categoría para el área de estudio.

5.3.5.6 Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono

Los hidrofluorocarbonos - HFC y los perfluorocarbonos - PFC, sirven como alternativas a las sustancias que agotan la capa de ozono - SAO, las cuales están siendo retiradas de circulación en virtud del Protocolo de Montreal. A continuación se detallan las áreas actuales y previsibles de aplicación de los HFC y los PFC:

- Refrigeración y aire acondicionado
- Extinción de incendios y protección contra explosiones
- Aerosoles
- Limpieza con solventes
- Agentes espumantes
- Otras aplicaciones

Los HFC y los PFC no contribuyen al agotamiento de la capa estratosférica de ozono, sin embargo, poseen un alto potencial de calentamiento atmosférico - PCA y en el caso de los PFC, largos tiempos de residencia en la atmósfera.

De acuerdo a lo detallado por el Área Metropolitana del Valle de Aburrá en su inventario de emisiones 2009 – 2011, basados en Inventario Nacional de Fuentes y Sumideros de Gases de Efecto Invernadero 2000-2004 del IDEAM y en la Base de Datos de Comercio Exterior y Servicio de Procesamiento de Información de Importaciones y Exportaciones del Ministerio de Comercio, Industria y Turismo; en Colombia no existe producción ni eliminación de sustitutos de las SAO, todas las sustancias son importadas de países como China, Estados Unidos y México.

La Guía del IPCC 2006 propone que se realice el cálculo de las emisiones de reales y no potenciales, razón por la cual la cual la información debe ser muy detallada y específica.

Dado lo anterior, se toma como base la metodología utilizada por el Área Metropolitana del Valle de Aburrá en su inventario de emisiones 2009 – 2011, para el cálculo de las emisiones para la subcategoría 2F1 “Refrigeración y aire acondicionado”, donde se estiman las emisiones para las subaplicaciones aire acondicionado residencial, aire acondicionado para automóviles livianos, y aire acondicionado para buses y camiones.

Refrigeración y aire acondicionado (2F1)

Los sistemas de refrigeración y aire acondicionado - RAC pueden clasificarse en hasta seis dominios de subaplicaciones o categorías. Las categorías que corresponden a subaplicaciones que se llevan a cabo en el Municipio de Medellín son:

- Aire acondicionado residencial
- Aire acondicionado para vehículos livianos
- Aire acondicionado para vehículos pesados, buses y camiones

Fuentes de información y datos de actividad

Para el cálculo de las emisiones derivadas de esta subcategoría se tomaron como base los datos y las suposiciones tomadas por el Área Metropolitana del Valle de Aburrá -AMVA en los cálculos realizados en su inventario de emisiones 2009 – 2011.

Así, los datos obtenidos para el cálculo de las emisiones procedentes del aire acondicionado residencial, se basan en la estimación del número de aires acondicionados para el Municipio, de acuerdo a los datos reportados en el censo 2005 del DANE, ajustándose para el año 2015 en forma lineal de acuerdo con el incremento del PIB.

Por su parte, para los datos correspondientes a los vehículos, tanto livianos como pesados, el AMVA tuvo en cuenta la encuesta realizada a empresas representativas del sector con consumos promedios de los gases refrigerantes. Teniendo en cuenta esto, se llevaron a cabo las extrapolaciones requeridas para el año 2015. Sin embargo, dado a que no todos los vehículos que usan aires acondicionados en la región metropolitana pertenecen a residentes o empresas en Medellín, se tienen en cuenta las siguientes consideraciones:

Para vehículos livianos:

- Propiedad del vehículo: el Municipio de Medellín en comparación con la región del AMVA.

Para vehículos pesados – buses:

- Propiedad de los autobuses que operan en la región del AMVA que operan en Medellín.

Finalmente, los valores correspondientes a dichas consideraciones fueron brindados directamente por el Área Metropolitana del Valle de Aburrá, para el año en cuestión, tal como se detalla a continuación en la Tabla 58**:**

Tabla 58. Datos de actividad para el cálculo de las emisiones de GEI para la subcategoría "Refrigeración y aire acondicionado"

Información	Dato	Fuente
Propiedad de vehículos livianos del Municipio de Medellín	39%	Área Metropolitana del Valle de Aburrá
Porcentaje de autobuses que operan en el Municipio de Medellín	59%	Área Metropolitana del Valle de Aburrá

Factores de emisión

A continuación Tabla 59 se detallan las consideraciones tenidas en cuenta para el cálculo de las emisiones de esta subcategoría, de acuerdo a las circunstancias locales.

Tabla 59. Consideraciones del modelo para para la subcategoría "Refrigeración y aire acondicionado"

Variable	Unidad	Valor	
		Refrigeración	Aire acondicionado
Vida útil	año	20	15
Año de la introducción del refrigerante	año	1997 HFC-134a	1997: HFC-134a, HFC-125 – HFC-143a 2009: PFC-218
Índice de crecimiento de las ventas de equipos nuevos	%	2,5	HFC-134a: 2,5 HFC-125: 3,0 HFC-143a: 3,0 PFC-218: 4,0
Factor de emisión de la base instalada	%	15	15
Gas destruido al final de la vida útil	%	0	0

Oportunidades de mejora para próximos inventarios

Debido a que los datos de actividad para esta categoría son escasos y de difícil acceso, se toma como oportunidad de mejora la detallada por el Área Metropolitana del Valle de Aburrá en su Inventario de Gases de Efecto Invernadero 2009 – 2011, donde establecen la pertinencia de realizar un estudio detallado para esta subcategoría, con el fin de identificar no solo las entidades importadoras de los gases sino también las empresas comercializadoras y usuarias de estos compuestos que por no pertenecer muchas de ellas al sector manufacturero y ser muy informales resultan difíciles de identificar. Otro aspecto

importante dentro de este estudio es determinar las aplicaciones de cada gas de acuerdo a la clasificación del IPCC para poder aplicar un método más detallado.

5.3.5.7 Manufactura y utilización de otros productos

Esta categoría abarca la estimación de las emisiones del hexafluoruro de azufre - SF_6 y de los perfluorocarbonos - PFC generadas en la manufactura y utilización de los equipos eléctricos, así como las emisiones por evaporación de óxido nitroso - N_2O procedente del uso de productos (IPCC, 2006).

Equipos eléctricos

El hexafluoruro de azufre - SF_6 se emplea como aislante eléctrico y para interrumpir la corriente en los equipos utilizados en la transmisión y distribución de electricidad. Las emisiones se producen en cada etapa del ciclo de vida útil de los equipos, incluida la fabricación, la instalación, el uso, el mantenimiento y la eliminación.

La mayor parte del SF_6 utilizado en los equipos eléctricos se emplea en conmutadores y subestaciones con aislación de gas y en los disyuntores a gas, aunque parte del SF_6 se emplea en líneas de alta tensión con aislación de gas, en transformadores para aparatos de medida externos con aislación de gas y en otros equipos (IPCC, 2006).

Uso de equipos eléctricos (2G1b)

Mundialmente, los equipos eléctricos son los mayores consumidores y los más importantes usuarios del SF_6, contribuyendo de forma significativa a las emisiones planetarias de SF_6. Sin embargo, la importancia de esta fuente varía considerablemente de una región a otra y de un país a otro. Las emisiones de esta categoría dependen, no sólo de las cantidades de SF_6 instaladas o consumidas, sino también de la hermeticidad de los productos y de los procesos de manipulación aplicados (IPCC, 2006).

En esta aplicación se detectaron emisiones de hexafluoruro de azufre - SF_6, mientras que los perfluorocarbonos - PFC no son resultan ser de uso común en este tipo de aplicaciones en el Municipio de Medellín.

Fuentes de información y datos de actividad

Para el cálculo de las emisiones derivadas de esta subcategoría se requiere conocer el consumo de hexafluoruro de azufre - SF_6 dentro del Municipio de Medellín, datos obtenidos directamente por empresa del sector. A continuación en la Tabla 60 se presentan los datos de actividad utilizados para esta subcategoría:

Tabla 60. Datos de actividad para el cálculo de las emisiones de GEI para la subcategoría "Uso de equipos eléctricos"

Información	Dato	Fuente
Consumo de SF_6 para cada etapa del proceso (Kg/año)	14,6	Empresas del sector: Empresas Públicas de Medellín

Factores de emisión

Debido a que fue posible obtener los datos de consumo directamente por la empresa que opera en el Municipio, se lleva a cabo la estimación de las emisiones se mediante equilibrio de masas, en el cual las emisiones tienen relación directa con el consumo, por lo cual dicho método no requiere del uso de factores de emisión.

Oportunidades de mejora para próximos inventarios

Con la finalidad de evitar retrasos en el desarrollo de futuros inventarios, por falta de envío de información, se recomienda establecer un acuerdo con la empresa que opera en el Municipio, para que anualmente sea reportado el consumo de hexafluoruro de azufre para Medellín.

N_2O procedente del uso de productos

Las emisiones por evaporación de óxido nitroso - N_2O pueden producirse a partir de varios tipos de uso de los productos, siendo las fuentes más importantes, las aplicaciones médicas y el uso como propulsor en los productos de aerosol (IPCC, 2006).

Aplicaciones médicas (2G3a)

La producción de N_2O en las aplicaciones médicas ocurre por su uso como anestésico, analgésico y usos veterinarios.

La guía del IPCC 2006 detalla como buena práctica, estimar las emisiones de N_2O a partir de los datos suministrados por fabricantes y distribuidores. Se especifica el hecho de que para las aplicaciones médicas, es razonable suponer que los productos de N_2O suministrados serán usados dentro del plazo de un año, dado que habrá un tiempo de retardo entre la fabricación, la entrega y el uso, pero es probable que sea pequeño, pues los hospitales reciben normalmente entregas frecuentes para evitar el mantenimiento de grandes almacenes.

Fuentes de información y datos de actividad

Para el cálculo de las emisiones derivadas de esta subcategoría se requiere conocer la cantidad de óxido nitroso utilizada, tanto para el año base (2015) como para el año inmediatamente anterior (2014).

Así, los datos para el año base se obtuvieron por parte de la empresa comercializadora del gas, la cual abarca una gran parte del mercado.

Por su parte, para obtener datos del año 2014, se tuvo como base la información brindada por la misma empresa al Área Metropolitana del Valle de Aburrá para su inventario de GEI 2009 – 2011, realizando las interpolaciones necesarias para obtener los datos puntuales del año requerido.

A continuación en la Tabla 61 se presentan los datos de actividad utilizados para esta subcategoría:

Tabla 61. Datos de actividad para el cálculo de las emisiones de GEI para la subcategoría "Aplicaciones médicas"

Información	Dato	Fuente
Cantidad de N_2O vendida (Ton/año)	8,37	Empresas del sector: Cryogas
Cantidad de N_2O vendida en el año anterior (Ton/año)	12,98	Empresas del sector: Cryogas

Factores de emisión

Dada la suposición de que el N_2O administrado no se modifica químicamente en el cuerpo y que la totalidad es devuelta a la atmósfera, se considera razonable suponer un factor de emisión de 1,0 (IPCC, 2006).

Tabla 62. Variables y Factores de Emisión utilizados para calcular las emisiones de N_2Opara para la subcategoría "Aplicaciones médicas"

Aplicación	Factor de emisión - (Fracción N_2O)
Aplicación médica	1

Propulsor para productos presurizados y aerosoles (2G3b)

El N_2O también es utilizado como propulsor en los productos de aerosol, principalmente en la industria alimenticia. El uso típico es para la preparación de crema batida, donde se usan cartuchos llenos con N_2O para convertir la crema en espuma.

De acuerdo a la guía del IPCC 2006, para el caso del uso como propulsor en productos de aerosol no existen datos fiables que prueben la existencia de un retardo significativo entre

la fabricación, la entrega y el uso, razón por la cual se considera práctico suponer que los suministros de óxido nitroso serán usados en el año.

Fuentes de información y datos de actividad

Al igual que para las aplicaciones médicas, los datos obtenidos para esta subcategoría durante el año base (2015), corresponden a los obtenidos por parte de la empresa comercializadora del gas, la cual hace la discriminación de cantidad de gas vendida tanto para uso médico como para uso industrial.

Igualmente para el año 2014, se tuvo como base la información brindada por la misma empresa al Área Metropolitana del Valle de Aburrá para su inventario de GEI 2009 – 2011, realizando las interpolaciones necesarias para obtener los datos puntuales del año requerido.

A continuación en la Tabla 63 se presentan los datos de actividad utilizados para esta subcategoría:

Tabla 63. Datos de actividad para el cálculo de las emisiones de GEI para la subcategoría "Uso de equipos eléctricos"

Información	Dato	Fuente
Cantidad de N_2O vendida (Ton/año)	2,39	Empresas del sector: Cryogas
Cantidad de N_2O vendida en el año anterior (Ton/año)	3,71	Empresas del sector: Cryogas

Factores de emisión

En el caso del uso de N_2O como propulsor en los productos de aerosol, el IPCC detalla la probabilidad de que el gas no reaccione durante el proceso. Por tanto, se considera un factor de emisión igual a 1,0.

Tabla 64. Variables y Factores de Emisión utilizados para calcular las emisiones de N_2Opara para la subcategoría "Propulsor para productos presurizados y aerosoles"

Aplicación	Factor de emisión - (Fracción N_2O)
Aplicación industrial	1

Oportunidades de mejora para próximos inventarios

Con la finalidad de trabajar con información precisa, es necesario solicitar reporte anual discriminado, tanto para aplicaciones médicas como industriales, por parte de las empresas comercializadoras del gas para el Municipio. Asimismo, se debe solicitar el reporte anual

de gas adquirido por los hospitales del Municipio, y por parte de las empresas que lo requieren en su proceso.

5.3.5.8 Otros

Se consideran para esta categoría, las emisiones procedentes de la industria de la pulpa (2H1) y el papel, y la industria de las bebidas y los alimentos (2H2).

Dentro del Municipio de Medellín no se lleva a cabo producción de pulpa y papel, por lo tanto, no se realiza cálculo de las emisiones correspondientes a dicha subcategoría.

En cuanto a la industria de alimentos y bebidas, los procesos que abarca esta subcategoría generan emisiones de compuestos orgánicos volátiles diferentes del metano COVDM. Así, se tienen en cuenta la producción de bebidas alcohólicas como vino, whisky, cerveza y brandy; la producción de productos alimenticios como galletas, tortas, azúcar, café tostado, producción de carne, producción de pescado, y producción de pollo, al igual que la fabricación de alimentos para animales. Finalmente, estos procesos generan emisiones de compuestos orgánicos volátiles diferentes del metano COVDM.

Industria de la alimentación y las bebidas

Dentro del área de estudio se cuenta con un número representativo de empresas dedicadas a la fabricación de productos clasificados dentro de esta subcategoría, principalmente, producción de carnes, pan y alimentos como galletas y tortas.

Para el cálculo de las emisiones provenientes de esta subcategoría, se tienen en cuenta las directrices del IPCC 1996.

Fuentes de Información y datos de actividad

A continuación en la Tabla 65 se detallan las variables tenidas en cuenta para el cálculo de las emisiones derivadas de esta subcategoría, las cuales fueron tomadas del reporte realizado por las empresas del sector en la plataforma del RUA de las dos Autoridades Ambientales con jurisdicción en el Municipio de Medellín.

Es importante resaltar el hecho de que no se tienen reportes para el año 2015 de producción de concentrados de animales en el Municipio. Por su parte, no fue posible obtener la información de tostado de café de la empresa con sede en el Municipio.

Tabla 65. Datos de actividad para el cálculo de las emisiones de GEI para la subcategoría "Industria de alimentos y bebidas"

Información	Dato	Fuente
Producción de pan (Ton/año)	6512,352	Empresas del sector: RUA AMVA y CORANTIOQUIA
Producción de mantequilla (Ton/año)	1689,853	Empresas del sector: RUA AMVA y CORANTIOQUIA
Producción de tortas y galletas (Ton/año)	107384,835	Empresas del sector: RUA AMVA y CORANTIOQUIA
Producción de carne (Ton/año)	119308,421	Empresas del sector: RUA AMVA y CORANTIOQUIA
Producción de malta (HL/año)	1905188,07	Empresas del sector: RUA AMVA y CORANTIOQUIA

Factores de emisión

Dado a que las Guías del IPCC 2006 no presentan factores de emisión para los gases en cuestión, se toma el FE de COVDM propuesto por defecto en las Guías del IPCC 1996, basados en el método simple sugerido por las guías del EMEP/COINAIR, en las secciones:

- 2.15.1 en la tabla 2-25 "Factores de emisión para los COVDM procedentes de la producción de bebidas alcohólicas"
- 2.15.2 en la tabla 2-26 "Factores de emisión para los COVDM procedentes de la planificación y elaboración de otros alimentos"

Tabla 66. Variables y Factores de Emisión utilizados para calcular las emisiones de COVDM para para la subcategoría "Industria de alimentos y bebidas"

Alimento/Bebida	Unidad	Factor de emisión
Pan	Kg COVDM / ton producida	8
Mantequilla		10
Carne (res, pollo, cerdo)		0,3
Tortas		1
Comida para animales		1
Café tostado		0,55
Bebidas a base de fermentación de cebada	Kg COVDM / HL producido	0,035
Otras bebidas alcohólicas		15

Oportunidades de mejora para próximos inventarios

Se requiere la mejora del Registro Único Ambiental – RUA, como base de datos que detalla los datos de producción de alimentos/bebidas. Esto, debido a que actualmente, si bien se

puede observar el reporte de cantidad producida, no se puede visualizar en las sábanas de información el nombre de la empresa quien hace dicho reporte.

Igualmente, se debe dar a conocer la responsabilidad que las diferentes empresas tienen frente al cambio climático, para que así contribuyan con el reporte anual de información, el cual debe ser confiable, coherente y oportuno de acuerdo a su actividad productiva, evitando así el retraso en el proceso de desarrollo del inventario, debido a tardanza por envío de la información empresa por empresa.

5.3.5.9 Resultados Sector IPPU

En la

Tabla 67 se presentan, al igual que en los sectores anteriores, los resultados desagregados para cada uno de los subsectores y alcances evaluados para el sector IPPU. Se indican igualmente las respectivas claves de notación (Tabla 3) utilizadas, dependiendo de la condición en la que se encontrara dicha categoría de emisión dentro de la realidad municipal. Se puede observar entonces que el 84,75% de las emisiones del sector provienen de las categorías correspondientes a uso de productos: Uso no energético de combustibles y de solventes con una participación del 63,58%; Industria Electrónica con una participación del 2,20%; Uso de Productos Sustitutos de las Sustancias que Agotan la Capa de Ozono, con una participación del 18,96%; y finalmente la categoría Otros con una participación del 0,36%. Por su parte, las categorías correspondientes a procesos industriales representan el 15,25% de total de las emisiones del sector, discriminándose de la siguiente forma: Industria de los Minerales con una participación de 15,20%; Industria Química, con una participación del 0,034%; y finalmente la Industria de los Metales, con una participación del 0,0093%

Tabla 67. Resultados desagregados para cada uno de los subsectores pertenecientes al sector IPPU. 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. Ref. GPC	Emisiones GEI para el sector AFOLU	Emisiones GEI totales (ton CO_2eq)			
		Alcance 1	Alcance 2	Alcance 3	Total
IV.1	Emisiones de procesos industriales que ocurren en de la ciudad	26.182			**26.182**
IV.2	Emisiones del uso de productos que ocurren dentro de la ciudad	145.558			**145.558**
Subtotal Medellín - IPPU		**171.739**			**171.739**

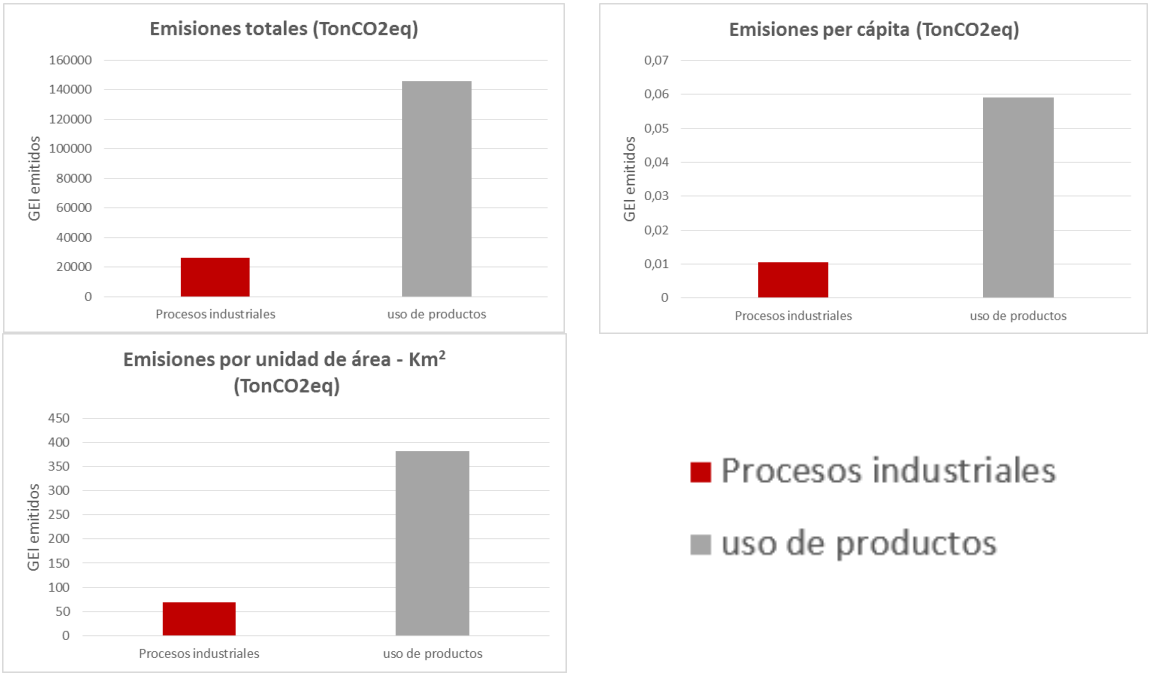


Figura 13. Gráficos comparativos para el sector de IPPU que muestran los siguientes tipos de emisiones en ton CO_2eq: a) Emisiones totales, b) Emisiones per cápita, c) Emisiones por unidad de área

A la hora de analizar las emisiones particulares dentro de cada una de las categorías se tiene que:

Uso de Productos

La categoría con mayor contribución para esta fuente de emisión corresponde al "uso no energético de combustibles y de solventes" con el 63,58% de las emisiones del sector. Dentro de esta categoría se destacan las emisiones provenientes del uso de solventes, tal como se detalla a continuación en la

Tabla 68.

Por su parte, ocupando segundo puesto en representatividad, con un 18,96%, se encentra la categoría "Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono", cuya subcategoría con mayor porcentaje de emisión corresponde a la refrigeración y aire acondicionado estacionario.

Finalmente, se encuentran las categorías "Manufactura y utilización de otros productos" y "Otros", con 2,20% y 0,36% respectivamente en cuanto a representatividad, destacándose las subcategorías N_2O Procedente del uso de productos: aplicaciones médicas, e Industria de la alimentación.

Tabla 68. Emisiones de GEI para el subsector de “Uso No Energético de Combustibles y Solventes” del sector IPPU

Categoría de emisión	Subcategoría de emisión	Emisión – CO_2eq	Representatividad
Uso no Energético de Combustibles y Solventes	Uso de lubricantes	187	0,11%
	Uso de cera parafinada	315	0,18%
	Uso de solventes	106.262	61,87%
	Otros	2.434	1,42%
Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono	Refrigeración y aire acondicionado estacionario	18.473	10,76%
	Aire acondicionado móvil: vehículos livianos	6.484	3,78%
	Aire acondicionado móvil: vehículos pesados	6.803	3,96%
Manufactura y utilización de otros productos	Equipos eléctricos: uso de equipos eléctricos	349	0,20%
	N_2O Procedente del uso de productos: aplicaciones médicas	2.829	1,65%
	N_2O Procedente del uso de productos: aplicaciones propulsor para productos presurizados y aerosoles	809	0,47%
Otros	Industria de la alimentación	467	0,27%
	Industria de las bebidas	147	0,086%
Total emisiones fuente de emisión: uso de productos		**145.558**	**84,75%**

Procesos Industriales

La categoría con mayor contribución para esta fuente de emisión corresponde a la industria de los minerales, específicamente a la subcategoría otros usos de carbonatos, derivado del consumo de arcilla para la fabricación de ladrillos.

Por su parte, tanto las emisiones de la industria química como la industria de los metales, resultan ser poco significativas para el sector evaluado.

Tabla 69. Emisiones de GEI el subsector de "Procesos Industriales" del sector IPPU

Categoría de emisión	Subcategoría de emisión	Emisión – CO_2eq	Representatividad
Industria de los minerales	Otros usos de carbonatos	26.107	15,20%
Industria química	Otros	58	0,033%
Industria de los metales	Producción de hierro y acero	16	0,0093%
Total emisiones fuente de emisión: uso de productos		**26.182**	**15,25%**

6. CONCLUSIONES

Los inventarios de GEI aquí presentados están construidos bajo la metodología IPCC y reportando bajo el estándar GPC (Protocolo Global para Inventario de Emisiones GEI a Escala Comunitaria), como parte de los compromisos adquiridos con la red mundial de ciudades C40.

El inventario se realizó con el fin de contar con una línea base sólida y confiable que permita que las acciones que se emprendan dentro de las administraciones municipales tengan un foco claro y repercusiones medibles y confiables en el territorio y calidad de vida de los habitantes.

El sector de Energía Estacionaria representa el 31% del total de emisiones de GEI del territorio. Dentro de este sector, el subsector más representativo es el de las industrias manufactureras y de la construcción, seguidas muy de cerca por el subsector residencial y el comercial/institucional. Este Sector, igualmente, casi que equipara las emisiones del Sector transporte, lo que hace imperante tenerlo en primera línea de importancia para mitigar las emisiones de GEI de la ciudad.

El sector de Transporte representa el 32% del total de emisiones de GEI del territorio. Dentro de este sector, el subsector más representativo es el de transporte por carretera. El subsector de transporte por carretera es, adicionalmente, es el subsector más representativo en términos generales en la contabilización de emisiones GEI a la hora de visualizar las emisiones por subsectores.

El sector de Residuos representa el 16% del total de las emisiones. Dentro de este, el manejo de residuos en el relleno sanitario es el que tiene un mayor conteo de emisiones de GEI. Igualmente es uno de los subsectores más representativos a la hora de su análisis individual con respecto a los demás subsectores del inventario. La ciudad por tanto debe concentrar sus esfuerzos en mejorar la gestión de los residuos, aumentando los niveles de aprovechamiento de los mismos.

El sector AFOLU representa el 17% del total de las emisiones de GEI del inventario. Dentro de este se resalta las emisiones provenientes por los procesos de deforestación, la cual debería representar capturas de CO_2. Existe una voz de alarma por lo tanto, dado que este es el sector al que deberíamos poder recurrir como parte de las estrategias de mitigación. Sin embargo también podría constituir una gran oportunidad si se logra realizar una gestión adecuada del mismo.

El sector IPPU representa el 4% del total de las emisiones de GEI del inventario. Así, se destacan las emisiones provenientes de las categorías establecidas dentro del uso de productos, con mayor representatividad del uso no energético de combustibles y solventes. Contribuyen igualmente a este sector las emisiones provenientes del uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono: utilización de aire acondicionado, tanto residencial como doméstico. Por su parte, se destaca dentro de las emisiones provenientes de las categorías establecidas dentro de procesos industriales, las emisiones de la industria de los minerales. Sin embargo, las categorías industria química e industria de los metales, resultan ser poco significativas para el sector.

7. BIBLIOGRAFÍA

AgroEs. (s.f). *Abonado de Apio, extracciones y Dosis de Nutrientes para fertilización con Nitrógeno, Fósforo y Potasa*. Obtenido de http://www.agroes.es/cultivos-agricultura/cultivos-huerta-horticultura/apio/507-apio-dosis-de-nutrientes-para-abonado-cultivo

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. (2016). *Caracterización de Productores Agropecuarios Rurales de Medellín.* Medellín.

Alcaldía de Medellín. (2016). *Plan de Desarrollo - Medellín cuenta con vos 2016 - 2019.* Medellín. Obtenido de https://www.medellin.gov.co/irj/go/km/docs/pccdesign/SubportaldelCiudadano_2/PlandeDesarrollo_0_17/Publicaciones/Shared%20Content/Documentos/2016/PlandedesarrolloMunicipalConsolidadov229FEB16.pdf

Alcaldía de Medellín. (12 de 06 de 2018). *Alcadía de Medellín*. Obtenido de https://www.medellin.gov.co/irj/portal/medellin?NavigationTarget=navurl://6488ef50a6787e1fdbc4e42e62a46a67

Alcaldía de Medellín. (2018). *Geomedellin - Portal Geográfico del Municipio de Medellín*. Obtenido de https://www.medellin.gov.co/geomedellin/

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.

Arauz, E. (2010). Principales registros biológicos para evaluar la capacidad funcional de la vaca lechera y su importancia para mejorar el manejo y la eficiencia en la producción lechera. *Ergomix*.

Arcila Pulgarín, M. I., Aranzazu Hernández, L. F., Castrillón Arias, C., Valencia Montoya, J. A., Bolaños Benavides, M. M., & Castellanos Castellanos, P. (2006). *El cultivo del plátano.* CORPOICA, Comité de Cafeteros del Quindio, Federación Nacional de Cafeteros, Manizales. Obtenido de https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/2095/40195_24824.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Avilan, L. (1999). Fertilización del Mango en el Trópico. *International Plant Nutrition Institute - IPNI*(34).

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.

C40 Cities. (2017). Taller de desarrollo de Inventario de Gases Efecto Invernadero - Programa de asistencia técnica C40 Cities Climate Leadership Group. Medellín.

Cáceres, J. (2014). Análisis del comportamiento temporal de la biomasa en pastos del departamento de Olancho en el contexto del Cambio Global - Fase II. *Revista Ciencias Espaciales, 7*(1). Obtenido de file:///C:/Users/1037607172/Downloads/2528-Texto%20del%20art%C3%ADculo-8423-1-10-20160423.pdf

Cadavid Osorio, G. (2007). *Manual técnico buenas prácticas agrícolas (BBA) y buenas prácticas de manufactura (BPM) en la producción de caña y panela.* Rionegro. Obtenido de https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/18313

Cámara de Comercio - Medellín. (2014). *Perfil Socioeconómico de Medellín y el Valle de Aburrá.* Medellín.

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

Centro Internacional de Agricultura Tropical - CIAT. (1981). *Nutrición Mineral y Fertilización de la Yuca.* Cali. Obtenido de http://ciat-library.ciat.cgiar.org/articulos_ciat/Digital/CIAT_(Colombia)_000167e_Nutrici%C3%B3n_mineral_y_fertilizaci%C3%B3n_de_la_yuca.pdf

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 Políttuicas 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. Capitulo 2).

Del Valle, J. I., Restrepo, H. I., & Londoño, M. M. (2011). Recuperación de la biomasa mediante la sucesión secundaria, Cordillera Central de los Andes, Colombia. *Revista Biología Tropical, 59*(3), 1337 - 1358. Obtenido de https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442011000300033

Dorado Guerra, D., Grajales, L. C., & Ríos Rojas, L. (2015). Efecto del riego y la fertilización sobre el rendimiento y la calidad de la fruta de lima ácida Tahití Citrus latifolia Tanaka (Rutaceae). *Ciencia y Tecnología Agropecuaria, 16*(1), 87 - 93. Obtenido de https://www.redalyc.org/pdf/4499/449944864007.pdf

Franco, G., & Giraldo, M. (1992). *El cultivo de la Mora.* CORPOICA, PRONATTA. Obtenido de https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/12792/39929_24481.pdf?sequence=1&isAllowed=y

García-Arbeláez, C., Barrera, X., Gómez, R., & Suárez-Castaño, C. (2015). *El ABC de los compromisos de Colombia para la COP 21.* Bogotá D.C: WWF - Colombia. Obtenido de http://www.minambiente.gov.co/images/cambioclimatico/pdf/colombia_hacia_la_COP21/ABC_de_los_Compromisos_de_Colombia_para_la_COP21_VF_definitiva.pdf

GIEM. (s.f). *VALIDACIÓN Y ANÁLISIS LABORATORIO DE SISTEMA AUTONOMO DE COMPOSTAJE (SAC): EARTHGREEN SAC.* Medellín: Grupo Interdisciplinacio de estudios moleculares (GIEM) - Universidad de Antioquia. Obtenido de http://www.earthgreen.com.co/descargas/VALIDACION-EARTHGREEN-SAC-POR-U-DE-A.pdf

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

International Plant Nutrition Institute - IPNI. (2003). *Manual de Nutrición y Fertilización de Pastos.* Ecuador. Obtenido de file:///C:/Users/1037607172/Downloads/MANUAL_DE_NUTRICION_Y_FERTILIZACION_DE_P.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.

Marín Pimentel, G. E. (2010). DETERMINACIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS HIDRICOS DEL CILANTRO (Coriandrum Sativum), VARIEDAD UNAPAL PRECOSO Y SU RELACIÓN CON EL DESARROLLO DEL CULTIVO, LA PRODUCCIÓN Y LA CALIDAD, COMPARANDO UN PERIODO SECO Y HÚMEDO DE SIEMBRA DEL CULTIVO EN EL AÑO. Palmira: Universidad Nacional de Colombia - Facultad de Ciencias Agropecuarias.

Molina, E. (2000). Nutrición y Fertilización de la Naranaja. *Informaciones Agronómicas, 40*. Obtenido de http://www.ipni.net/publication/ia-lahp.nsf/0/D4E5F648629449B0852579A30079AC9D/$FILE/Nutrici%C3%B3n%20y%20fertilizaci%C3%B3n%20de%20la%20naranja.pdf

Molina, E., Salas, R., & Castro, A. (1993). Growth curve and nutrients absorption in strawberries (Fragaria x ananassa cv. Chandler) in Alajuela. *AGRIS Database - FAO*.

Monómeros Colombovenezolanos S.A. (1998). *Fertilización de cultivos en clima frío.* (R. Guerrero, Ed.) Bogotá. Obtenido de http://www.monomeros.com/descargas/dpmanualfrio.pdf

Moreno, F., & Lara , W. (2002). Variación del carbono orgánico del suelo en bosques primarios intervenidos y secundarios. En S. Orrego, J. Del Valle, & F. Moreno, *Medición de la captura de carbono en ecosistemas forestales tropicales de Colombia: contribuciones para la mitigación del cambio climático.*

Orrego, A., & Del Valle, J. (2002). Existencias y tasas de incremento neto de la biomasa y del carbono en bosques primarios intervenidos y secundarios. En Orrego, D. Valle, & Moreno, *Medición de la captura de carbono en ecosistemas forestales tropicales de Colombia: contribuciones para la mitigación del cambio climático* (págs. 215 - 241).

Orrego, S., Del Valle, J., & Moreno, F. (2002). Medición de la captura de carbono en ecosistemas forestales tropicales de Colombia^bContribuciones para la mitigación del cambio climático. *Universidad nacional de Colombia. Sede Medellín. Departamento de Ciencias Forestales*.

PNACC. (2012). *Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático - Rediciendo 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). *Lui 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

Restrepo, H. I., Orrego, S. A., & Galeano, O. J. (2012). ESTRUCTURA DE BOSQUES SECUNDARIOS Y RASTROJOS MONTANO BAJOS DEL NORTE DE ANTIOQUIA, COLOMBIA. *Colombia Forestal, 15*(2), 173 - 189. Obtenido de https://www.redalyc.org/pdf/4239/423939618003.pdf

Restrepo, H. I., Orrego, S. A., Del Valle, J. I., & Salazar, J. C. (2012). Rendimiento, turno óptimo y rentabilidad de plantaciones forestales de Tectona grandis y Pinus patula en Colombia. *Interciencia, 37*(1), 14 - 29. Obtenido de https://www.redalyc.org/pdf/339/33922709003.pdf

Ríos , R., & Corella, F. (1999). *Manejo de la nutrición y fertilización del mango en Costa Rica.* IX Congreso Nacional Agronómico | III Congreso Nacional de Suelos . Obtenido de http://www.mag.go.cr/congreso_agronomico_xi/a50-6907-III_277.pdf

Sadeghian, S. (2003). Efecto de la fertilización con Nitrógeno, Fósforo, Potasio y Magnesio sobre las propiedades quimicas de suelos cultivos en café. *Cenicafé, 54*(3), 242 - 257. Obtenido de http://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/273/1/arc054%2803%29242-257.pdf

Salazar Sperberg, M. (s.f). Seminario Lechero - Uso y manejo de Brassicas forrajeras. Chile.

Sierra, C., Del Valle , J., & Restrepo , H. (2012). Total carbon accumulation in a tropical forest. *Carbon Balance and Management, 7*(12). doi:https://doi.org/10.1186/1750-0680-7-12

Sierra, C., Del Valle, J., Orrego, S., Moreno, F., Harmon, M., Zapata, M., . . . Benjumea, J. (2007). Total carbon stocks in a tropical forest landscape of the Porce region, Colombia. *Forest Ecology and Management, 243*(2 - 3), 299 - 309. doi:https://doi.org/10.1016/j.foreco.2007.03.026

Tamayo, Á., Bernal, J., Díaz, C., Córdoba, O., Londoño, M., Tamayo, P., & Londoño, M. (2008). *Tecnología para el cultivo del Aguacate.* CORPOICA. Bogotá: Centro de Investigación La Selva. Obtenido de https://conectarural.org/sitio/sites/default/files/documentos/tecnologacultivoaguacate.pdf

Terán, L., Meléndez, I., García Aguilar, L., Acuña, J., & Urdane, M. (1996). Efecto de la aplicación de nitrógeno y potasio en el rendimiento del cultivo de la guayaba (Psidium guajava L.). *Revista de la Facultad de Agronomía - LUZ, 13*, 363 - 370. Obtenido de file:///C:/Users/1037607172/Downloads/514-Article%20Text-1439-1-10-20180904.pdf

UN. (2015). *United Natios - 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

Universidad de Córdoba. (2014). *ASNOS. CARACTERES ETNICOS Y ETOLOGICOS ESPECÍFICOS. ORIGEN, CENSO Y DISTRIBUCIÓN. RAZAS ASNALES ESPAÑOLAS. HIBRIDOS MULARES.* Córdoba.

Universidad Nacional Agraria de Molina. (2011). *Fertilización de citricos.* Perú: Oficina Académica de Extensión y Proyección Social Agrobanco. Obtenido de https://www.agrobanco.com.pe/pdfs/CapacitacionesProductores/Citricos/FERTILIZACION_DE_CITRICOS.pdf

Universidad Técnica del Norte. (2011). *Efeto de la aplicación de silicio en el segundo año de producción en el cultivo del tomate de árbol.* Ecuador.

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

Urrechu, L. M. (2018). *El Mulo y La Mula*. Obtenido de https://cosasdecaballos.com/el-mulo-y-la-mula/

Vallejo, A. (2009). *Minga: A Database of observed growth data of tropical forest species and generic growth models.*

Velásquez Mosquera, J. C., Mendoza Sánchez, G., Corrales Álvarez, J. D., Parra Pineda, M. A., Medina Reodríguez, A. C., Izquierdo Sánchez, C. D., & González Acosta, J. P. (2015). Asociación de medeidas morfométricas con grasa en el anca en caballos de saltos en una escuela ecuestre de Bogotá. *Revista de Medicina Veterinaria*, 67 - 77.

Wichmann, W. (1992). *World Fertilizer Use Manual.* International Fertilizar Association - IFA. Obtenido de https://www.fertilizer.org/Public/Stewardship/Publication_Detail.aspx?SEQN=3750&PUBKEY=8D189B5A-2CFB-4376-A7EF-AC32AFC10C78

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