



INVENTARIO DE EMISIONES DE
GASES EFECTO INVERNADERO
PARA LA REGIÓN BOGOTÁ – CUNDINAMARCA

Bogotá, 2012

Plan Regional Integral de Cambio Climático
Región Capital Bogotá - Cundinamarca

INFORME TÉCNICO



Al servicio
de las personas
y las naciones

INVENTARIO DE EMISIONES DE **GASES EFECTO INVERNADERO** PARA LA REGIÓN BOGOTÁ – CUNDINAMARCA

Bogotá, 2012

Plan Regional Integral de Cambio Climático
Región Capital Bogotá - Cundinamarca

INFORME TÉCNICO



Con la colaboración de:



PUNTOS FOCALES DIRECTIVOS DE LAS INSTITUCIONES SOCIAS

PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO PNUD Fabrizio Hochschild Coordinador Residente y Humanitario de la ONU Silvia Rucks Directora de País Fernando Herrera Coordinador Área de Pobreza y Desarrollo Sostenible Jimena Puyana Oficial de Desarrollo Sostenible	IDEAM Omar Franco Torres Director José Alaín Hoyos Subdirector de Estudios Ambientales María Teresa Martínez Subdirectora de Meteorología Paola Bernal Jefe oficina de Cooperación Internacional	GOBERNACIÓN DE CUNDINAMARCA Álvaro Cruz Vargas Gobernador de Cundinamarca Fredy William Sánchez Secretario de Integración Regional Andrés Alejandro Romero Secretario de Planeación Marcela Orduz Quijano Secretario de Ambiente Jaime Matiz Ovalle Oficina de Atención y Prevención de Desastres	ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ Gustavo Petro Urrego Alcalde Mayor de Bogotá Gerardo Ardila Calderón Secretario Distrital de Planeación Néstor García Buitrago Secretario Distrital de Ambiente Alberto Merlano Gerente EAB Javier Pava Director IDIGER
CAR Alfred Ignacio Ballesteros Director	CORPOGUAVIO Oswaldo Jiménez Director	CORPORINOQUIA Martha Jhoven Plazas Directora	INSTITUTO ALEXANDER VON HUMBOLDT Brigitte LG Baptiste Directora
PARQUES NACIONALES NATURALES Julia Miranda Directora Parques Nacionales Naturales	MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE Rodrigo Suárez Director de Cambio Climático	DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN Alexander Martínez Subdirector de Desarrollo Ambiental Sostenible	

PUNTOS FOCALES DEL PRICC EN LAS INSTITUCIONES SOCIAS

PNUD: Claudia Marín; IDEAM: Vicky Guerrero, Juan Gabriel Osorio; Gobernación de Cundinamarca: Marleny Urbina, Constanza Cruz; Secretaría Distrital de Ambiente: Gloria Esperanza Narváez; Secretaría Distrital de Planeación: Carolina Chica; IDIGER: Lina María Hernández; EAB: Francisco Javier Canal; CAR: María Elena Báez; CORPOGUAVIO: Myriam Amparo Andrade; Instituto Alexander von Humboldt: Jorge Enrique Gutiérrez; Parques Nacionales Naturales: Juan Giovany Bernal; DNP: Silvia Calderón; MADS: Maritza Florián.

PLAN REGIONAL INTEGRAL DE CAMBIO CLIMÁTICO PARA BOGOTÁ CUNDINAMARCA (PRICC)

UNIDAD COORDINADORA DEL PRICC Coordinador: Javier Eduardo Mendoza Sabogal Asesor técnico: Jason García Portilla Asesor comunicaciones: Juan Carlos Forero Amaya Asistente administrativo: Isabel Castro Robledo Consultoría elaborada por: Ana Derly Pulido. Contrato No. PNUD 000009180 Las opiniones expresadas en este informe no suponen la expresión de una opinión o posición alguna de ninguna de las instituciones socias del Plan Regional Integral de Cambio Climático para Bogotá Cundinamarca (IDEAM, PNUD, Alcaldía de Bogotá, Gobernación de Cundinamarca, CAR, Corpoguavio, Instituto Humboldt, Parques Nacionales de Colombia, MADS, DNP). Los autores son responsables de la selección y presentación de los datos que figuran en sus respectivos informes y de las opiniones expresadas en ellos, que no son forzosamente	las de las instituciones socias del Plan Regional Integral de Cambio Climático para Bogotá Cundinamarca (PRICC). El PRICC es fruto de un trabajo en colaboración que ha sido posible gracias al apoyo y participación de numerosas personas e instituciones. Se ha financiado en virtud del documento de proyecto firmado entre las instituciones socias y también gracias a las generosas contribuciones del Gobierno de España y del Gobierno de Quebec, Canadá.	Fotografías: Instituto Humboldt, IDEAM, Oficina de prensa Alcaldía Mayor de Bogotá, Oficina de prensa Gobernación de Cundinamarca, El Tiempo. Diseño gráfico: Una tinta medios. Bogotá, Colombia - abril 2014
Cítese como: IDEAM, PNUD, Alcaldía de Bogotá, Gobernación de Cundinamarca, CAR, Corpoguavio, Instituto Alexander von Humboldt, Parques Nacionales de Colombia, MADS, DNP. 2012. Inventario de Gases de Efecto Invernadero de la Región Capital		

PRESENTACIÓN

Los retos que la variabilidad y el cambio climático imponen a la sociedad de la Región Capital trascienden lo ambiental e incluyen todos los aspectos relacionados con nuestras actividades sobre los territorios. Los patrones y procesos de producción, extracción, asentamiento y consumo, van a estar influenciados por la forma como el clima cambie. Mayor ocurrencia e intensidad de eventos extremos, climas más secos o más húmedos, tendrán efectos directos sobre la economía, la cultura, el medio ambiente y las decisiones políticas (municipales, departamentales y distritales) que se tomarán en el futuro cercano, así como en la planeación territorial, sectorial e institucional de largo plazo.

Todo este conjunto de decisiones permeará de manera directa todos los aspectos relacionados con la calidad de vida de los cundinamarqueses y bogotanos, quienes cada vez más relacionan los cambios en el clima con los desastres y las emergencias, dejando de lado las oportunidades de adaptación que estos nuevos escenarios pueden traer para el desarrollo de la Región.

Por este motivo, el Plan Regional Integral de Cambio Climático Región Capital, Bogotá – Cundinamarca (PRICC), se ha constituido y se consolida como una plataforma de trabajo interinstitucional que permite construir las directrices técnicas, así como una estrategia regional, implementada a través de medidas y proyectos prioritarios de mitigación y adaptación a la variabilidad y al cambio climático, que permitirá a la Región Capital tener las bases científicas para enfrentar los retos y aprovechar las oportunidades de estos nuevos escenarios. El PRICC es además, uno de los modelos piloto mundiales que, por iniciativa de la Alcaldía de Bogotá y de la Gobernación de Cundinamarca, vienen impulsando las Naciones Unidas (PNUD) y el IDEAM, junto con la activa participación de otros importantes socios (CAR, Corpoguavio, Corporinoquia, PNNC, IAvH, DNP y MADS), para fortalecer las capacidades y la toma de decisiones de las instituciones regionales públicas, para avanzar en la construcción de territorios resilientes a la variabilidad y al cambio climático. Este esfuerzo cuenta con el apoyo financiero de los Gobiernos de España y de Quebec.

A partir de lo anterior, este estudio, **“Inventario de emisiones de gases efecto invernadero para la Región Capital Bogotá - Cundinamarca”** es el resultado de un trabajo juicioso que se convierte en una guía para la toma de decisiones de quienes han asumido o asumirán responsabilidades desde el gobierno regional, en materia de la generación de opciones para la mitigación del cambio climático.

Esperamos que esta investigación sea de utilidad para el conocimiento de los principales sectores y territorios donde la implementación de medidas de mitigación es prioritaria, debido a su aporte a las emisiones totales de gases de efecto invernadero en la Región Capital. Reducir estas emisiones es prioritario y funda-

mental para la Región, pues permitirá no sólo contribuir al mejoramiento de la calidad del aire, sino también a reducir los impactos sobre la atmósfera que puedan continuar agravando los cambios en el clima y sus efectos sobre la salud humana, la disponibilidad de agua y electricidad, la seguridad alimentaria, el riesgo de ocurrencia de eventos hidrolimáticos extremos, entre otros.

Javier Eduardo Mendoza

Coordinador PRICC

INTRODUCCIÓN

En el contexto internacional, se perfilan ventanas de oportunidad, relacionadas con los mercados de carbono e incremento de la competitividad y reconocimiento al asumir compromisos de rutas de desarrollo bajas en emisiones de Gases Efecto Invernadero –GEI-. Por ello, adquiere gran importancia la habilidad y criterios de los gobiernos locales para la definición de las estrategias y prioridades que permita la reducción de emisiones a nivel local y regional. En este proceso de toma de decisiones, es indispensable contar con información que contribuya a identificar los principales sectores o actividades emisores de GEI, acciones prioritarias y de mayor costo-eficiencia, con el fin de aprovechar las oportunidades del mercado y/o responder a los compromisos establecidos; siendo necesario para estos fines contar con inventarios de emisiones GEI para cada región.

A nivel nacional, el IDEAM ha realizado el Inventario Nacional de Fuentes y Sumideros de Gases de Efecto invernadero -GEI para los años 1990, 1994, 2000 y 2004. Para esto se han seguido los procedimientos metodológicos de estimación de emisiones y su incertidumbre, establecidos por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC 1996). Los resultados obtenidos corresponden a un total de emisiones GEI para el país, pero se desconoce la cantidad generada por región y la metodología empleada no permite realizar dicha desagregación.

El Plan Regional Integrado de Cambio Climático (PRICC) para la Región Capital Bogotá – Cundinamarca, contempla dentro de sus objetivos la definición de “portafolios de proyectos de mitigación y adaptación frente a la variabilidad y cambio climático, que permitan impulsar opciones de desarrollo social y económico lo suficientemente robustas para resistir a las condiciones de un clima cambiante”. En lo que respecta a la definición de proyectos de mitigación, se hace necesario en primer lugar contar con información sobre las emisiones de Gases de Efecto Invernadero – GEI - en la región.

Por lo tanto y teniendo en cuenta que el PRICC es una iniciativa que ya está en curso y que requiere contar con el inventario de emisiones de GEI para la Región Capital, se propone realizar el inventario de emisiones GEI en el marco del PRICC como un inventario regional demostrativo para el país, contando con la asesoría del grupo de Investigación de Calidad del Aire de la Universidad Nacional de Colombia y mediante un proceso participativo buscando el desarrollo de capacidades del grupo interinstitucional del PRICC.

El objetivo principal del inventario es identificar a los principales sectores emisores y obtener de forma metódica una estimación de las emisiones a nivel regional. El análisis de este inventario permitirá identificar las prioridades para las iniciativas de mitigación, que posteriormente se constituirían en proyectos que para ingresar en el mercado de carbono, requerirán mecanismos de cuantificación, seguimiento, reporte y verifica-

ción. El inventario no se realiza con el objeto de establecer metas de reducción cuantificables para la región. Así mismo, se espera que las lecciones aprendidas en el proceso de elaboración puedan servir al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) y el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (IDEAM) como insumo para el establecimiento de lineamientos metodológicos para la elaboración de inventarios en las demás regiones de Colombia.

El año de referencia para la realización del inventario es el año 2008 y los gases a inventariar serán los GEI de origen antropogénico directos: Dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O), hidrofluorocarbonos (HFC's), perfluorocarbonos (PFC's) y hexafluoruro de azufre (SF_6). Estos son los gases de efecto invernadero que se reportan ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC).

El alcance de las emisiones a estimar abarca las categorías de fuente contempladas en las metodologías del IPCC 2006 para la elaboración de inventarios de emisiones GEI nacionales y adicionalmente se calcularán las emisiones indirectas de GEI generadas por el consumo de energía eléctrica en los diferentes sectores de la región.

En el presente documento se describe el procedimiento metodológico seguido para la estimación de gases efecto invernadero en la Región Capital.

En el capítulo 1 se describe la metodología disponible para el cálculo de las emisiones, iniciando con un resumen de algunas metodologías existentes para la elaboración de inventarios de emisiones GEI y una breve exposición de las generalidades de la metodología propuesta por el IPCC; posteriormente se presenta una tabla que describe los procesos llevados a cabo en Cundinamarca en cada una de las categorías de fuente, la existencia o no de cada actividad en la región y el nivel metodológico a emplear para efectuar el cálculo, según la información disponible.

El capítulo 2 comprende los pasos detallados seguidos para realizar el cálculo en las categorías de fuentes de emisión GEI identificadas para Cundinamarca. Es importante mencionar que no se realizó el cálculo de emisiones del módulo de uso y cambio en el uso del suelo dado que no se cuenta con la información suficiente para su cálculo, desagregada a nivel regional; en ese sentido únicamente se contemplan las emisiones dentro de los módulos de energía, procesos industriales, agricultura y residuos. Para cada módulo se elaboró un cuadro explicativo que de forma pormenorizada expone el paso a paso del cálculo, el cual está ligado a una hoja de trabajo que se presenta en un archivo en Excel (uno por módulo) como anexo del presente documento y está debidamente referenciada. Los cuadros incluyen la descripción sobre las fuentes de información, el detalle en el procesamiento de los datos y en el diligenciamiento de la hoja de cálculo, los factores de emisión empleados y los resultados. En el capítulo 3 se presenta una tabla de resultados sobre emisiones GEI -agregadas en Cundinamarca- para las diferentes categorías de fuentes existentes.

En el capítulo 4 se presenta una descripción y revisión metodológica del inventario de emisiones de GEI para Bogotá año 2008 realizado por la Secretaría Distrital de Ambiente, y los ajustes realizados tendientes a unificar criterios y metodología para estimación de GEI en la región Cundinamarca - Bogotá. Los resultados totales de emisiones GEI Bogotá - Cundinamarca se presentan en una tabla en el capítulo 5 y en el capítulo 6 se realiza la respectiva descripción de resultados que contempla análisis de Pareto (gráficas).

En el capítulo 7 se realiza una descripción de las recomendaciones para la reducción de emisiones en la región, basada en la identificación de los principales sectores emisores de GEI, y en el capítulo 8 se incluye

una descripción de las lecciones aprendidas en la elaboración del inventario, como insumo para la realización de inventarios regionales en Colombia.

Finalmente, en el capítulo 9 se presenta la metodología y resultados del cálculo de emisiones indirectas por consumo de energía eléctrica en los diferentes sectores de la región (residencial, industrial, comercial y otros).

TABLA DE CONTENIDO

PRESENTACIÓN.....	4
INTRODUCCIÓN.....	6
1. Metodología a emplear en el cálculo de emisiones GEI	15
1.1 Metodología seleccionada por el MADS e IDEAM para la elaboración de inventarios GEI regionales en Colombia.	16
1.2 Descripción metodología propuesta por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático – IPCC- versión 1996	17
1.2.1 Módulo de Energía	19
1.2.2 Módulo de Procesos Industriales	21
1.2.3 Módulo de Agricultura.....	23
1.2.4 Módulo de Uso y cambio en el uso del suelo	24
1.2.5 . Módulo de residuos	25
1.3 Categorías de fuente GEI existentes en Cundinamarca y selección de la metodología...26	
2. Cálculo de emisiones GEI para Cundinamarca año 2008.....	39
2.1 MÓDULO DE ENERGÍA	39
2.2 Módulo de procesos industriales	46
2.3 Módulo de agricultura.....	48
2.4 Módulo de residuos.....	56
3. Resultados de emisiones GEI para Cundinamarca año 2008.....	62
4. Emisiones GEI para Bogotá año 2008, cálculo realizado por la Secretaría Distrital de Ambiente	63

4.1	<i>Módulo de Energía:</i>	63
4.2	<i>Modulo de procesos industriales:</i>	66
4.3	<i>Modulo de residuos:</i>	67
4.4	<i>Módulo de agricultura:</i>	68
5.Resultados totales emisiones GEI para Bogotá – Cundinamarca año 2008.....		68
6.Discusión de resultados.....		70
6.1	<i>Resultados totales:</i>	70
6.2	<i>Resultados módulo de energía:</i>	72
6.3	<i>RESULTADOS MODULO DE PROCESOS INDUSTRIALES:</i>	78
6.4	<i>RESULTADOS MÓDULO DE AGRICULTURA:</i>	79
6.5	<i>Resultados módulo de residuos:</i>	82
6.6	<i>Resultados incertidumbre:</i>	84
7.Recomendaciones para la reducción de emisiones en Cundinamarca y Bogotá.....		87
8.Leciones aprendidas en la elaboración del inventario.....		91
9.Emisiones indirectas de gases de efecto invernadero generadas por consumo de energía eléctrica en la región Bogotá - Cundinamarca		96
9.1	<i>Marco conceptual:</i>	97
9.2	<i>Metodología cálculo de emisiones indirectas por consumo energía eléctrica</i>	102
9.2.1	Consumo de energía eléctrica en Cundinamarca y Bogotá.....	102
9.2.2	Factor de emisión de la generación eléctrica en Colombia	105
9.3	<i>Resultados calculo emisiones indirectas</i>	106
9.4	<i>Total de emisiones gei (directas + indirectas) en Bogotá y Cundinamarca año 2008 ..</i>	109
CONCLUSIONES.....		111
REFERENCIAS.....		114
ANEXO 1		
FACTORES DE EMISIÓN		117
1.MÓDULO ENERGÍA		117

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1. Categorías Módulo de Energía.....	20
Figura 1.2. Categorías Módulo de Procesos Industriales	22
Figura 1.3. Categorías Módulo de Agricultura	23
Figura 1.4. Categorías Módulo de Uso y Cambio en el Uso de la tierra y Silvicultura.....	24
Figura 1.5. Categorías Módulo de Residuos.....	25
Figura 6.1. Participación por módulo sobre el total de emisiones en Gg de CO2 equivalente para Bogotá y Cundinamarca.....	70
Figura 6.2. Contribución de cada GEI en cada módulo para Cundinamarca	71
Figura 6.3. Contribución de cada GEI en cada módulo para Bogotá.....	72
Figura 6.4. Participación emisiones por categoría de fuente en el módulo de Energía en Cundinamarca.....	73
Figura 6.5. Participación emisiones por categoría de fuente en el módulo de Energía en Bogotá.....	75
Figura 6.6. Participación emisiones por categoría de fuente en el módulo de Procesos Industriales	78
Figura 6.7. Participación emisiones por categoría de fuente en el módulo de Agricultura.....	80
Figura 6.8. Participación emisiones por categoría de fuente en el módulo de Residuos	83

Figura 6.9. Contribución de incertidumbre por categoría de fuente.....	85
Figura 7.1. Diagrama pareto resultado emisiones Cundinamarca.....	88
Figura 7.2. Diagrama pareto resultado emisiones Bogotá.....	89
Figura 9.1. Emisiones indirectas por consumo de energía eléctrica por sectores en Cundinamarca.....	107
Figura 9.2. Emisiones indirectas por consumo de energía eléctrica por sectores en Bogotá	107
Figura 9.3. Participación por municipio en el total de emisiones indirectas generadas por consumo de energía eléctrica en Cundinamarca año 2008.....	108
Figura 9.4. Participación por categoría sobre el total de emisiones (directas + indirectas) GEI en Cundinamarca, año 2008.....	109
Figura 9.5. Participación por categoría sobre el total de emisiones (directas + indirectas) GEI en Bogotá, año 2008.....	110

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.1. Categorías de fuente GEI existentes en Cundinamarca, y selección de la metodología. Cálculo de emisiones GEI para Cundinamarca año 2008	27
Tabla 3.1. Resultados emisiones de GEI para Cundinamarca año 2008.....	62
Tabla 4.1. Resultados Módulo de Energía, Secretaría Distrital de Ambiente 2008.....	63
Tabla 4.3. Resultados Módulo de Residuos, Secretaría Distrital de Ambiente 2008	67
(siguiente página).....	68
Tabla 5.1. Emisiones de GEI Región Bogotá – Cundinamarca.....	68
Tabla 5.1. Emisiones de GEI Región Bogotá – Cundinamarca (Resultados totales emisiones GEI para Bogotá – Cundinamarca año 2008).....	69
Tabla 9.1. Ejemplo de los datos sobre consumo de energía eléctrica reportados por el SUI. Año: 2008	103
Tabla 9.2. Factor de emisión por generación eléctrica en Colombia.....	106
Tabla 9.3. Resultados totales emisiones indirectas por consumo de energía eléctrica en Bogotá y Cundinamarca.....	107

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1: Metodología para la estimación de las emisiones de CO ₂ por quema de combustibles	39
Cuadro 2: Metodología para la estimación de las emisiones de CH ₄ y N ₂ O por quema de combustibles, Método por Categoría de Fuentes	43
Cuadro 3: Metodología para la estimación de las emisiones fugitivas de CH ₄ por actividades	44
Cuadro 4: Metodología para la estimación de las emisiones de GEI por procesos industriales.....	46
Cuadro 5: Metodología para la estimación de GEI por utilización sustitutos sa.....	47
Cuadro 6: Metodología para la estimación de emisiones de metano y oxido nitroso por fermentación entérica del ganado doméstico y manejo de estiércol	48
Cuadro 7: Metodología para la estimación de emisiones de GEI por quema en el campo de residuos agrícolas	50
Cuadro 8: Metodología para la estimación de emisiones de GEI por suelos agrícolas.....	52
Cuadro 9: Metodología para la estimación de emisiones de metano procedentes de sitios de disposición de residuos sólidos	56
Cuadro 10: Metodología para la estimación de emisiones de metano procedentes del tratamiento de las aguas residuales y de lodos domésticos y comerciales.	58
Cuadro 11: Metodología para la estimación de emisiones de metano procedentes del tratamiento de efluentes y lodos industriales.....	60

1. METODOLOGÍA A EMPLEAR EN EL CÁLCULO DE EMISIONES GEI

A nivel internacional, existen diversas metodologías para la elaboración de inventarios de emisiones de GEI que se han desarrollado con el fin de abordar diferentes objetivos relacionados con la reducción de emisiones a escala nacional, local y empresarial; entre las principales se pueden mencionar las abordadas bajo las siguientes iniciativas y/o programas:

Directrices del IPCC para la elaboración de Inventarios Nacionales de Emisiones de GEI: El Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC) tiene como objetivo principal evaluar la información científica, técnica y socioeconómica relevante para la comprensión del cambio climático, sus impactos potenciales y las opciones de mitigación y adaptación. El IPCC establece directrices para la metodología internacionalmente acordada y programas para el cálculo de las emisiones y absorciones nacionales de gases de efecto invernadero. Se plantea el uso generalizado de esta metodología por los países signatarios de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC)¹. Las guías metodológicas para la elaboración de inventarios de emisiones y sumideros de GEI del IPCC, comprenden: las directrices de 1996, las buenas prácticas en la elaboración de los inventarios (versión 2000 y 2003) y las directrices del 2006. Estas metodologías se basan en cálculo de emisiones a partir de datos de actividad y factores de emisión para cada país o región. Los factores de emisión a emplear pueden ser propios, es decir, desarrollados por cada país para las condiciones específicas de cada uno y en caso de no contar con dichos factores pueden ser asumidos por defecto de los suministrados por el IPCC los cuales son el resultado de múltiples investigaciones en diferentes países del mundo. La estructura de las guías clasifica las emisiones por categorías principales denominadas módulos, con sus respectivas sub-categorías, para cada una de ellas (y en algunos casos para cada GEI) contemplan hasta tres niveles metodológicos para el cálculo de las emisiones que dependen del grado de detalle de la información disponible para realizar el cálculo.

GHG Protocol World Business Council for Sustainable Development (WBCSD): Es una iniciativa producto de una alianza multipartita de empresas, organizaciones no gubernamentales (ONGs), gobiernos y otras entidades, convocada por el Instituto de Recursos Mundiales (WRI), y el Consejo Mundial Empresarial para el Desarrollo Sustentable (WBCSD)². La Iniciativa tiene el objetivo de ayudar a las empresas a preparar inventarios de GEI representativos de sus emisiones GEI reales, mediante la utilización de enfoques y principios estandarizados y pone a disposición de las empresas insumos para el planteamiento de estrategias efectivas de gestión y reducción de emisiones de GEI. Cuenta con dos guías metodológicas: *Estándar Corporativo de Contabilidad y Reporte del Protocolo de GEI*, guía minuciosa para empresas interesadas en cuantificar y reportar sus emisiones de GEI y *Estándar de Cuantificación de Proyectos del Protocolo de GEI*, guía para la cuantificación de reducciones de emisiones de GEI derivadas de proyectos específicos.

1 Colombia es signataria de la CMNUCC ratificado mediante la Ley 164 de 1994, así como del protocolo de Kyoto ratificado mediante Ley 629 de 2000.

2 WBCSD : coalición integrada por 170 empresas internacionales, con sede en Ginebra, Suiza

ICLEI. Gobiernos Locales por la Sustentabilidad: Es una asociación internacional de gobiernos locales y asociaciones de gobiernos locales y regionales. Bajo esta iniciativa se desarrollan diversas campañas y programas que abordan temas de sustentabilidad local y vinculan las acciones locales con objetivos y metas acordados internacionalmente. Dentro de dichos programas se encuentra la Campaña Ciudades por la Protección Climática - CCP ICLEI-LACS - Acción Local Contra el Calentamiento Global, campaña mundial que agrupa ciudades interesadas en preparar y ejecutar planes de acción que reduzcan las emisiones de GEI y ejecuta diversos proyectos de asistencia técnica con enfoques innovadores en: medidas de eficiencia energética, gestión integrada de residuos sólidos, transporte sustentable, reduciendo así las emisiones de GEI. Para esto, como primer paso identifica la necesidad de elaboración de un inventario de línea de base y registro de emisiones de GEI en las ciudades participantes que permita el establecimiento de metas de reducción, para lo cual cuenta con un software. Esta metodología es empleada por el sector institucional de las ciudades con el fin de conocer la línea base de emisiones principalmente en cuanto al uso de energía; no aborda todos los sectores comprometidos en la generación de emisiones GEI y se efectúa con el objeto de poder establecer metas de reducción cuantificables.

Bilan Carbone (Balance de Emisiones): Es un método de contabilidad de las emisiones de carbono incluido en la norma internacional ISO 14064, e implementado por la Agencia francesa del medio ambiente y gestión de la Energía (ADEME). En principio, consta tanto de una metodología como de un programa informático específico. Los objetivos de esta metodología son evaluar las emisiones de GEI producidas por actividades empresariales (privadas, públicas o colectivas) que generan bienes y servicios, con el fin de establecer metas de reducción de emisiones.

1.1 METODOLOGÍA SELECCIONADA POR EL MADS E IDEAM PARA LA ELABORACIÓN DE INVENTARIOS GEI REGIONALES EN COLOMBIA.

Como criterio principal para la selección de la metodología, se considera importante que los inventarios regionales de emisiones de GEI sean comparables con los inventarios nacionales realizados por el IDEAM, por cuanto debe existir coherencia entre la información sobre emisiones reportada a nivel regional y nacional. Así mismo, se considera oportuno aprovechar la experiencia adquirida en la elaboración de los inventarios nacionales, conocimiento y práctica adquiridos por las instituciones y actores involucrados en el proceso.

En este sentido, la metodología de referencia a emplear para la elaboración de inventarios regionales, corresponde a las directrices del IPCC aplicadas en la elaboración de inventarios nacionales. Es importante tener en cuenta que las directrices del IPCC permiten gran flexibilidad en el cálculo de los inventarios mediante el uso de métodos con distinto grado de complejidad, dependiendo de la disponibilidad de información de datos de actividad; permiten realizar estimaciones de GEI en todas las fuentes posibles de un territorio en un marco común, resultando útiles para los fines de identificación de sectores prioritarios para la definición de políticas y/o proyectos de mitigación. Las otras metodologías disponibles se enfocan en las posibles fuentes de emisión a nivel empresarial (como Bilan Carbone y GHG Protocol) e institucional (como ICLEI).

Finalmente, es importante resaltar que a la fecha el IPCC ha publicado las guías metodológicas en sus revisiones de 1996 y 2006. Los inventarios nacionales realizados por el IDEAM se han realizado bajo las direc-

trices de 1996, por cuanto, para el cumplimiento del Protocolo de Kyoto, el acuerdo asumido a la fecha es que los inventarios sean presentados aplicando la metodología revisada en 1996 con el agregado metodológico proveniente de los códigos de buenas prácticas, publicadas los años 2000 y 2003 (para el módulo de Uso de los Suelos, Cambio de Uso de los Suelos y Silvicultura - LUCF). Aunque en las metodologías del 2006 se realizaron cambios tendientes a mejorar la organización de la información y lograr una mayor exhaustividad en la identificación de las actividades generadoras de GEI, es posible que para Colombia y a nivel regional no exista información con el nivel de detalle requerido; por ejemplo para el Módulo de Agricultura, Silvicultura y otros usos de la tierra (AFOLU), en donde se requiere información específica sobre usos y cambios en el uso del suelo para seis tipos de tierra (tierras forestales, tierras de cultivo, pastizales, humedales, asentamientos y otras tierras).

Por lo anterior, se define que la metodología de referencia a seguir en la elaboración de inventarios regionales corresponde a las guías del IPCC, versión 1996, realizando paralelamente una revisión de las guías del 2006 con el fin de revisar la posibilidad de su aplicación y la pertinencia de su uso, referida a la disminución en el nivel de incertidumbre de los resultados.

1.2 DESCRIPCIÓN METODOLOGÍA PROPUESTA POR EL GRUPO INTERGUBERNAMENTAL DE EXPERTOS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO – IPCC- VERSIÓN 1996

Las directrices del IPCC para los Inventarios Nacionales de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero versión revisada de 1996, se complementan con la Guía para Buenas Prácticas y Manejo de Incertidumbres en los Inventarios Nacionales de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero, con la Guía sobre Prácticas Óptimas para el uso del suelo, cambio en el uso del suelo y silvicultura, y el Programa de Inventarios Nacionales de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero del IPCC del 2003. Esos volúmenes presentan las metodologías sugeridas para la estimación de los GEI directos e indirectos como el bióxido de carbono, metano, óxido nitroso, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, compuestos orgánicos volátiles diferentes del metano, halocarbonos, hexafluoruro de azufre y bióxido de azufre.

Las directrices revisadas del IPCC de 1996 dividen el análisis de las emisiones de GEI en cinco categorías:

Energía: Emisiones generadas por el consumo de combustibles fósiles (transporte y de fuentes fijas), y emisiones fugitivas de metano por las minas de carbón y la producción de petróleo y gas.

Procesos industriales: Emisiones resultantes por fabricación de productos (cemento, acero, químicos, etc.).

Agricultura: Emisiones de metano y óxido nitroso provenientes de las actividades agropecuarias.

Uso de suelo, cambio de uso de suelo y silvicultura. Emisiones y captura de CO₂ por estas actividades.

Desechos. Emisiones de metano y CO₂ por la disposición en vertederos de relleno sanitario, en aguas residuales e incineración de los desechos industriales y hospitalarios.

La ampliación de los aspectos considerados en cada uno de los módulos se presenta en los numerales del 1.2.1 a. 1.2.5

Según las directrices del IPCC, se debe cumplir con un conjunto de elementos para elaborar un inventario: establecer el año base para su desarrollo, lo que servirá para compararlo con otros y para observar el comportamiento en un cierto tiempo; los demás elementos son relativos a la construcción de información:

- Hojas de cálculo, que son el espacio físico de estimación y cálculo de emisiones.
- Tablas de emisiones y absorciones anuales, con las unidades expresadas anualmente (masa/año).
- Contenido metodológico, que es la descripción de los procesos metodológicos por cada fuente, fuentes de datos (datos de actividad, factores de emisión) y, de ser posible, descripción de incertidumbre.
- Fuentes de información con datos históricos, base para construir el inventario.

Todo inventario de emisiones de GEI es una aproximación. Por lo general, se parte de inventarios o datos de quema de combustibles, producción industrial o agropecuaria, que al multiplicarse por un factor de emisión previamente publicado (por defecto), arroja el valor estimado de la emisión de algún tipo de GEI. El IPCC cuenta con un proceso transparente de documentación y preparación de datos estricto y exhaustivo, que permite contar con un estándar por categoría, el cual hace viable la comparación entre inventarios anuales, ya sea por categoría o por sector, y con el de otros estados y países.

Los factores de emisión por defecto han sido desarrollados por el IPCC basados en las siguientes fuentes:

- Default Emission Factors Handbook (European Environment Agency Task Force, Bouscaren, 1992).
- CORINAIR Working Group on Emission Factors for Calculating 1990 Emissions from Road Traffic, volume 1: Methodology and Emission Factors (Eggleston et al., 1992).
- Atmospheric Emission Inventory Guidebook (Joint EMEP/CORINAIR, European Environment Agency, 1996).
- US EPA's Compilation of Air Pollutant Emissions Factors (AP-42), 4th Edition 1985, (US EPA, 1985a and 1985b), 5th Edition 1995 (US EPA, 1995) and Supplement F (US EPA, 1993b).
- EMEP and CORINAIR Emission Factors and Species Profiles for Organic Compounds (Veldt, 1991).
- The Emission Database for Global Atmospheric Research (EDGAR 1995), version 2.0.

Según el IPCC versión 1996, la metodología para estimar las emisiones de gases de efecto invernadero puede dividirse en tres niveles, de acuerdo con el detalle de los datos que se utilicen:

El procedimiento de nivel 3 o Tier 3 es una evaluación rigurosa y detallada de la fuente, tipo "de la base a la cúspide" (bottom-up), que requiere de inventarios detallados de la infraestructura y de factores de emisión específicos, o bien la determinación de emisiones en la fuente. Los Tier 2 están basados en procedimientos como el balance de masa y factores de emisión de procesos. Finalmente, el procedimiento Tier 1 es el menos detallado, utiliza factores de emisión relacionados con información socioeconómica, generalmente con un am-

plio rango e incertidumbre elevada, e información general del sector que produce las emisiones. La elección de nivel se realizará por medio de un árbol de decisión, el cual indicará los métodos de estimación apropiados a las circunstancias nacionales, que se encuentran en las Guías de las Buenas Prácticas para cada sector estimado en el inventario.

El procedimiento metodológico final aplicado para la estimación y el análisis con base en el comportamiento de los GEI por sector es el siguiente:

- Estimación de los GEI.
- Determinación de las emisiones de los GEI directos en CO₂ equivalente para cada sector.
- Sumar las emisiones de los sectores en unidades de CO₂ equivalente.
- Cálculo de la incertidumbre de los resultados.
- Análisis de categorías principales.

1.2.1 Módulo de Energía

En el módulo de energía se contabilizan las emisiones de GEI generadas por quema de combustibles fósiles y las emisiones fugitivas generadas en las actividades de petróleo, gas y carbón mineral.

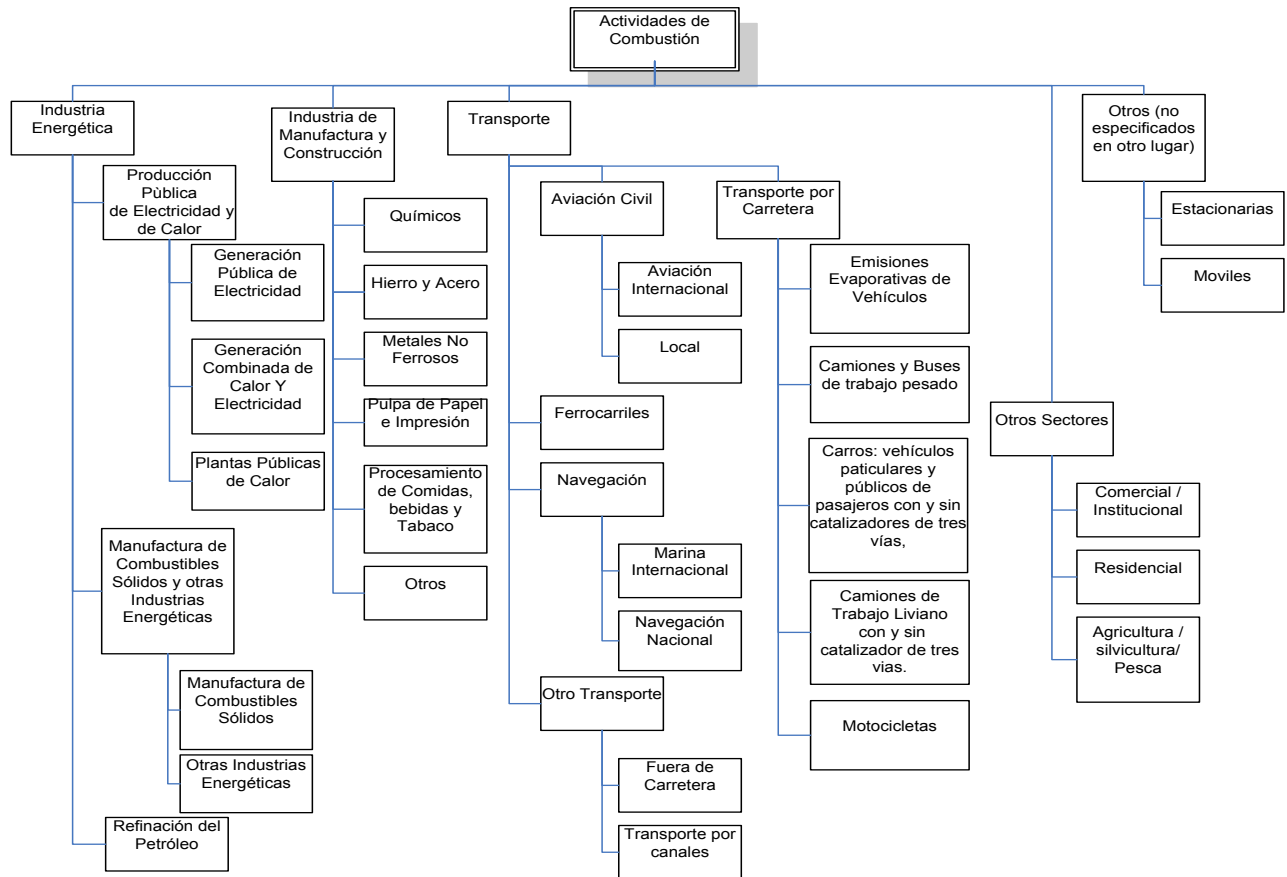
Para los fines del inventario, según directrices IPCC, la quema del combustible puede definirse como la oxidación intencional del combustible dentro de un aparato diseñado para suministrar calor o trabajo mecánico a un proceso, o para utilizar fuera del aparato. Esta oxidación es un proceso en el que los componentes de un combustible, principalmente el carbono, hidrógeno y azufre, reaccionan con un comburente (comúnmente oxígeno) y se oxidan liberando energía utilizable, dióxido de carbono (CO₂) y agua (H₂O), cuando la combustión es completa. Cuando la combustión es incompleta, es decir, cuando parte del combustible no ha sido oxidado, se liberan además, otros compuestos como el monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NOx), dióxidos de azufre (SO₂), carbono (C), hidrógeno (H) y partículas de carbono.

Las emisiones fugitivas, son los gases liberados a la atmósfera de forma imprevista o deliberadamente, en actividades antropogénicas; particularmente de la producción, procesamiento, transformación, almacenamiento y uso de combustibles. Las emisiones más significativas de gases de efecto invernadero en esta categoría, son las emisiones de metano. También se emiten otros gases tales como CO₂ y COVDM.

Las directrices del IPCC distinguen dos (2) subcategorías para las emisiones fugitivas: Emisiones generadas por la minería y manejo del carbón y emisiones generadas por actividades del petróleo y gas natural. En la siguiente figura, se presentan los sectores a tener en cuenta en el módulo de Energía, según las guías del IPCC:

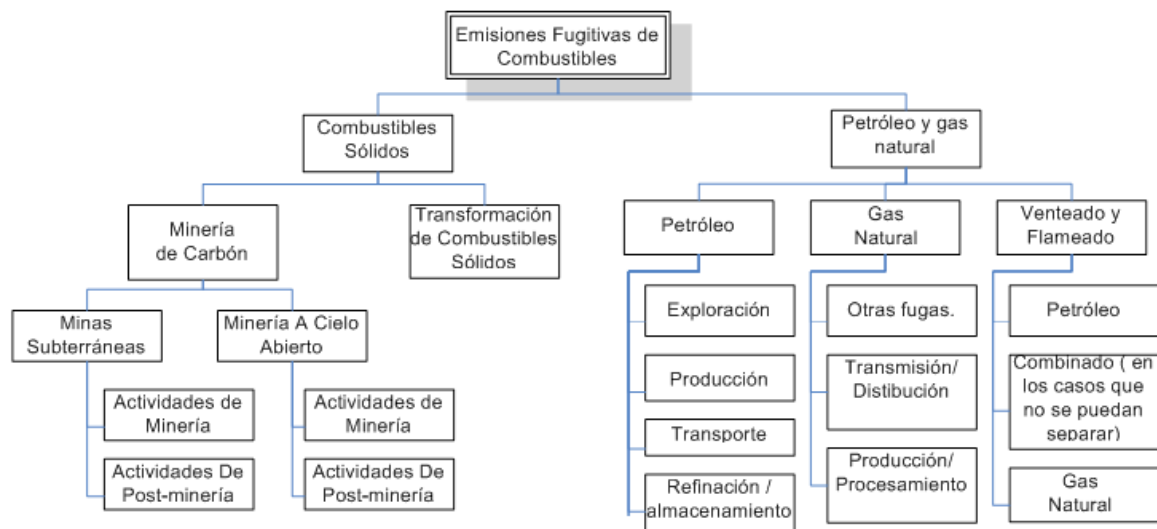
FIGURA 1.1. CATEGORÍAS MÓDULO DE ENERGÍA

QUEMA DE COMBUSTIBLES FÓSILES



Elaboración propia, información IPCC Guías para Elaboración de Inventarios Nacionales de emisiones GEI 1996

EMISIONES FUGITIVAS



Elaboración propia, información IP CC Guías para Elaboración de Inventarios Nacionales de emisiones GEI 1996

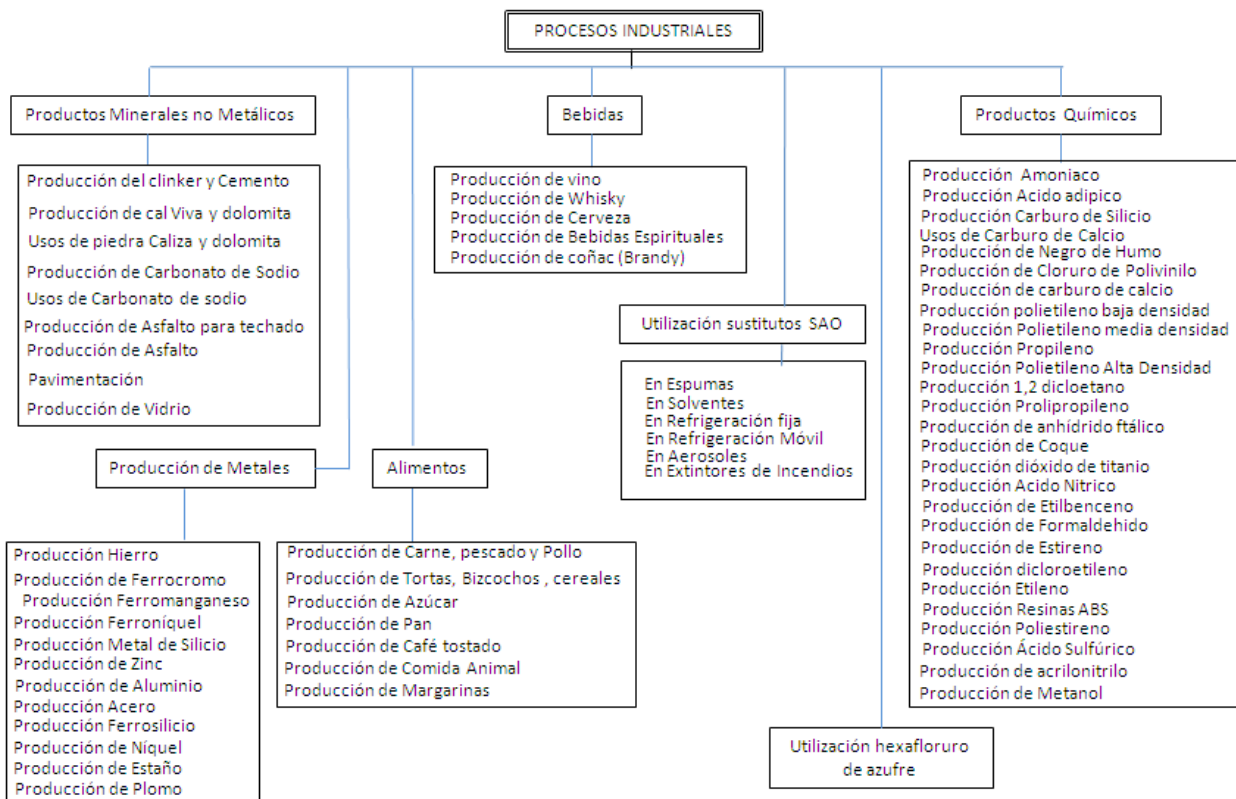
1.2.2 Módulo de Procesos Industriales

En este módulo se abordan las emisiones de gases de efecto invernadero provocadas por los procesos industriales y por el uso de gases de efecto invernadero en los productos. Las principales fuentes de emisión son las descargas provenientes de los procesos industriales que transforman materias por medios químicos o físicos; por ejemplo, los altos hornos de la industria del hierro y el acero, el amoníaco y otros productos químicos fabricados a partir de combustibles fósiles utilizados como sustancia química intermedia y la industria del cemento: estos son ejemplos notorios de procesos industriales que liberan cantidades significativas de CO₂. Durante estos procesos puede producirse una gran variedad de gases de efecto invernadero, incluidos el dióxido de carbono (CO₂), el metano (CH₄), el óxido nitroso (N₂O), los hidrofluorocarbonos (HFC) y los perfluorocarbonos (PFC).

Además, con frecuencia se utilizan los GEI en productos tales como refrigeradores, espumas o latas de aerosol. Por ejemplo, se usan los HFC como alternativa a las sustancias que agotan la capa de ozono en varios tipos de aplicaciones de productos. Análogamente, se emplean el hexafluoruro de azufre (SF₆) y el óxido nitroso (N₂O) en una serie de productos utilizados por la industria (p. ej., el SF₆ utilizado en las instalaciones eléctricas y el N₂O utilizado como propulsor en los productos de aerosol, principalmente en la industria de la alimentación) o por los consumidores finales (p. ej., el SF₆ utilizado en el calzado deportivo y el N₂O utilizado durante la anestesia). Una característica notable del uso de estos productos es que en casi todos los casos puede transcurrir un tiempo significativo entre la fabricación del producto y la liberación del gas de efecto invernadero. El retardo puede variar desde pocas semanas (p. ej., las latas de aerosol) hasta varios decenios, como es el caso de las espumas rígidas.

Las categorías principales consideradas dentro de este módulo son:

FIGURA 1.2. CATEGORÍAS MÓDULO DE PROCESOS INDUSTRIALES

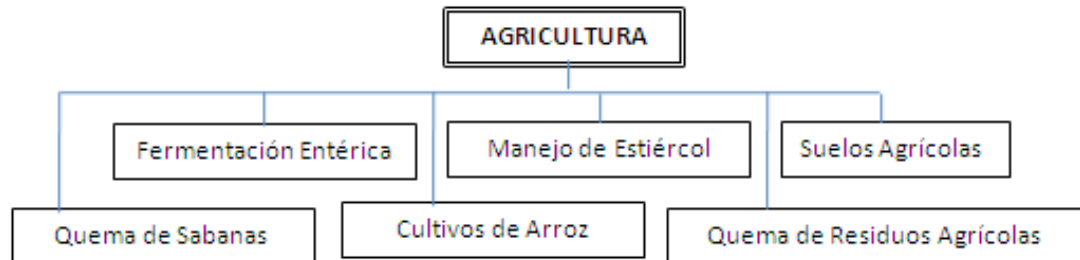


Elaboración propia, información IPCC Guías para Elaboración de Inventarios Nacionales de emisiones GEI 1996

1.2.3 Módulo de Agricultura

En este módulo se contabilizan las emisiones de metano y óxido nitroso provenientes de las actividades agropecuarias, teniendo en cuenta las siguientes categorías:

FIGURA 1.3. CATEGORÍAS MÓDULO DE AGRICULTURA



Elaboración propia, información IPCC Guías para Elaboración de Inventarios Nacionales de emisiones GEI 1996

El metano procedente de la fermentación entérica en los herbívoros es una consecuencia del proceso digestivo durante el cual los hidratos de carbono se descomponen por acción de microorganismos, en moléculas simples que se absorben en el torrente sanguíneo. El metano procedente del manejo del estiércol obedece a su descomposición en condiciones anaeróbicas; el estiércol del ganado está compuesto principalmente por materia orgánica que al descomponerse en ausencia de oxígeno y bajo la acción de poblaciones de microorganismos (bacterias metanogénicas) produce metano. De la misma forma, durante el almacenamiento y tratamiento del estiércol antes de su disposición en campo, se producen emisiones de Óxido Nitroso, el cual es producido cuando el nitrógeno contenido en el estiércol es nitrificado o desnitrificado.

La descomposición anaeróbica de la materia orgánica en los arrozales anegados produce escapes de metano (CH₄), debido principalmente a la difusión en la atmósfera procedente de las plantas de arroz durante la estación de crecimiento.

En la categoría de suelos agrícolas se calculan las cantidades de Óxido Nitroso (N₂O), teniendo presente el ciclo del Nitrógeno (con los procesos de nitrificación y desnitrificación), en tal sentido se tienen en cuenta las emisiones directas de N₂O procedentes de los suelos agrícolas y de los suelos dedicados a la producción animal y las emisiones indirectas de generadas por el Nitrógeno utilizado en la agricultura.

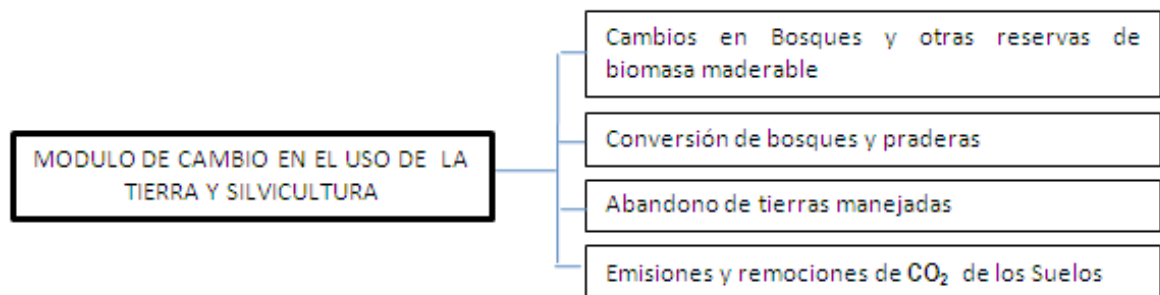
Los sistemas agrícolas de todo el mundo producen grandes cantidades de desperdicios agrícolas. La quema de desperdicios agrícolas en los campos es una práctica agrícola común, sobre todo en los países en desarrollo. La quema en los campos de los residuos de las cosechas no se considera fuente neta de dióxido de carbono, ya que se supone que el carbono liberado en la atmósfera se reabsorbe en la siguiente temporada de crecimiento. Sin embargo, la quema de residuos de las cosechas es una importante fuente neta de emisiones de metano, monóxido de carbono, óxido nitroso y óxidos de nitrógeno. (IPCC, 1996).

1.2.4 Módulo de Uso y cambio en el uso del suelo

El módulo uso de la tierra, cambio en el uso de la tierra y silvicultura (LULUCF), de acuerdo con las *directrices* del IPCC, tiene como objetivo estimar las emisiones y absorciones de dióxido de carbono (CO_2), ocasionadas por el desarrollo de actividades humanas relacionadas con el cambio de uso de la tierra y la gestión de tierras principalmente forestales, estas actividades generan cambios en los contenidos de biomasa en bosques y otros tipos de vegetación leñosa, la conversión de bosques y praderas y el abandono de tierras cultivadas. Igualmente, en el módulo se calcula la emisión de gases diferentes al CO_2 , tales como metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O), óxidos de nitrógeno (NO_x) y monóxido de carbono (CO) generados por quemas vinculadas a la conversión de bosques y praderas.

Las categorías contempladas se presentan en la siguiente figura:

FIGURA 1.4. CATEGORÍAS MÓDULO DE USO Y CAMBIO EN EL USO DE LA TIERRA Y SILVICULTURA



Elaboración propia, información IPCC Guías para Elaboración de Inventarios Nacionales de emisiones GEI 1996

En la categoría cambios de biomasa en bosques y otros tipos de vegetación leñosa, se debe contabilizar los incrementos anuales de biomasa en plantaciones, en bosques aprovechados, el crecimiento de árboles en zonas urbanas, así como los incrementos de otras existencias de biomasa leñosa importantes. Por otro lado también se deben estimar las principales salidas de biomasa, representadas en el uso como leña y en diferentes usos maderables como la cosecha comercial para actividades de construcción, muebles y otras.

Las emisiones en la categoría conversión de bosques y praderas se producen principalmente por combustión de la biomasa producto de la conversión de uso, generalmente de bosques y praderas a tierras de cultivo o pastos permanentes; adicionalmente, durante la conversión se generan desperdicios que son abandonados en el lugar para su descomposición durante varios años; de tal forma que se calculan las emisiones inmediatas de CO_2 que ocurren en el año del inventario por quema de la biomasa y las emisiones diferidas de CO_2 que ocurren por un período de diez años durante la descomposición de la biomasa, por otra parte, la quema de biomasa es fuente significativa de metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O), óxidos de nitrógeno (NO_x) y monóxido de carbono (CO), y la metodología del IPCC estima para este módulo, las emisiones de estos gases como producto de la quema de biomasa dentro del sitio.

El IPCC (1997) establece que para la categoría de abandono de tierras cultivadas se estimen las remociones netas de CO_2 por acumulación de biomasa procedente del abandono de tierras utilizadas en cultivos o de tierras empleadas para pastoreo de animales. Se realizan los cálculos con base a dos períodos de tiempo 1) Tierras abandonadas veinte años antes del inventario, 2) Tierras abandonadas entre veinte y cien años antes del inventario.

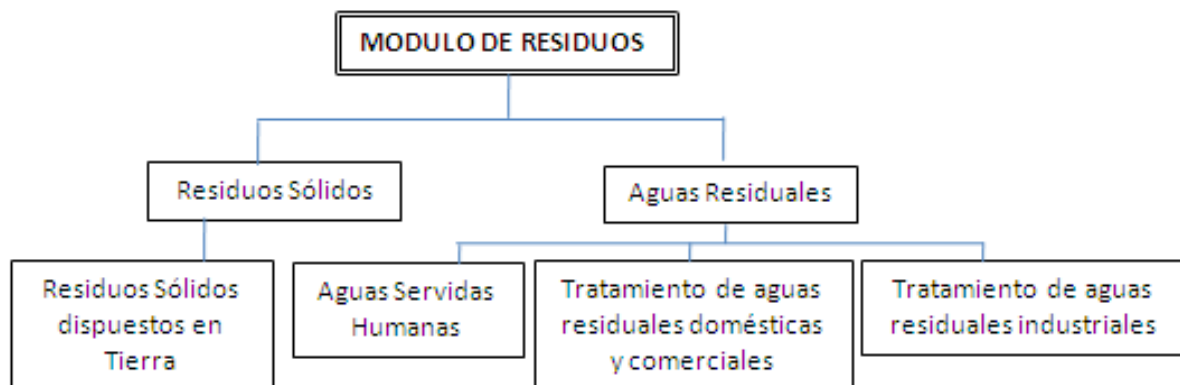
En la categoría de emisión o absorción de CO_2 en los suelos debido al manejo y cambio de uso de la tierra, se estiman las emisiones netas (fuentes y sumideros) de tres procesos: 1) Cambios en el carbono almacenado en los suelos y la cubierta muerta de los suelos minerales debido a cambios en las prácticas de uso de las tierras. 2) Emisiones de CO_2 procedentes de suelos orgánicos convertidos a la agricultura o plantaciones forestales. 3) Emisiones de CO_2 procedentes del abonado con cal de los suelos agrícolas.

Al respecto el IPCC (1997), señala que es necesario definir los principales tipos de sistemas de manejo de la tierra utilizados en el país, así como los tipos de ecosistemas que se convierten a la agricultura (ej: bosque, sabana, pradera) o que se han derivado del uso agrícola de las tierras en el pasado (ej: tierras abandonadas, tierras reforestadas). Adicionalmente la información se debe evaluar por tipos de suelos, para lo cual el IPCC (1997) sugiere los siguientes y proporciona algunos ejemplos de grupos taxonómicos: suelos minerales con alta actividad arcillosa: vertisoles, molisoles, alfisoles altamente básicos, aridisoles e inceptisoles; suelos minerales con baja actividad arcillosa: ultisoles, oxisoles, alfisoles ácidos; suelos arenosos: Psamments; suelos volcánicos: Andisoles; suelos espódicos: espodosoles; suelos acuicos (húmedos): subordenes acuicos; suelos orgánicos: histosoles.

1.2.5. Módulo de residuos

El módulo de residuos estima las emisiones de metano (CH_4) y Oxido Nitroso (N_2O). El metano, originado mediante la descomposición anaeróbica de la materia orgánica contenida en los residuos sólidos y en las aguas residuales domésticas e industriales, y las emisiones de óxido nitroso debidas a los procesos de nitrificación y desnitrificación del nitrógeno en las excretas humanas. Las categorías contempladas son:

FIGURA 1.5. CATEGORÍAS MÓDULO DE RESIDUOS



Elaboración propia, información IPCC Guías para Elaboración de Inventarios Nacionales de emisiones GEI 1996

Típicamente, las emisiones de CH₄ procedentes de los sitios de disposición de residuos sólidos son la mayor fuente de emisiones de GEI del módulo. Las emisiones de CH₄ procedentes del tratamiento y la eliminación de aguas residuales pueden ser importantes también. Los sitios de disposición de residuos sólidos y el tratamiento de aguas residuales producen también CO₂, pero éste es de origen biogénico y, por lo tanto, no se incluye como elemento a declarar en este sector. Los desechos y el tratamiento y la eliminación de aguas residuales pueden producir también emisiones de compuestos orgánicos volátiles diferentes del metano (CO-VDM), óxidos de nitrógeno (NO_x) y monóxido de carbono (CO), así como amoníaco (NH₃).

1.3 CATEGORÍAS DE FUENTE GEI EXISTENTES EN CUNDINAMARCA Y SELECCIÓN DE LA METODOLOGÍA.

En el cuadro que aparece a continuación se realiza una breve descripción de cómo es el estado el departamento de Cundinamarca de cada una de las categorías de fuente de emisiones GEI propuestas por el IPCC, con el fin de identificar en primer lugar si es una categoría existente en la región y por lo tanto si se debe tener en cuenta en la estimación de las emisiones, a la vez que se identifican las posibles fuentes de información de datos requeridos y según ello, se determina el nivel metodológico a emplear para efectuar el cálculo.

TABLA 1.1. CATEGORÍAS DE FUENTE GEI EXISTENTES EN CUNDINAMARCA, Y SELECCIÓN DE LA METODOLOGÍA. CÁLCULO DE EMISIONES GEI PARA CUNDINAMARCA AÑO 2008

DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD EN CUNDINAMARCA.	Categoría existente en Cundinamarca (Si/No)	FUENTE DE INFORMACIÓN	NIVEL METODOLÓGICO A EMPLEAR
1. ENERGÍA			
1A. QUEMA DE COMBUSTIBLES FÓSILES			
1.A.1. Industrias de la energía			
<p>En el departamento de Cundinamarca, no existen centros de tratamiento de gas, refinerías, ni altos hornos.</p> <p>El carbón metalúrgico empleado en las coquerías y la leña consumida en las carboneras, no deben ser incluidas en este módulo dado que según consulta con expertos, estos sectores contemplan el empleo de dichos combustibles para transformarlos en combustibles secundarios mediante procesos físicos o químicos; algunos de ellos no emplean combustión y los que sí, son contabilizados en el Módulo de Procesos Industriales.</p> <p>Existen en la región 8 centrales de generación de energía eléctrica administradas en su totalidad por EMGESA. De estas, 7 son hidroeléctricas que no emplean combustibles fósiles en su actividad y la restante es una central térmica que funciona con carbón mineral. (información tomada de la página de EMGESA).</p>	<p>Si</p> <p>Nota: únicamente emisiones generadas por Centrales Térmicas.</p>	<p>EMGESA – Informe anual de responsabilidad social.</p>	<p>Se conoce la cantidad de combustible empleada en el año 2008 por las centrales térmicas, reportado directamente por estas.</p> <p>No se tiene factor de emisión específico para la región o el país por lo tanto la metodología a emplear será:</p> <p>Metodología de Nivel 1.</p> <p>Bottom up</p>

DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD EN CUNDINAMARCA.	Categoría existente en Cundinamarca (Si/No)	FUENTE DE INFORMACIÓN	NIVEL METODOLÓGICO A EMPLEAR
1. ENERGÍA			
1A. QUEMA DE COMBUSTIBLES FÓSILES			
1.A.2. Industria manufacturera y construcción			
<p>La actividad de la industria manufacturera es en Cundinamarca la rama económica mas representativa, aporta el 25% del PIB departamental En la industria los municipios con mayores participaciones son: Soacha (25,9%), Madrid (7,1%), Mosquera (6,2%), Girardot (5,3%), Tenjo (5,1%) y Funza (4,9%). Dentro de las principales industrias se destacan: productos agroindustriales, productos químicos y productos de metalmecánica.</p> <p>Con relación al nivel nacional, el PIB de Cundinamarca le aporta cerca del 5,23%, lo que constituye la quinta economía regional en importancia en el país después de Bogotá, Antioquia, Valle y Santander.</p> <p>(Información tomada de la publicación: "Estadísticas de Cundinamarca 2010" de la Gobernación de Cundinamarca).</p>	Si	<p>UPME Unidad de Planeación Minero Energética: Balance Energético Nacional de Colombia 2008 (versión actualizada y revisada).</p> <p>DANE: Departamento Administrativo Nacional de Estadística - Dirección de Síntesis y Cuentas Nacionales – Cuentas nacionales y departamentales Valor agregado, por ramas de actividad económica, a precios corrientes año 2008 (actividades industriales).</p> <p>CAR: Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca. Inventarios departamentales de contaminantes criterio (años 2008, 2009, 2010)</p>	<p>Se cuenta con información sobre consumos de combustibles en aproximadamente el 80% de las industrias manufactureras de Cundinamarca (CAR); sin embargo, se requiere hacer un ajuste para abarcar el 100% de industrias; para esto se cuenta con información sobre consumos en el sector a nivel nacional (UPME), y se puede realizar una aproximación empleando los valores de valor agregado nacional y departamentales (DANE).</p> <p>No se poseen factores de emisión locales, se emplean por defecto ICPP; por lo tanto la metodología a emplear será:</p> <p>Metodología de Nivel 1.</p> <p>Top Down</p> <p>Se hará un ejercicio de comparación por metodología de Nivel 1. Bottom up empleando los datos de la CAR</p>

DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD EN CUNDINAMARCA.	Categoría existente en Cundinamarca (Si/No)	FUENTE DE INFORMACIÓN	NIVEL METODOLÓGICO A EMPLEAR
1. ENERGÍA			
1A. QUEMA DE COMBUSTIBLES FÓSILES			
1.A.3. Transporte			
<p>La actividad del transporte junto con almacenamiento y comunicaciones, en Cundinamarca aporta el 4.6% del PIB departamental. (Información tomada de la publicación: “Estadísticas de Cundinamarca 2010” de la Gobernación de Cundinamarca).</p> <p>Según información sobre reportes del parque automotor del Ministerio de Transporte, en Cundinamarca representa aproximadamente el 9% del parque automotor de Colombia. En cuanto a consumo de combustible, se distribuye gasolina y diesel y gas natural vehicular.</p> <p>El gas natural, según información de reportada por CREG (Comisión de Regulación de Energía Gas) es distribuido en Cundinamarca por las siguientes empresas: Alcanos de Colombia, Gas Natural Cundiboyacense, Gas natural S.A, Llanogas y Medigas.</p>	Si	<p>CREG (Comisión de Regulación de Energía Gas): Suministro de GNV por departamento, por distribuidor.</p> <p>la UPME (Unidad de Planeación Minero Energética): Estadísticas sobre ventas de combustibles líquidos por departamento, calculados a partir de la sobretasa cobrada a los combustibles</p>	<p>Se cuenta con información sobre consumos de combustibles para el sector transporte para cada departamento.</p> <p>No se poseen factores de emisión locales, se emplean por defecto IPCC.</p> <p>Por lo tanto la metodología a emplear será:</p> <p>Metodología de Nivel 1.</p> <p>Bottom Up</p>

DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD EN CUNDINAMARCA.	Categoría existente en Cundinamarca (Si/No)	FUENTE DE INFORMACIÓN	NIVEL METODOLÓGICO A EMPLEAR
1. ENERGÍA			
1A. QUEMA DE COMBUSTIBLES FÓSILES			
1. A.4. Comercial y público			
<p>Las actividades de comercio al por mayor y al por menor, reparación de vehículos automotores, motocicletas, efectos personales y enseres doméstico, en Cundinamarca aportan el 6.8% del PIB departamental.. Los municipios que mayor participación presentaron fueron: Soacha (18,8%), Facatativá (6,3%), Fusagasugá (5,5%), Chía (4,9%) y Zipaquirá (4,4%). Es de resaltar que la importancia del comercio se presenta en los municipios con mayor población. (Información tomada de la publicación: “Estadísticas de Cundinamarca 2010” de la Gobernación de Cundinamarca).</p> <p>En cuanto a consumos de combustibles, se reporta para este sector el empleo de gas natural, petróleo, diesel oil, fuel oil y gasolina.</p>	Si	<p>Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios: Consumo gas natural no residenciales (comercial por departamento, por empresa) reportado por el SUI (sistema de información de la súperintendencia de servicios públicos).</p> <p>UPME Unidad de Planeación Minero Energética: Balance Energético Nacional de Colombia 2008 (versión actualizada), para otros combustibles.</p> <p>DANE: Departamento Administrativo Nacional de Estadística - Dirección de Síntesis y Cuentas Nacionales – Cuentas nacionales y departamentales Valor agregado, por ramas de actividad económica, a precios corrientes año 2008 (actividades comerciales).</p>	<p>Para consumo de gas natural se tiene consumo por departamento (SUI) y factores de emisión por defecto IPCC:</p> <p>Metodología de Nivel 1.</p> <p>Bottom Up</p> <p>Para los demás combustibles se cuenta con información sobre consumos en el sector a nivel nacional (UPME), y se puede realizar una aproximación empleando los valores de valor agregado nacional y departamentales (DANE).</p> <p>No se poseen factores de emisión locales, se emplean por defecto IPCC:</p> <p>Metodología de Nivel 1.</p> <p>Top Down</p>

DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD EN CUNDINAMARCA.	Categoría existente en Cundinamarca (Si/No)	FUENTE DE INFORMACIÓN	NIVEL METODOLÓGICO A EMPLEAR
1. ENERGÍA			
1A. QUEMA DE COMBUSTIBLES FÓSILES			
1. A.5. Residencial			
<p>Según cálculos del DANE, en el año 2008, la población de Cundinamarca se situó en 2.397.511 habitantes. En Cundinamarca, 4,5% de los hogares utilizan vela, 0,4% se alumbran con kerosene, petróleo y/o gasolina, 95% utilizan energía eléctrica y 0,06% hogares energía solar y/o bioenergía. Hay que resaltar que en la zona urbana del municipio de Soacha 104 viviendas utilizan energía solar y/o bioenergía para el sistema de alumbrado. Del total de viviendas sisbenizadas, el 87,6% de la zona urbana tienen cobertura de acueducto, el 86% alcantarillado, el 98,9% energía eléctrica, el 96,7% cuenta con recolección de basuras, el 41,7% telefonía fija y el 27,5% cobertura de gas natural. En la zona rural, el 46,8% de las viviendas tienen cobertura de acueducto, el 16,2% alcantarillado, el 89,1% energía eléctrica, el 22% cuentan con recolección de basuras, el 6,9% telefonía fija y el 1,2% cobertura de gas natural. Del total de viviendas de Cundinamarca el 56,3% se encuentran ubicadas en las zonas urbanas de los municipios. (Información tomada de la publicación: "Estadísticas de Cundinamarca 2010" de la Gobernación de Cundinamarca).</p>	Si	<p>Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios: datos de suministro de gas natural y GLP al sector residencial por departamento reportados por el SUI (sistema de información de la súperintendencia de servicios públicos).</p> <p>UPME Unidad de Planeación Minero Energética: Balance Energético Nacional de Colombia 2008 (versión actualizada y revisada), para otros combustibles.</p> <p>DANE: Departamento Administrativo Nacional de Estadística: estimaciones de población 1985 - 2005 y proyecciones de población 2005 - 2020 total departamental por área..</p>	<p>Para consumo de gas natural se tiene consumo por departamento (SUI) y factores de emisión por defecto IPCC:</p> <p>Metodología de Nivel 1.</p> <p>Bottom Up</p> <p>Para los demás combustibles se cuenta con información sobre consumos en el sector a nivel nacional (UPME), y se puede realizar una aproximación empleando los valores de valor agregado nacional y departamentales (DANE).</p> <p>No se poseen factores de emisión locales, se emplean por defecto IPCC:</p> <p>Metodología de Nivel 1.</p> <p>Top Down</p>

DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD EN CUNDINAMARCA.	Categoría existente en Cundinamarca (Si/No)	FUENTE DE INFORMACIÓN	NIVEL METODOLÓGICO A EMPLEAR
<p>2. PROCESOS INDUSTRIALES</p> <p><u>Procesos industriales:</u> En este módulo, el IPCC contemplan serie de industrias que dentro de su proceso de transformación de materias primas en productos finales, generan GEI, las cuales se listan en la figura 2 del presente documento. La mayoría de dichas las industrias son inexistentes en el país y/o en el departamento de Cundinamarca</p> <p>Para el departamento de Cundinamarca, las empresas existentes generadoras de GEI por procesos industriales, se reducen al sector de la industria de los minerales, con la producción de cemento y vidrio y dentro de la categoría de productos químicos, la producción de coque.</p> <p>La producción de cemento se realiza en las siguientes plantas: Santa Rosa de cemento en la Calera bajo la razón social de cementos Samper, la planta ubicada en Cogua bajo la razón social de cementos Diamante S.A., una planta de cementos Titan S.A. en Cota y la planta de Argos en Cajica. Según datos de producción reportados por el DANE, la participación de Cundinamarca en la producción Nacional es en promedio del 4,7%.</p> <p>La producción de vidrio, se encuentra ubicada la en Cogua en la productora de vidrio plano de O-I Peldar, compañía que hace parte de la multinacional Owen-Illinois, la planta es la única en el país que produce vidrio plano. Según reporta O-I Peldar en la planta de Cogua usan de un 26% a un 30 % de vidrio reciclado, 22 % producto interno y un 4% de vidrio reciclado que se compra en la calle.</p> <p>Adicionalmente en se anota que en Cundinamarca se realiza producción de ladrillo (bloque), tubos y tejas; sin embargo a partir de materias primas que no poseen carbonatos y por lo tanto no existen emisiones de CO2 por proceso en esta categoría.</p>	<p>Si</p> <p>Únicamente: Producción de cemento, vidrio y coque.</p>	<p>DANE: Departamento Administrativo Nacional de Estadística: Encuesta anual manufacturera.</p>	<p>Información sobre producción reportada por el DANE por departamento y factores de emisión por defecto IPCC</p> <p>Metodología de Nivel 1</p> <p>Bottom Up</p>

DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD EN CUNDINAMARCA.	Categoría existente en Cundinamarca (Si/No)	FUENTE DE INFORMACIÓN	NIVEL METODOLÓGICO A EMPLEAR
2. PROCESOS INDUSTRIALES			
<p><u>Uso de Productos Sustitutos de las Sustancias que Agotan la Capa de Ozono:</u> Los hidrofluorocarbonos (HFC) y, en una medida muy limitada, los perfluorocarbonos (PFC), sirven como alternativas a las sustancias que agotan la capa de ozono (SAO) que están siendo retiradas de circulación en virtud del Protocolo de Montreal. Las áreas principales de aplicación para los HFC y los PFC como sustitutos de las SAO son: refrigeración y aire acondicionado; extinción de incendios y protección contra explosiones; propulsores; solventes; limpieza con solventes; soplado de espumas; otras aplicaciones (equipos de esterilización, las aplicaciones en la expansión del tabaco, el decapado por plasma de las pastillas electrónicas -PFC-116- y como solventes en la fabricación de adhesivos, revestimientos y tintas). En Colombia el sustituto SAO de mayor importación es el HFC-134A, este refrigerante constituye el 99% de importaciones totales nacionales en cuanto a sustitutos SAO. El HFC-134a es usado en refrigeración doméstica, refrigeración comercial, procesamiento de alimentos, refrigeración industrial, transporte refrigerado, aire acondicionado portátil, chillers enfriados por aire, chillers enfriados por agua y aire acondicionado móvil.</p>	Si	<p>FEDEGAN: Información sobre Bovinos del Inventario por departamentos año 2008.</p> <p>SECRETARIA DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL DE CUNDINAMARCA: Demás categorías pecuarias (búfalos, ovejas, cabras, caballos</p> <p>mulas y asnos, cerdos, aves de corral) de las estadísticas pecuarias año 2008.</p>	<p>Se cuenta con información sobre número de cabezas de cada categoría pecuaria a nivel departamental y valores locales (propios) de factores de emisión para categoría bovina y por defecto para las demás categorías.</p> <p>Para (búfalos, ovejas, cabras, caballos</p> <p>mulas y asnos, cerdos, aves de corral:</p> <p>Metodología de Nivel 1</p> <p>Bottom up</p> <p>Para bovinos:</p> <p>Metodología de Nivel 2</p> <p>Bottom up</p>

DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD EN CUNDINAMARCA.	Categoría existente en Cundinamarca (Si/No)	FUENTE DE INFORMACIÓN	NIVEL METODOLÓGICO A EMPLEAR
3. AGRICULTURA			
3.1. Fermentación entérica			
<p>Las actividades agropecuarias son desempeñadas aproximadamente por un 34,4% de la población del Departamento que disponen de una superficie de suelo rural equivalente a 2.209.132 hectáreas de los cuales, en promedio, el 9,2% se dedica a usos agrícolas, el 72% a usos pecuarios, un 15,8% a bosques y el 2,9% a otros usos. La rama de actividad pecuaria está comprendida básicamente por las siguientes subramas: explotación bovina con una participación del 78.5%, y la explotación avícola con el 15.3%. Dentro de la actividad bovina la explotación lechera es la más importante y alcanza el 53% de dicha actividad, además de la producción de carne. (Información tomada de la publicación: "Estadísticas de Cundinamarca 2010" de la Gobernación de Cundinamarca).</p>	Si	<p>FEDEGAN: Información sobre Bovinos del Inventario por departamentos año 2008.</p> <p>SECRETARIA DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL DE CUNDINAMARCA: Demás categorías pecuarias (búfalos, ovejas, cabras, caballos</p> <p>mulas y asnos, cerdos, aves de corral) de las estadísticas pecuarias año 2008.</p>	<p>Se cuenta con información sobre número de cabezas de cada categoría pecuaria a nivel departamental y valores locales (propios) de factores de emisión para categoría bovina y por defecto para las demás categorías.</p> <p>Para (búfalos, ovejas, cabras, caballos</p> <p>mulas y asnos, cerdos, aves de corral:</p> <p>Metodología de Nivel 1</p> <p>Bottom up</p> <p>Para bovinos:</p> <p>Metodología de Nivel 2</p> <p>Bottom up</p>

DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD EN CUNDINAMARCA.	Categoría existente en Cundinamarca (Si/No)	FUENTE DE INFORMACIÓN	NIVEL METODOLÓGICO A EMPLEAR
3. AGRICULTURA			
3.2. Manejo del estiércol			
<p>Según información recopilada a través de encuestas aplicadas a 41 UMATAS del departamento, los sistemas de manejo de estiércol comúnmente empleados en la región, son el abonado diario, praderas y pastizales, compostaje y almacenamiento sólido, y camas profundas (mayoritariamente para cerdos).</p> <p>El abonado diario consiste en sacar diariamente el estiércol de las instalaciones de confinamiento y se aplica a tierras de cultivo o pasturas dentro de las 24 horas de su excreción; el sistema praderas y pastizales consiste en dejar el estiércol de los animales en pasturas o prados sin gestionarse; el compostaje y almacenamiento sólido para emplearlo como abono orgánico; camas profundas que consiste en que a medida que el estiércol se acumula se agrega constantemente material de cama para absorber la humedad durante un ciclo de producción. En menor medida también se emplean biodigestores para el tratamiento del estiércol principalmente para porcinos.</p>	Si	<p>FEDEGAN: Información sobre Bovinos del Inventario por departamentos año 2008.</p> <p>SECRETARIA DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL DE CUNDINAMARCA: Demás categorías pecuarias (búfalos, ovejas, cabras, caballos mulas y asnos, cerdos, aves de corral) de las estadísticas pecuarias</p>	<p>Se cuenta con información sobre número de cabezas de cada categoría pecuaria a nivel departamental y valores por defecto de factores de emisión.</p> <p>Metodología de Nivel 1</p> <p>Bottom up</p>

DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD EN CUNDINAMARCA.	Categoría existente en Cundinamarca (Si/No)	FUENTE DE INFORMACIÓN	NIVEL METODOLÓGICO A EMPLEAR
3. AGRICULTURA			
3.3. Quema de residuos agrícolas			
Según información recopilada a través de encuestas aplicadas a 41 UMATAS del departamento, esta práctica se realiza únicamente para los residuos del cultivo de maíz.	Si	SECRETARIA DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL DE CUNDINAMARCA: producción anual de las estadísticas agrícolas año 2008.	Se cuenta con información sobre producción de maíz a nivel departamental y valores por defecto de factores de emisión y demás requeridos en el cálculo. Metodología de Nivel 1 Bottom up

3.4. Quema prescrita de sabanas			
En general, los ganaderos consideran que la quema es una práctica útil, mediante la cual se destruye el material vegetal lignificado y de mala calidad y se estimula el rebrote de las plantas, mejorando su calidad y consumo por los animales. Según información recopilada a través de encuestas aplicadas a 41 UMATAS del departamento, esta práctica se realiza en pocas zonas, siendo una práctica difícil de cuantificar y poco significativa en la región. Se determina que esta práctica es ampliamente realizada en aquellas zonas eminentemente agropecuarias del país (Llanos Orientales principalmente) y que el valor empleado para elaborar los inventarios nacionales corresponde únicamente a estas zonas. Por lo anterior, esta categoría no se cuantifica dentro del Inventario.	No	NA	NA

DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD EN CUNDINAMARCA.	Categoría existente en Cundinamarca (Si/No)	FUENTE DE INFORMACIÓN	NIVEL METODOLÓGICO A EMPLEAR
3. AGRICULTURA			
3.5. Suelos agrícolas			
<p>Dentro de esta categoría se tienen cuenta el uso de fertilizantes en la región, el cual se considera importante teniendo en cuenta que el total de área con destinación agrícola en Cundinamarca corresponde aproximadamente al 6% del total nacional, encontrándose en el sexto departamento con mayor uso agrícola (encuesta anula agropecuaria). En cuanto a la actividad pecuaria, Cundinamarca aporta el 5,77% del inventario bovino nacional (ocupando un sexto lugar), lo cual es relevante en términos de aporte de Nitrógeno al suelo por el estiércol del ganado (Encuesta anual agropecuaria 2008, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y Corporación Colombia Internacional CCI)</p> <p>Por otra parte, en lo referente al área cultivada en suelos histosoles se encuentra que el departamento cuenta con un área significativa de este tipo de suelos, en su mayoría no cultivados; sin embargo es importante tener en cuenta el área cultivada, por ser un aporte importante a las emisiones directas de N₂O por suelos agrícolas.</p>	Si	<p>ICA: consumo de fertilizantes sintéticos a nivel nacional, documento "Comercialización de fertilizantes y acondicionadores de suelos 2008"</p> <p>Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural - Dirección de Política Sectorial - Grupo de Sistemas de Información y la Secretaría de Agricultura y desarrollo rural del departamento: Estadísticas agrícolas 2008.</p> <p>IGACC: Documento estudio de suelos de Cundinamarca, capítulo 5, Génesis y taxonomía de los suelos.</p> <p>IDEAM: subdirección de Ecosistemas, Unidades de coberturas de la tierra para la leyenda nacional, escala 1:100.000, de acuerdo con la metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia.</p>	<p>Se cuenta con Información de uso de fertilizantes a nivel nacional; los factores de emisión y demás factores se toman por defecto del IPCC.</p> <p>Metodología de Nivel 1</p> <p>Top Down</p> <p>Se cuenta con información sobre área de cultivos en suelos histosoles en el departamento; los factores de emisión y demás factores se toman por defecto del IPCC.</p> <p>Metodología de Nivel 1</p> <p>Bottom Up</p>

DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD EN CUNDINAMARCA.	Categoría existente en Cundinamarca (Si/No)	FUENTE DE INFORMACIÓN	NIVEL METODOLÓGICO A EMPLEAR
4. TRATAMIENTO DE RESIDUOS			
4.1. Disposición de residuos sólidos (en tierra)			
<p>El departamento de Cundinamarca, cuenta con 117 municipios (Incluida Bogotá D.C) y una población aproximada en sus cabeceras municipales de 9.288.868 habitantes que en el año 2008 produjeron aproximadamente 9.156 ton/día, representado el 29% de la producción de residuos sólidos del país. En el año 2008, 109 de los municipios dispusieron sus residuos en sistemas de relleno sanitario, donde se depositó el 99,74% del total de residuos sólidos del departamento, incluyendo la producción de Bogotá como ciudad capital (81,8% del total). Tres municipios dispusieron en 3 plantas integrales un total del 2,7 ton/día que corresponde al 0,03% de la producción departamental. Por otra parte, 4 municipios dispusieron inadecuadamente el 0,23% de la producción del departamento (19,92 ton/día) en 4 botaderos y 1 municipio en 1 enterramiento (1 ton/día).</p> <p>Los rellenos sanitarios para la disposición final de los residuos generados en Bogotá- Cundinamarca son 3 rellenos regionales en Cundinamarca: Doña Juana, Nuevo Mondoñedo y Praderas del Magdalena; 3 rellenos locales ubicados en Chocotá, Cucunuba, Villapinzón (Cundinamarca); y 3 rellenos sanitarios fuera de la región: rellenos sanitarios Don Juanito (Meta), La Doradita (Caldas) y Garagoa (Boyacá).</p> <p>El Relleno Sanitario Nuevo Mondoñedo, ubicado en Bojacá, atiende a 76 municipios y recibe en promedio 1301,41 ton/día. El Parque Ecológico Praderas del Magdalena atiende 22 municipios y recibe un promedio de 294,54 ton/día de residuos sólidos, está ubicado a 13.5 Kilómetros del casco urbano de Girardot. El 23 de diciembre de 2008, el MAVDT aprobó el proyecto MDL: Captura y combustión de biogás en el relleno sanitario Parque Ecológico Praderas del Magdalena de Girardot.</p> <p>Tomado y adaptado de: Superintendencia de Servicios Público, Situación de la disposición final de residuos sólidos en Colombia – diagnóstico 2009.</p>	Si	Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca – CAR – Subdirección de Desarrollo Ambiental Sostenible: información de cantidad de residuos dispuestos en cada uno de los rellenos del departamento	<p>Metodología de Nivel 1</p> <p>Bottom up</p>

2. CÁLCULO DE EMISIONES GEI PARA CUNDINAMARCA AÑO 2008

A continuación se describe para cada una de las categorías de fuente existentes en Cundinamarca, el procedimiento seguido para efectuar el cálculo de las emisiones en cada uno de los módulos del Inventario. Es importante mencionar que no se realizó el cálculo de emisiones del Módulo de Uso y cambio en el uso del suelo dado que no se cuenta con la información suficiente para su cálculo desagregada a nivel regional; en ese sentido únicamente se contemplan las emisiones dentro de los módulos de Energía, Procesos industriales, Agricultura y Residuos.

Para esta descripción se elaboraron cuadros explicativos por cada categoría, con el objetivo de contar con una herramienta que sirva de guía para la revisión de los cálculos realizados para el año 2008 y que a la vez sea representativa para efectuar la estimación de las emisiones en años posteriores y para otras regiones del país.

Los cuadros incluyen la descripción de forma pormenorizada del el paso a paso del cálculo (según lineamientos metodológicos del IPCC 1996), las fuentes de información, los factores de emisión empleados, los resultados y la forma de diligenciamiento de la hoja de cálculo, teniendo en cuenta que cada cuadro está ligado a una hoja de trabajo que se presenta debidamente referenciada como anexo del presente documento en archivos en Excel (uno por módulo). En el anexo 1 se presentan las tablas con los factores de emisión empleados en cada módulo.

2.1 MÓDULO DE ENERGÍA

CUADRO 1: METODOLOGÍA PARA LA ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES DE CO₂ POR QUEMA DE COMBUSTIBLES

CATEGORÍA:	EMISIONES DE CO₂ POR QUEMA DE COMBUSTIBLES
METODOLOGÍA:	CATEGORÍA DE FUENTES NIVEL 1
HOJAS DE TRABAJO:	1-2
ECUACIÓN GENERAL DEL MÉTODO:	
$Emisiones\ de\ CO_2 = \sum_{Todas\ las\ categorías} \left[\left((Cons.aparente * F.Con. * F.Em. * 10^{-3}) - C\ almacenado \right) * C\ no\ oxidado * 44 \right]$	
DESCRIPCIÓN DE VARIABLES	
<p>Cons.aparente = Consumo aparente de combustible: Cantidad de combustible (m³, Tcal, J, MJ, GJ, TJ) consumido en la región para cada uno de los siguientes sectores:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Industrias de la energía: Centrales térmicas • Industria manufacturera y construcción: Alimentos, bebidas y tabaco; textil y confecciones; calzado y cueros; maderas y muebles; papel e imprenta; químicos; cemento; piedras, vidrio y cerámicas; hierro, acero y no ferrosos; maquinaria y equipos; otros. • Transporte: Pasajeros privado interurbano, pasajeros privado urbano, pasajeros público urbano, pasajero público interurbano, pasajero público urbano, carga urbana, carga interurbana y ferroviario. • Comercial y público. • Residencial: Cocción, iluminación, agua caliente, nevera, aire acondicionado 	

- Agricultura y minería: Tractores, secado de granos, procesamiento agrícola, riego, fumigación, otros

Factor de conversión:

F.Em. = Factor de emisión: Variable empleada para convertir el consumo aparente en contenido de carbono Tonelada de carbón / Terajulio (t C / TJ)

C almacenado = Carbono almacenado Giga gramos de carbón (Gg C), combustible que no se quema para obtener energía calorífica y es empleado como materia prima para la fabricación de productos o en actividades sin finalidad energética (por ejemplo asfalto para la pavimentación de carreteras), en que no ocurre oxidación (emisiones) de carbono. Este combustible se descuenta del cálculo de las emisiones de carbono.

C no oxidado = Fracción de carbono oxidado Adimensional. Fracción que se emplea para tener en cuenta la fracción de carbono no oxidado.

ETAPAS DE CÁLCULO (según pasos definidos por el IPCC 1996, libro de trabajo módulo de energía págs. 1-20)

Paso1: Estimación del consumo de combustible por sector.

➤ Fuente de datos y procesamiento de datos:

- Industrias de la energía (centrales térmicas): Metodología *Bottom up - Nivel 1*: El consumo de combustibles se tomó de información reportada por EMGESA S.A. E.S.P. (administradora de las centrales existentes en la región) en su Informe de sostenibilidad 2008.
- Industria manufacturera: Metodología *Top Down – Nivel 1*: Se empleó información del Balance Energético Nacional de Colombia 2008 (versión actualizada y revisada) generado por la UPME (Unidad de Planeación Minero Energética) y los datos de valor agregado, por ramas de actividad económica, a precios corrientes año 2008 (actividad C. industrias manufacturera) reportados por el DANE (Departamento Administrativo Nacional de Estadística) - Dirección de Síntesis y Cuentas Nacionales – Cuentas nacionales y departamentales; realizando el siguiente cálculo, que se sustenta en indicadores de intensidad energética por valor agregado, reportados en diferente literatura:

Consumo regional combustible i en el sector n =
$$\frac{\text{Consumo nacional combustible i en el sector n} \times \text{valor agregado regional sector n}}{\text{valor agregado sector n}}$$

Se realizó una aproximación *Bottom Up* empleando información de consumos por industria, según datos reportados para inventarios de emisiones de contaminantes criterio efectuados por la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca - CAR, este cálculo se realizó con el fin de tener datos comparativos y su metodología y resultados se detallan en el anexo 1 del presente documento.

- Transporte por carretera: Metodología *Bottom up - Nivel 1*: Se realizó el cálculo para diesel y gasolina con la información enviada por la UPME sobre ventas por departamento, calculado a partir de la sobre tasa cobrada a los combustibles líquidos. El cálculo para gas natural se realizó empleando información de ventas de GNV en el departamento reportada por CREG (Comisión de Regulación de Energía Gas).
- Comercial y público: Metodología *Top Down – Nivel 1*: El cálculo para gas natural se realizó empleando información de consumos no residenciales (comercial por departamento, por empresa) reportado por el SUI (sistema de información de la súper intendencia de servicios públicos) de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. Para los demás combustibles (PT, DO, FO, GL) se empleó información del Balance Energético Nacional de Colombia 2008 (versión actualizada y revisada) generado por la UPME (Unidad de Planeación Minero Energética) y los datos de valor agregado, por ramas de actividad económica, a precios corrientes año 2008 (actividad F. comercio, reparación, restaurantes y

hoteles) reportados por el DANE (Departamento Administrativo Nacional de Estadística) - Dirección de Síntesis y Cuentas Nacionales – Cuentas nacionales y departamentales; realizando el siguiente cálculo:

Consumo regional combustible i sector comercio = $\frac{\text{Consumo nacional combustible i sector comercio}}{\text{valor agregado regional comercio}}$

Valor agregado nacional comercio

- Residencial: El cálculo se realizó empleando los datos de suministro de gas natural y GLP al sector residencial por departamento reportados por el SUI (sistema de información de la súper intendencia de servicios públicos) de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. Para el consumo de Carbón Mineral, se tomó información reportada por la UPME en la publicación “Cadena del Carbón en Colombia” en donde se especifica que el consumo de carbón mineral en Colombia se distribuye tan solo en algunos departamentos, mostrando a Boyacá como el mayor consumidor (34%), seguido por Cundinamarca (22%), Valle del Cauca (19%), Antioquia (14%). De estos totales se estima en la misma publicación que el sector residencial consume cerca del 19,3%; así las cosas se realiza el siguiente estimativo para el sector doméstico en Cundinamarca, a partir del total consumido en el sector residencial según BEN de la UPME:

Consumo carbón mineral residencial Cundinamarca =
 Consumo total nacional carbón bituminoso * % consumo Cundinamarca * % consumo sector residencial

Para el consumo de gasolina se realizó una aproximación por consumo por habitante a partir del dato de consumo total en Colombia y de las estimaciones de población 1985 - 2005 y proyecciones de población 2005 - 2020 total departamental por área del DANE, así:

Consumo gasolina Cundinamarca = $\frac{\text{Consumo total gasolina nacional} * \text{Población departamento Cundinamarca}}{\text{Población total nacional}}$

Población total nacional

Hoja de trabajo 1-2: Los datos de consumo de cada combustible se digitan en la columna A de las hojas de cálculo 1-2 (1), 1-2 (2), 1-2 (3), 1.2 (4), 1-2 (5) correspondientes a cada sector listado anteriormente.

Paso 2: Conversión a una unidad común de energía

La información sobre consumo de combustibles para todos los sectores, se ingresó en la unidad de energía requerida para el cálculo: Terajulios; por lo tanto, no se emplea factor de conversión.

Hoja de trabajo 1-2: Introducir el valor de 1 en la columna B de las hojas de cálculo 1-2 (1), 1-2 (2), 1-2 (3), 1.2 (4), 1-2 (5)

Paso 3: Multiplicación por los factores de emisión de carbono:

- Fuente de datos:

Para el cálculo preliminar se emplearon los factores de emisión por defecto propuestos por el IPCC. Dichos factores se encuentran en la tabla 1-2 del Libro de Trabajo o en la tabla 1-4 del Manual de Referencia de las guías del IPCC versión 1996. (factores de emisión reportados para cada uno de los combustibles tenidos en cuenta en el método).

Hoja de trabajo 1-2: para cada una de las hojas de cálculo 1-2 (1), 1-2 (2), 1-2 (3), 1.2 (4), 1-2 (5), ingresar:

- Columna D: Ingresar el valor del factor de emisión para cada combustible (filas).
- Columna E: Multiplicar el consumo (columna C) por el factor de emisión (columna D) para obtener el contenido de carbono en toneladas de carbono (tC).
- Columna F: Multiplicar el contenido de carbón (columna E) por un factor de 10^{-3} para obtener el contenido de carbón en Giga Gramos de Carbono (Gg).

Paso 4: Cálculo del carbono almacenado

Este paso no fue calculado dado que según expertos de la UPME, el balance energético no incluye consumo de nafta, lubricantes y asfaltos para los sectores calculados pues dichos combustibles son empleados en su totalidad con fines no energéticos.

Las naftas son empleadas para la preparación de gasolinas (nafta craqueada) o para mezclas de gasolinas y materia prima en refinerías (nafta virgen), los asfaltos son empleados para construcción y conservación de vías, las bases lubricantes parafínicas para la fabricación de aceites de alto índice de viscosidad y las nafténicas para la fabricación de lubricantes a baja temperatura. Por tratarse de usos como materias primas, las cantidades consumidas de estos combustibles no fueron incluidas en el consumo industrial (paso 1) y por lo tanto, tampoco se realiza el cálculo del carbono almacenado.

Hoja de trabajo 1-2: No ingresar dato en las columnas G, H. En la columna I ingresar los valores del contenido de carbón en Gigagramos (columna F para cada sector), proseguir con el paso 5.

Paso 5: Corrección para dar cuenta del Carbono no oxidado

- Fuente de datos:

En la región ni en el país se ha efectuado algún estudio específico sobre la fracción de carbono oxidada en los combustibles colombianos; por lo tanto, se emplean los valores por defecto propuestos por el IPCC reportados en la Tabla 1-6 del Manual de Referencia.

Hoja de trabajo 1-2: Para cada una de las hojas de cálculo 1-2 (1), 1-2 (2), 1-2 (3), 1.2 (4), 1-2 (5) ingresar:

- Columna J: Ingresar la fracción del Carbono oxidada, valores por defecto propuesto por el IPCC
- Columna K: Realizar la multiplicación de las emisiones netas de Carbono (columna I) por la fracción del Carbono oxidada (columna J) para obtener las emisiones reales de Carbono.

6. Conversión a emisiones de CO₂

Para expresar los resultados como emisiones de CO₂ se emplea la constante que representa el cociente del peso molecular de CO₂ a C, que corresponde a 44/12.

Hoja de trabajo 1-2: Para cada una de las hojas de cálculo 1-2 (1), 1-2 (2), 1-2 (3), 1.2 (4), 1-2 (5) ingresar:

- Columna L: Realizar la multiplicación de las emisiones reales de Carbono (columna K) por el cociente 44/12 para obtener las emisiones de CO₂ por cada combustible (filas).

CUADRO 2: METODOLOGÍA PARA LA ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES DE CH₄ Y N₂O POR QUEMA DE COMBUSTIBLES, MÉTODO POR CATEGORÍA DE FUENTES

CATEGORÍA:	EMISIONES DE CH₄ y N₂O POR QUEMA DE COMBUSTIBLES
METODOLOGÍA:	Categoría de Fuentes NIVEL 1
HOJAS DE TRABAJO:	1-3
ECUACIÓN GENERAL DEL MÉTODO:	
$Emisión\ de\ GEI = \sum (FE_{ab} * Actividad_{ab})$	
DESCRIPCIÓN DE VARIABLES	
<p><u>Actividad_{ab}</u>: Cantidad de combustible (en m³, Tcal, J, MJ, GJ, TJ) consumido en el país para cada uno de los sectores mencionados en el cálculo para emisiones de CO₂</p> <p><u>FE_{ab}</u>: Variable empleada para convertir el consumo aparente en contenido de carbono, Tonelada de carbón/Terajulio (tC/TJ)</p>	
ETAPAS DE CÁLCULO (según pasos definidos por el IPCC 1996, libro de trabajo módulo de energía págs. 20 -30).	
<p>Paso 1: Estimación del consumo de combustible por sector</p> <p>➤ <u>Fuente de datos y procesamiento de información:</u></p> <p>Para estimar el consumo de combustible en cada sector, se tienen en cuenta los mismos criterios empleados para estimar el consumo de combustible en el cálculo de las emisiones de CO₂ por el método de categoría de fuente (ver cuadro 1, etapas de cálculo, paso 1).</p> <p>De acuerdo a los requerimientos del cálculo, para cada sector, es necesario agrupar el consumo de los combustibles de la siguiente forma:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Consumo de petróleo: en este grupo se suma el consumo de todos los combustibles fósiles líquidos tenidos en cuenta en el cálculo de CO₂ por el Método por Categoría de Fuente (paso 1): petróleo crudo, gasolina (Gasolina Motor), kerosene para aviones de reacción (Jet Fuel JP1A ó Turbocombustible), otros tipos de kerosene, gasóleo/fuelóleo (Diesel ó ACPM), fuelóleo residual (Fuel Oil), GLP, gas de refinería. • Consumo de gasolina: en este grupo se toma el consumo total de gasolina tenido en cuenta en el cálculo de CO₂ por el método por categoría de fuente (paso 1) para el sector transporte por carretera. • Consumo de diesel: en este grupo se toma el consumo total de diesel tenido en cuenta en el cálculo de CO₂ por el Método por Categoría de Fuente (paso 1) para el sector transporte por carretera. <p><u>Hoja de Trabajo 1-3:</u> Este paso corresponde al paso 1 (columnas 1 a 8), de la <i>Hoja 1-3 (1) Cund</i>. En esta hoja se introducen las cifras de consumo de cada combustible (en TJ) en los diferentes sectores (filas) como se indica a continuación:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Columna A1: Consumo de carbón en cada uno de los sectores (filas). • Columna A2: Consumo de gas natural en cada uno de los sectores (filas). • Columna A3: Consumo de petróleo, en cada uno de los sectores (filas), excepto para el sector transporte por carretera, donde se excluye el consumo de gasolina y diesel. • Columna A4: Consumo de gasolina para el sector transporte por carretera. • Columna A5: Consumo de diesel para el sector transporte por carretera. 	

Paso 2: Selección de los factores de emisión.➤ Fuente de datos:

Para el cálculo preliminar se emplearon los factores de emisión por defecto propuestos por el IPCC. Dichos factores se toman del Manual de Referencia de las guías del IPCC. Las tablas correspondientes para los dos gases se relacionan a continuación:

CH ₄	Tabla 1 – 7
N ₂ O	Tabla 1 –8

Estos factores de emisión están reportados para los siguientes tipos de combustible: Carbón, Gas natural, petróleo, madera/residuos de madera, carbón de leña, otros bituminosos y residuos.

Hoja de Trabajo 1-3: En cada una de las hojas 1-3 (2) CH₄ y 1-3 (2) N₂O (columnas B1 a B8 y D1 a D8 respectivamente) se introduce el factor de emisión por defecto propuesto para cada grupo de combustibles (columnas) y para cada sector (filas).

Paso 3: Estimación de las emisiones de cada tipo de gas.

Para estimar las emisiones de cada tipo de GEI, se efectúa la multiplicación del consumo de combustible en Terajulios (paso 1) por el factor de emisión correspondiente para cada gas, combustible y sector (paso 2).

Hoja de Trabajo 1-3: En cada una de las hojas 1-3 (3) CH₄ y 1-3 (3) N₂O (columnas C1 a C 8 y E1 a E8 respectivamente) se realiza la multiplicación del consumo de cada combustible en determinado sector, Hoja 1-3 (1), por el factor de emisión correspondiente de acuerdo al GEI que se esté calculando (paso 2).

CUADRO 3: METODOLOGÍA PARA LA ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES FUGITIVAS DE CH₄ POR ACTIVIDADES

CATEGORÍA:	EMISIONES FUGITIVAS DE CH₄ POR ACTIVIDADES DEL CARBÓN
METODOLOGÍA:	MÉTODO PROMEDIO GLOBAL
HOJAS DE TRABAJO:	1-6
ECUACIÓN GENERAL DEL MÉTODO:	
$Emisiones\ de\ CH_4\ (Gg) = Producción\ de\ carbón\ (10^6\ t) * Factor\ de\ emisión\ \left(\frac{m^3\ CH_4}{t\ carbón}\right)$ $* Factor\ de\ conversión\ \left(\frac{Gg\ CH_4}{10^6\ m^3\ CH_4}\right)$	
<p>Esta fórmula, se emplea por separado para las tres fuentes (minería a cielo abierto, minería subterránea, actividades de post – minería), dado que el factor de emisiones es diferente en cada caso. Las emisiones totales de CH₄, son el resultado de la suma de las emisiones en cada fuente.</p>	
DESCRIPCIÓN DE VARIABLES	
<p><u>Producción de carbón 10⁶ toneladas:</u> Producción de carbón en minas subterráneas y a cielo abierto</p> <p><u>Factor de emisión:</u> m³ CH₄ /t Carbón producido</p>	

DESCRIPCIÓN DE VARIABLES

Producción de carbón 10⁶ toneladas: Producción de carbón en minas subterráneas y a cielo abierto

Factor de emisión: m³ CH₄/t Carbón producido

ETAPAS DE CÁLCULO (según pasos definidos por el IPCC 1996, libro de trabajo módulo de energía págs. 1.26 a 1.29).

Paso 1: Estimación de la cantidad de carbón producido.➤ Fuente de datos:

Información de producción de carbón por departamento reportada por la UPME en el sistema de información minero. Por requerimientos del cálculo, es necesario contar con una clasificación de la producción de carbón en minas a cielo abierto y en minas subterráneas; por lo tanto se consultó el libro *Minería en Colombia* para determinar el sistema de producción en cada zona carbonífera. De esta revisión se determinó que el 100% de la producción de carbón en Cundinamarca corresponde a minería subterránea. Por lo tanto, previo al ingreso de los datos, se realizaron las siguientes actividades:

Hoja de trabajo 1-6: Columna A: Ingresar la cifra sobre producción de carbón en minería subterránea (filas 1 y 2).

Paso 2: Multiplicación por el factor de emisión.➤ Fuente de datos:

Debido a que en la región ni en el país no se cuenta con factores de emisión propios, se emplean los factores de emisión por defecto propuestos por el IPCC. Dichos factores se toman del Manual de Referencia de las guías del IPCC. Según la fuente, los factores de emisión son diferentes. Los factores de emisión por defecto, reportados en las guías del IPCC, son:

Fuente	Rango del factor
Minas subterráneas	(10 a 25) m ³ / tonelada
Post-minería subterránea	(0,9 a 4,0) m ³ / tonelada

Hoja de Trabajo 1-6:

- Columna B: Ingresar el factor de emisión de acuerdo al tipo de actividad. Estos factores son los propuestos por defecto por el IPCC.
- Columna C: Realizar la multiplicación de la cantidad de carbón producido (columna A) por el factor de emisión (columna B) para obtener las emisiones de metano en unidades de volumen (m³).

Paso 3: Multiplicación por el factor de conversión adecuado para obtener las emisiones de CH₄ en Gg.➤ Fuente de datos:

Se emplea un factor para convertir el volumen de metano (m³) a unidad de peso. Es la densidad del metano a 20° C y 1 atmósfera de presión. Se empleó el factor dado por las guías del IPCC en el Manual de Referencia: 0,67 Gg / 10⁶ m³

Hoja de Trabajo 1-6:

- Columna D: Ingresar el factor de conversión (densidad del metano).
- Columna E: Realizar la multiplicación de las emisiones de metano en unidades de volumen (columna C) por el factor de conversión (columna D) para obtener las emisiones de CH₄ en Gigagramos (Gg).

2.2 MÓDULO DE PROCESOS INDUSTRIALES

CUADRO 4: METODOLOGÍA PARA LA ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES DE GEI POR PROCESOS INDUSTRIALES

CATEGORÍA:	PROCESOS INDUSTRIALES
METODOLOGÍA:	NIVEL 1
HOJA DE TRABAJO:	2-1
ECUACIÓN GENERAL DEL MÉTODO:	
$\text{Emisiones GEI} = A_j * FE_{ij}$	
DESCRIPCIÓN DE VARIABLES	
<p>A_j : Unidad: Toneladas/año Definición: Producción anual en el sector industrial j; en donde los sectores y procesos considerados pueden ser: Productos Minerales no metálicos (Producción de Clinker y Cemento, Producción de Cal, Utilización de Piedra caliza y piedra dolomita, Producción de carbonato de Sodio, Usos de Carbonato de Sodio); Productos Químicos (Producción de Amoniaco, Producción de Ácido Nítrico, Producción de Ácido Adípico, Producción de Carburo de Silicio, Producción de Carburo de Calcio, Producción de Negro de Humo Producción de Estireno, entre otros); Producción de Metales (Producción de Hierro, Producción de Acero, Producción de Ferroníquel, Producción de Ferro-manganeso, Producción de Metal de Silicio, Producción de Aluminio, Producción de Estaño Níquel, Plomo, Zinc)</p> <p>Fe_{ij}: Unidades: Tonelada/tonelada Definición: Factor de emisión asociado con el gas i (CO₂, CH₄, N₂O) por unidad de actividad (producción) en el sector industrial j</p>	
ETAPAS DE CÁLCULO (según pasos definidos por el IPCC 1996, libro de trabajo módulo de procesos págs.2.3 a 2.5)	
<p>En esta categoría se calcula únicamente la producción de cemento, vidrio y coque. A continuación se describe el procedimiento y fuente de información en cada caso:</p> <p>Cemento: Para realizar este cálculo se emplea la hoja de trabajo 2-1 - Producción de cemento. A continuación se describen los pasos y las fuentes de información empleadas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Anotar en la columna A la cantidad la cantidad de cemento producido en Cundinamarca en el año 2008. Esta información se tomó de la encuesta anual manufacturera, publicada por el DANE en su página de internet. • Anotar en la columna B el factor de emisión de 0,4985 toneladas de CO₂ por tonelada de cemento producido. Este valor se toma por defecto de las guías IPCC, 1996. • Multiplicar la columna A por la columna B para obtener las emisiones de CO₂ en toneladas de CO₂, y anotar esa cifra en la columna C. • Dividir la columna C por 10³ para realizar la conversión en unidades de gigagramos de CO₂, y anotar el resultado en la columna D. 	

CUADRO 5: METODOLOGÍA PARA LA ESTIMACIÓN DE GEI POR UTILIZACIÓN SUSTITUTOS SAO

CATEGORÍA DE FUENTE: UTILIZACIÓN SUSTITUTOS SAO
METODOLOGÍA: NIVEL 1
HOJA DE TRABAJO: 2-3
ECUACIÓN GENERAL DEL MÉTODO:
Emisiones = Producido + Importado – Exportado – Destruído Refrigeración fija y móvil, espumas de poro abierto y de poro cerrado, extintores para incendios, aerosoles, solventes Principales HFC's: HFC-23, HFC-32, HFC-125, HFC-134 ^a , HFC-143 ^a , HFC-152 ^a , HFC-227ea, HFC-236fa, HFC-245fa, HFC-365mee, HFC-43-10mee. Principales PFC's: PFC-14, PFC-16, PFC-218
DESCRIPCIÓN DE VARIABLES
Cantidad de sustancia producida en el país (unidades de masa) Cantidad de sustancia importada en el país (unidades de masa) Cantidad de sustancia exportada en el país (unidades de masa) Cantidad de sustancia destruida en el país (unidades de masa)
ETAPAS DE CÁLCULO (según pasos definidos por el IPCC 1996, libro de trabajo módulo de procesos págs.2.20 a 2.25)
Para realizar este cálculo se emplea la hoja de trabajo 2-15 – Consumo de sustitutos SAO. A continuación se describen los pasos y las fuentes de información empleadas:
<ul style="list-style-type: none"> • Estimar la cantidad de sustitutos saos producidas en Colombia. En Colombia no se produce este tipo de sustancias. • En la columna B y C, estimar la cantidad anual de sustitutos SAO importada y exportada. Para esta variable se consultó la base de datos del comercio exterior del Ministerio de Comercio, Industria y Turismo de Colombia; BACEX, en la que desagregado por subpartida arancelaria se encuentra mes a mes la cantidad importada de cada SAOs, así como la razón social que lo recibe. La metodología que se siguió fue identificar las partidas arancelarias de cada uno de los SAOs, para obtener la cantidad importada de cada sustancia en el 2008, así como a razón social que la importa usando BACEX. Siendo necesario realizar un estimativo del consumo de estos sustitutos SAO en Cundinamarca, se realizó una aproximación Top Down, a partir de la información sobre importaciones a nivel nacional (BACEX), y los valores de PIB nacional y departamentales (DANE). • En la columna D, estimar el total anual de sustitutos saos destruido. Esta información se desconoce y por tal razón se asume un valor de 0. • Sumar las columnas A y B y restarlas columnas C y D y anotar el resultado en la columna E; esta cifra corresponde a las emisiones potenciales por uso de sustitutos SAO.

2.3 MÓDULO DE AGRICULTURA

CUADRO 6: METODOLOGÍA PARA LA ESTIMACIÓN DE EMISIONES DE METANO Y OXIDO NITROSO POR FERMENTACIÓN ENTÉRICA DEL GANADO DOMÉSTICO Y MANEJO DE ESTIÉRCOL

CATEGORÍA DE FUENTE: EMISIONES POR FERMENTACIÓN ENTÉRICA DEL GANADO DOMÉSTICO Y MANEJO DE ESTIÉRCOL
METODOLOGÍA: NIVEL 1
HOJA DE TRABAJO: 4-1
ECUACIÓN GENERAL DEL MÉTODO:
$E \text{ de } CH_4 = (FE * P) / (1000 \text{ Kg /Gg})$ $E \text{ de } N_2O = (N_{ex} * FE) * (44/28)/(1000000 \text{ Kg/Gg})$
DESCRIPCIÓN DE VARIABLES
<p>P = Número de animales, según siguiente clasificación: Ganado lechero, Ganado no lechero, Búfalos, Ovejas, Cabras, Caballos, Mulass y asnos</p> <p>FE = Factor de emisión (Kg GEI / animal / año), para fermentación entérica y manejo del estiércol</p> <p>N_{ex} = Nitrógeno Excretado ((Kg N/año). Se requiere conocer el tipo de manejo dado al estiércol</p> <p>FE = Factor de emisión (Kg N₂O–N/Kg N)</p>
ETAPAS DE CÁLCULO (según pasos definidos por el IPCC 1996, libro de trabajo módulo de agricultura págs.4.1 a 4.16)
<p>Paso 1: Estimación de las emisiones de metano procedentes de la fermentación entérica</p> <p>➤ Fuente de datos y procesamiento de datos:</p> <p>Metodología <i>Bottom up - Nivel 2</i>: Se utilizó la información sobre número de cabezas de ganado bovino suministrada por Federación Colombiana de Ganaderos FEDEGAN del Inventario por departamentos año 2008, y un factor de emisión para Cundinamarca, tomado de los calculados para realizar el Inventario Nacional del 2004 efectuado en el Marco de la Segunda Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático. (Inventario nacional, Capítulo 4, página 216, IDEAM 2010).</p> <p>Metodología <i>Bottom up - Nivel 1</i>: Para las demás categorías pecuarias (búfalos, ovejas, cabras, caballos, mulas y asnos, cerdos, aves de corral) se empleó información de la Secretaría de agricultura y desarrollo rural de Cundinamarca, de las Estadísticas pecuarias año 2008 y factor de emisión por defecto IPCC guías 1996 (volumen 4, tabla 4-2).</p> <p>Hoja de trabajo 4-1, Hoja 1:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Anotar en la columna A las cifras sobre número de cabezas de ganado para cada tipo de ganado. • Indicar en la columna B, para cada tipo de ganado, el Factor de Emisión medio en kilogramos por cabeza por año (que equivale a toneladas por mil cabezas por año) para fermentación entérica. Como se mencionó anteriormente, para ganado bovino se toma un dato regional y para las demás categorías valores por defecto del IPCC. • En la columna C, multiplicar el número de cabezas de ganado por los factores medios de emisión para obtener las emisiones procedentes de la fermentación entérica en toneladas por año.

- Indicar en la columna D, Para cada tipo de ganado, el factor de emisión correspondiente al manejo del estiércol en kilogramos por cabeza y año.
- En la columna E multiplicar el número de animales por el factor de emisión para el manejo del estiércol, para obtener las Emisiones Procedentes del Manejo del Estiércol en t/año.

Paso 3: Estimación de las emisiones de metano procedentes de la fermentación entérica y del manejo de estiércol

Hoja de trabajo 4-1, Hoja 1:

En la columna F, sumar las emisiones correspondientes a la Fermentación Entérica (columna C) y al Manejo del Estiércol (columna E) y dividir el resultado por 1.000 para expresarlo en gigagramos.

Paso 4: Estimación de las emisiones de oxido nitroso N₂O procedentes de los sistemas de manejo de estiércol

Para este cálculo se emplea la hoja de trabajo 4-1 adicional (que se repite tantas veces como sistemas de manejo de estiércol se empleen en la región) y la hoja de trabajo 4-1, hoja 2, A continuación se describe la forma como se diligencian y las fuentes de datos empleadas en cada caso:

Hoja de trabajo 4-1 adicional (denominada Nitrógeno excretado por sistema de manejo del estiércol):

- Indicar en la columna A el número de cabezas de ganado por las siguientes categorías: ganado lechero, ganado no lechero, ganado doble propósito, aves de corral, ovejas, cerdos, otros. Las fuentes de información para estos datos son las mismas descritas en el paso 1.
- En la columna B ingresar el dato del Nitrógeno Excretado, Nex, para cada tipo de animal descrito anteriormente. Los datos por defecto se presentan en la Tabla 4-6, volumen 4 del IPCC guías 1996.
- Indicar en la columna C la Fracción de nitrógeno en el estiércol para cada sistema de manejo del estiércol. Los valores por defecto se presentan en la Tabla 4-7, volumen 4 del IPCC guías 1996. Con el fin de realizar una revisión rápida de los sistemas de manejo de estiércol en Cundinamarca, y de otros prácticas agrícolas requeridos en el Módulo de agricultura que se irán especificando en el ítem correspondiente, se aplicó una encuesta al 35% de las unidades Municipales de asistencia técnica agropecuaria-UMATAS del Departamento (seleccionadas por ser las más representativas, ver anexo 2), en donde una de las preguntas abiertas hacía referencia a los sistemas de manejo de ganado bovino y cerdos. Dicha encuesta fue respondida por 28 municipios y las descripciones dadas sobre este aspecto permitieron definir que los sistemas de manejo propuestos por defecto por IPCC para América Latina son cercanos a la realidad de la región, razón por la cual se optó por emplear las fracciones de nitrógeno especificadas en la tabla Tabla 4-7. En el anexo 3 se presenta el consolidado de las respuestas a las diferentes preguntas realizadas en la encuesta.
- En la columna D multiplicar las columnas A, B, y C, y anotar los resultados.
- Sumar los valores en la columna D y anotar el total en la parte inferior de la columna para obtener el Nitrógeno Excretado para cada Sistema de Manejo del Estiércol, Nex_(SME), en kilogramos de N por año.

Hoja de trabajo 4-1, hoja 2

- En la columna A indicar para cada sistema de manejo del estiércol (lagunas anaeróbicas, sistemas de tipo líquido, abonado diario, almacenamiento sólido y parcelas secas, praderas y pastizales, otros) los valores del nitrógeno excretado $N_{ex(SME)}$ que aparecen en la casilla inferior de la columna D de cada Hoja de trabajo 4-1 adicional
- En la columna B, para cada tipo de sistema de manejo del estiércol, introducir el factor de emisión correspondiente a cada sistema de manejo del estiércol. Se emplearon los valores por defecto presentados en la Tabla 4-8, volumen 4 del IPCC guías 1996.
- En la columna C, multiplicar los valores de la columna A por los de la columna B y por la relación de conversión 44/28 para obtener el total anual de las emisiones de N_2O . Multiplicar el resultado final por 10^{-6} para expresarlo en Gigagramos.
- Sumar las cifras de la columna C e indicar el resultado en la casilla inferior de la columna.

Nota importante: En este cálculo se estima el Nitrógeno Excretado, N_{ex} , de todos los sistemas. Pero en esta sección solo se tiene en cuenta las emisiones de N_2O procedentes de los sistemas de tipo líquido, el almacenamiento sólido, las parcelas secas, y otros sistemas; las correspondientes al abonado diario y a praderas y pastizales se reflejan en el sub-módulo Suelos Agrícolas (Hoja de trabajo 4-5).

CUADRO 7: METODOLOGÍA PARA LA ESTIMACIÓN DE EMISIONES DE GEI POR QUEMA EN EL CAMPO DE RESIDUOS AGRÍCOLAS

CATEGORÍA DE FUENTE: QUEMA EN EL CAMPO DE RESIDUOS AGRÍCOLAS
METODOLOGÍA: NIVEL 1
HOJA DE TRABAJO: 4-4
DESCRIPCIÓN DE VARIABLES
Se requiere especificar cultivos de importancia local y para cada cultivo las variables listadas a continuación: <ul style="list-style-type: none"> • Producción anual (Ton cultivo) • Relación residuo – cultivo • Fracción de materia seca en el residuo • Fracción quemada en los campos • Fracción oxidada • Fracción de carbono en el residuo
ETAPAS DE CÁLCULO (según pasos definidos por el IPCC 1996, libro de trabajo módulo de agricultura págs.4.31 a 4.35)
<p>➤ Fuente de datos y procesamiento de datos:</p> <p><i>Bootm up – nivel 1:</i> Se aplicó una encuesta a 41 de las 116 UMATAS del departamento, las más representativas en términos de producción agrícola y área sembrada (ver anexo 2), se recibió respuesta de 25 de estas. Dentro de las preguntas, se incluyó una referente a la práctica de quema de residuos en campo y 15 de las 28 que respondieron, afirman que se realiza quema de residuos del cultivo de maíz; razón por la cual fue el único cultivo para el cual se realizó el cálculo. En el anexo 3 se puede consultar el resumen de las respuestas dadas por las 28 UMATAS. Los datos de producción se tomaron de la base de datos agrícola de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural de Cundinamarca. Los demás valores requeridos para el cálculo se tomaron de los suministrados por defecto por el IPCC. Para este cálculo se emplea la hoja de trabajo 4-4 y a continuación se detalla la forma como se diligencia y las fuentes de datos empleadas en cada caso.</p>

Hoja de trabajo 4-4:

Paso 1: Cálculo de la cantidad de residuos:

- Para cada tipo de cultivo, indicar en la columna A la producción anual en Gigagramos del producto. Se toma la información de producción anual de maíz reportada por la Secretaría de Desarrollo Rural y Agricultura.
- En la columna B anotar la relación residuos-cultivo para el cultivo de maíz. Se emplearon valores por defecto IPCC 1996, volumen 4 Tabla 4-15.
- En la columna C realizar la multiplicación de la Producción Anual de maíz por la relación de residuos-cultivo a fin, para obtener la cantidad de residuos de este cultivo.

Paso 2: Estimación de la cantidad de residuos secos:

- En la columna D anotar la fracción de materia seca para el de maíz cultivo. Se emplearon valores por defecto IPCC 1996, volumen 4 Tabla 4-15.
- En la columna E multiplicar la cantidad de residuos por la fracción de materia seca para obtener la cantidad de residuos secos en gigagramos de materia seca.

Paso 3: Estimación del total de biomasa quemada:

- En la columna F anotar la fracción quemada en el campo para cada el cultivo de maíz. Se emplearon valores por defecto IPCC 1996, volumen 4 Tabla 4-15.
- Anotar en la columna G la fracción oxidada correspondiente al cultivo de maíz. Se empleó un valor de 0,90 por defecto IPCC 1996.
- En la columna H multiplicar la Cantidad de residuos secos (columna E) por la fracción quemada en los campos (columna F) y por la fracción de biomasa oxidada (columna G) para obtener el total de biomasa quemada en Gigagramos de materia seca.

Paso 4: Cálculo del carbono total liberado:

- En la columna I introducir el valor de la fracción de carbono para el residuo del cultivo de maíz. Se empleó valor por defecto IPCC 1996, volumen 4 Tabla 4-15.
- En la columna J, multiplicar el total de biomasa quemada (columna H) por la fracción de carbono en el residuo (columna I) para obtener el total de carbono liberado en Gigagramos de carbono.

Paso 5: Estimación del total de nitrógeno liberado:

- Indicar en la columna K la relación de nitrógeno-carbono para el cultivo de maíz. Se empleó valor por defecto IPCC 1996, volumen 4 Tabla 4-15.
- En la columna L multiplicar el total del carbono liberado (columna J) por la relación nitrógeno-carbono (columna K) para obtener el total del nitrógeno liberado.

Paso 6: Estimación de las emisiones de gases distintos del CO₂

- En la columna M diligenciar las relaciones de emisión para CH₄, CO, N₂O, NO_x. Se emplearon valores por defecto IPCC 1996, volumen 4 Tabla 4-16.
- En la columna N multiplicar: el carbono liberado (columna J) por las relaciones de emisión para el CH₄ o el CO (columna M) para obtener las emisiones de carbono expresadas como metano y monóxido de carbono; y multiplicar el nitrógeno liberado (columna L) por las relaciones de emisión para el N₂O y los NO_x (columna M) para obtener las emisiones de nitrógeno expresadas como óxido nitroso y óxidos de nitrógeno.

Paso 5: Estimación del total de nitrógeno liberado:

- Indicar en la columna K la relación de nitrógeno-carbono para el cultivo de maíz. Se empleó valor por defecto IPCC 1996, volumen 4 Tabla 4-15.
- En la columna L multiplicar el total del carbono liberado (columna J) por la relación nitrógeno-carbono (columna K) para obtener el total del nitrógeno liberado.

Paso 6: Estimación de las emisiones de gases distintos del CO₂

- En la columna M diligenciar las relaciones de emisión para CH₄, CO, N₂O, NO_x. Se emplearon valores por defecto IPCC 1996, volumen 4 Tabla 4-16.
- En la columna N multiplicar: el carbono liberado (columna J) por las relaciones de emisión para el CH₄ o el CO (columna M) para obtener las emisiones de carbono expresadas como metano y monóxido de carbono; y multiplicar el nitrógeno liberado (columna L) por las relaciones de emisión para el N₂O y los NO_x (columna M) para obtener las emisiones de nitrógeno expresadas como óxido nitroso y óxidos de nitrógeno.
- En la columna P, para cada gas, multiplicar la relación de conversión en peso (columna O) con los resultados de la columna N, para obtener las emisiones procedentes de la quema de residuos agrícolas.

CUADRO 8: METODOLOGÍA PARA LA ESTIMACIÓN DE EMISIONES DE GEI POR SUELOS AGRÍCOLAS

CATEGORÍA DE FUENTE: SUELOS AGRÍCOLAS
METODOLOGÍA: NIVEL 1
HOJA DE TRABAJO: 4-5
RESUMEN DE VARIABLES
<ul style="list-style-type: none"> • Total de fertilizante sintético utilizado en el país (kg) • Producción de cultivos fijadores de nitrógeno (kg) • Fracción del nitrógeno quemado como combustible • Fracción del nitrógeno excretado durante el pastoreo • Fracción del Nitrógeno excretado emitido como NO_x y NH₃ • Producción de cultivos no fijadores de Nitrógeno (kg) • Fracción de nitrógeno de cultivos no fijadores de nitrógeno • Fracción del Nitrógeno en cultivos fijadores del Nitrógeno • Area cultivada en suelos agrícolas (ha) • Factores de emisión para los sistemas de manejo de estiércol, por deposición atmosférica, y por lixiviación (kg N₂O–N/kg N)
ETAPAS DE CÁLCULO (según pasos definidos por el IPCC 1996, libro de trabajo módulo de agricultura págs.4.35 a 4.45)
<p>Para este cálculo se emplea la hoja de trabajo 4-5 Suelos agrícolas. A continuación se describe cada uno de los pasos y las fuentes de información empleadas.</p> <p>Paso 1: Cantidad del aporte de nitrógeno</p> <ul style="list-style-type: none"> • En la columna A (fila 1) , hoja 1 de 5, se debe introducir el total de fertilizante sintético, F_{SN}, utilizado en Cundinamarca, excluyendo las emisiones de NH₃ y NO_x; para lo cual se emplea la ecuación siguiente: $F_{SN} = N_{FERT} \times (1 - \text{Frac}_{GASF})$

En donde N_{FERT} es el total de fertilizante sintético utilizado en la región (kg N/año). Para esta información se realizó una aproximación *Top Down* tomando como información base el consumo de fertilizantes sintéticos a nivel nacional en el año 2008 reportado por el ICA en su documento “Comercialización de fertilizantes y acondicionadores de suelos 2008”, el total de área sembrada en cultivos en Colombia y el área total sembrada en cultivos en Cundinamarca. Los datos sobre área sembrada se tomaron de información reportada por Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural - Dirección de Política Sectorial - Grupo de Sistemas de Información y la Secretaría de Agricultura y desarrollo rural del departamento.

$Frac_{GASF}$ es la fracción del total de nitrógeno del fertilizante sintético que se emite como $NO_x + NH_3$ (kg N/kg N). Dicho valor se tomó por defecto del las guías IPCC 1996, volumen 4 Tabla 4-17.

- En la columna A (fila 2), hoja 1 de 5, se introduce el nitrógeno procedente del estiércol (F_E). Para realizar este cálculo se emplea la hoja de trabajo adicional 4-5A ADICIONAL, empleando la siguiente fórmula:

$$F_E = (N_{ex} (1 - (Frac_{COMB} + Frac_{PAST} + Frac_{GASM})))$$

N_{ex} es el nitrógeno excretado por los animales en el país, calculado en el paso 4 de la hoja de trabajo 4-1 (excepto el generado por pastoreo de animales, que se tiene en cuenta posteriormente y los sistemas de tipo líquido que se contempla en el ítem sobre manejo de estiércol). Las fracciones $Frac_{COMB}$, $Frac_{PAST}$ y $Frac_{GASM}$ respectivamente hacen referencia a: fracción del nitrógeno excretado por el ganado contenido en el estiércol que se quema como combustible (kg N/kg N excretado); fracción del nitrógeno excretado por el ganado y depositado en el suelo durante el pastoreo (kg N/kg N); fracción del total del nitrógeno excretado que se emite como NO_x o NH_3 (kg N/kg N). Estas fracciones se tomaron por defecto del las guías IPCC 1996, volumen 4 Tabla 4-17.

- En la columna A (fila 3), hoja 1 de 5, se introduce aporte de nitrógeno de los cultivos fijadores del nitrógeno (F_{BN} , kg N biomasa seca/año) el cual se calcular a partir de la producción de legumbres en el Departamento empleando la siguiente ecuación:

$$F_{BN} = 2 \times Cultivo_{BF} \times Frac_{NCRBF}$$

La variable $Cultivo_{BF}$ es la producción de legumbres en Cundinamarca (arveja, frijol, haba y habichuela) en kg /año, dato tomado de las estadísticas agropecuarias suministradas por la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural de Cundinamarca. La fracción $Frac_{NCRBF}$ es la fracción del nitrógeno en cultivos fijadores del nitrógeno (kg N/kg de biomasa seca) tomado de la Tabla 4-17 por defecto del las guías IPCC 1996, volumen 4. El factor 2 permite convertir las cifras de producción de cultivos a total de biomasa de los cultivos.

- En la columna A (fila 4), hoja 1 de 5, se realiza el cálculo del aporte de nitrógeno procedente de los residuos de las cosechas F_{RC} en kg N/año, empleando la siguiente ecuación y la hoja de trabajo 4-5B (ADICIONAL)

$$F_{RC} = 2 \times [Cultivo_O \times Frac_{NCRO} + Cultivo_{BF} \times Frac_{NCRBF}] \times (1 - Frac_{CR}) \times (1 - Frac_{QUEM})$$

La variable $Cultivo_O$ es la producción de cultivos no fijadores del nitrógeno en Cundinamarca (kg biomasa seca/año), dato tomado de las estadísticas agropecuarias suministradas por la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural de Cundinamarca. $Cultivo_{BF}$ es la producción de legumbres en Cundinamarca, mismo dato tomado en el paso anterior. Las fracciones referidas en la ecuación se tomaron de de la Tabla 4-17 por defecto del las guías IPCC 1996, volumen 4 y significan:

Frac_{NCRBF}: Fracción del nitrógeno en cultivos fijadores del nitrógeno (kg N/kg de biomasa seca).
 Frac_{NCSRO}: Fracción del nitrógeno en cultivos no fijadores del nitrógeno (kg N/kg de biomasa seca).

Frac_R: Fracción de los residuos de las cosechas que se retira de los campos durante la cosecha (kg N/kg cosecha-N).

Frac_{QUEM}: Fracción de residuos de la cosecha que se quema en lugar de ser abandonados en los campos.

Paso 2: Estimación de las emisiones directas de oxido de nitroso excluido el cultivo de los histosoles

- Indicar en la columna B los factores de emisión para las emisiones directas. Se emplean los factores de emisión F_{E1} por defecto presentados en la Tabla 4-18 del las guías IPCC 1996
- Multiplicar la cantidad de aporte de N (columna A) por el factor de emisión para las emisiones directas (columna B) para obtener las emisiones directas de N_2O procedentes de los suelos. Multiplicar el resultado final por 10^{-6} para expresarlo en gigagramos. Anotar los resultados en la columna C.
- Sumar las emisiones directas de los suelos y anotar el total en la parte inferior de la columna C.

Paso 3: Estimación de las emisiones directas de oxido de nitroso procedentes del cultivo de los histosoles

- Indicar en la columna D la superficie de los suelos Orgánicos cultivados en Cundinamarca, Fso. Para la obtención de este dato se realizó cruce de información entre la capa de tipos de suelo de Cundinamarca suministrada por el IGACC (Documento estudio de suelos de Cundinamarca, capítulo 5, Génesis y taxonomía de los suelos) y las Unidades de coberturas de la tierra para la leyenda nacional, escala 1:100.000, de acuerdo con la metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia, suministrada por la subdirección de Ecosistemas del IDEAM. Los suelos contemplados, del orden Histosol fueron los de los subordenes Folists (MEU y MEN), Fibrists (RMS) y Hemists (MGT) y las coberturas tenidas en cuenta fueron: 2.1 cultivos transitorios, 2.2 cultivos permanentes, y 2.4 áreas agrícolas heterogéneas.
- Anotar en la columna E el factor de emisión para las emisiones directas de los suelos. Para el factor de emisión, FE_2 se emplearon los valores por defecto presentados en la Tabla 4-18 del las guías IPCC 1996
- Multiplicar la superficie de los suelos orgánicos cultivados (columna D) por el factor de emisión para las emisiones directas de los suelos (columna E) para obtener el total de emisiones directas de los Histosoles. Multiplicar el resultado final por 10^{-6} para expresarlo en gigagramos. Indicar el resultado en la columna F.

Paso 4: Estimación del total de emisiones directas de N_2O

Sumar los dos totales de las columnas C y F y multiplicar el resultado por la relación de conversión 44/28 para obtener el total de las emisiones directas de N_2O . Indicar el resultado en la columna G.

Paso 5: Estimación de las emisiones de N_2O de los suelos procedentes del pastoreo de los animales

- En este punto se indican solamente las emisiones procedentes de praderas y pastizales. Las emisiones de N_2O correspondientes a otros sistemas de manejo del estiércol se consignan en el rubro Manejo del Estiércol (HOJA DE TRABAJO 4-1, hoja 2). Las emisiones de N_2O procedentes del pastoreo de animales se calculan en la hoja de trabajo 4-5, hoja 4 de 5, como se indica a continuación:

- Anotar en la columna A el valor del Nitrógeno Excretado, $N_{ex(SME)}$, correspondiente a Praderas y Pastizales (de la HOJA DE TRABAJO 4-1 Adicional).
- Anotar en la columna B el factor de emisión para los sistemas de manejo del estiércol. Se emplearon los valores por defecto para los factores de emisión, F_{E3} , indicados en la Tabla 4-18 del las guías IPCC 1996
- Multiplicar $N_{ex(SME)}$ (columna A) por el factor de emisión (columna B) y a continuación por la relación de conversión 44/28 para obtener las emisiones de óxido nitroso procedentes del pastoreo de animales. Multiplicar el resultado final por 10^{-6} para expresarlo en gigagramos. Indicar el resultado en la columna C.

Paso6: Estimación de las emisiones indirectas procedentes de la deposición atmosférica de NH_3 y NO_x

- Indicar en la columna A la cantidad total de N en el fertilizante sintético aplicado a los suelos, $N_{(FERT)}$. Este es el mismo valor empleado en el paso 1.
- Anotar en la columna B la fracción del N en el fertilizante sintético aplicado que se volatiliza ($Frac_{GASFs}$). Se emplea el valor por defecto presentados en la Tabla 4-17 del las guías IPCC 1996
- Multiplicar la cantidad total de fertilizante sintético aplicado en el país (columna A) por la fracción del N en el fertilizante sintético aplicado que se volatiliza (columna B) para obtener la cantidad total de fertilizante sintético aplicado a los suelos que se volatiliza. Indicar el resultado en la columna C.
- Anotar la excreción total de N por el ganado (N_{ex}). Dato tonado de la hoja de trabajo 4-1.
- Anotar en la columna E la fracción del total de N excretado en el estiércol que se Volatiliza ($Frac_{GASM}$). Se utilizan valores por defecto presentados en la Tabla 4-17 del las guías IPCC 1996
- Multiplicar el total de N excretado por el ganado (N_{ex}), (columna D) por la fracción del total de N excretado en el estiércol que se volatiliza, $Frac_{GASM}$, (columna E). Indicar el resultado en la columna F.
- Indicar en la columna G el factor de emisión, F_{E4} . Se emplean los valores por defecto presentados en la Tabla 4-18 del las guías IPCC 1996.
- Sumar las columnas C y F y seguidamente multiplicar por el factor de emisión F_{E4} , (columna G) para obtener las emisiones de óxido nitroso. Multiplicar el resultado final por 10^{-6} para expresarlo en gigagramos. Indicar el resultado en la columna H.

Paso 7: Estimación de las emisiones indirectas procedentes de la lixiviación

- Anotar en la columna I la cantidad total de fertilizante sintético utilizado en Cundinamarca $N_{(FERT)}$. Es el mismo dato empleado en el paso 1
- Indicar en la columna J el total de N excretado por el ganado (N_{ex}), dato tomado de la hoja de trabajo 4-1.
- Anotar en la columna K la fracción de N lixiviado, $Frac_{LIX}$. Se emplean los valores por defecto presentados en la Tabla 4-17 del las guías IPCC 1996
- Indicar en la columna L el factor de emisión, F_{ES} . Se emplean los valores por defecto presentados en la Tabla 4-18 del las guías IPCC 1996
- Sumar la cantidad total de fertilizante sintético utilizado $N_{(FERT)}$ (columna I) a N_{ex} (columna J). Multiplicar el resultado por $Frac_{LIX}$ (columna K) y a continuación por F_{ES} (columna L) para obtener las emisiones indirectas de Óxido Nitroso procedentes de la Lixiviación. Multiplicar el resultado final por 10^{-6} para expresarlo en gigagramos. Indicar el resultado en la columna M.

Paso 8: Estimación de las emisiones indirectas

Sumar los dos totales en las columnas H y M y multiplicar por la relación de conversión 44/28 para obtener el total de emisiones indirectas de óxido nitroso. Indicar el resultado en la columna N.

Paso 9: Total de las emisiones de N₂O procedentes de los suelos agrícolas

El Total de Emisiones de Óxido Nitroso procedentes de los suelos agrícolas puede calcularse sumando las emisiones directas (HOJA DE TRABAJO 4-5, hoja 2, paso 4), las emisiones correspondientes al estiércol (HOJA DE TRABAJO 4-5, hoja 3, paso 5) y las emisiones indirectas (HOJA DE TRABAJO 4-5, hoja 5, paso 8).

El total de las emisiones de N₂O N de un país (kg N₂O N/año) puede calcularse con la ecuación siguiente:

$$N_2O = N_2O \text{ DIRECTAS} + N_2O \text{ ANIMALES} + N_2O \text{ INDIRECTAS}$$

Sumar los totales en la columna G (HOJA DE TRABAJO 4-5, hoja 2, paso 4), la columna C (HOJA DE TRABAJO 4-5, hoja 3, paso 5) y la columna N (HOJA DE TRABAJO 4-5, hoja 5, paso 8) para obtener el total de emisiones de óxido nitroso procedentes de los suelos agrícolas. Indicar el resultado en la columna O.

2.4 MÓDULO DE RESIDUOS

CUADRO 9: METODOLOGÍA PARA LA ESTIMACIÓN DE EMISIONES DE METANO PROCEDENTES DE SITIOS DE DISPOSICIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS

CATEGORÍA DE FUENTE: RESIDUOS SÓLIDOS
METODOLOGÍA: NIVEL 1
HOJA DE TRABAJO: 6-1
ECUACIÓN GENERAL DEL MÉTODO:
$\text{Emisiones CH}_4 = (\text{RSU}_T * \text{FCM} * \text{COD} * \text{COD}_F * F * 16/12 - R) * (1-\text{OX})$
DESCRIPCIÓN DE VARIABLES
RSU _T = Total anual de Residuos Sólidos Urbanos dispuestos en tierra (Gg) FCM = Factor de Corrección para el Metano (adimensional) COD = Fracción de Carbono Orgánico Degradable en los Residuos Sólidos Urbanos, se requieren datos de composición de residuos dispuestos y el contenido del carbono orgánico degradable en cada residuos COD _F = Fracción de COD que se realmente se degrada F = Fracción del carbono liberado como Metano R = Recuperación anual de metano (Gg CH ₄) OX = Factor de corrección para la oxidación del metano
ETAPAS DE CÁLCULO (según pasos definidos por el IPCC 1996, libro de trabajo módulo de residuos págs.6.1 a 6.11)
Paso 1: Estimación del total de residuos sólidos urbanos generados y eliminados en vertederos de residuos sólidos
➤ <u>Fuente de datos y procesamiento de datos:</u> Metodología <i>Bottom up - Nivel 1</i> : La información sobre cantidad de residuos sólidos dispuestos en tierra en el año 2008, en los diferentes rellenos sanitarios de Cundinamarca (Chocontá, Cucunuba, Villapinzón, Nuevo Mondoñedo, Praderas del Magdalena) fue suministrada por la

Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca – CAR – Subdirección de Desarrollo Ambiental Sostenible.

Hoja de trabajo 6-1: Digitar la información en la columna A de la hoja de cálculo 6-1 Residuos, en Gigagramos de residuos.

Paso 2: Determinación del factor de corrección para el metano

➤ Fuente de datos y procesamiento de datos:

Teniendo en cuenta que el país y la región no poseen factores de corrección para el metano, se emplea el factor por defecto propuesto en el cuadro 3.2. de las Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, Volumen 5: Desechos, capítulo 3, que corresponde a la tabla 6.2 de las guías de 1996. Es importante mencionar que se toma esta tabla de las guías del 2006, dado que ofrece mayor explicación de dichos factores.

Teniendo en cuenta las características de los rellenos de la región, consultados en el documento “SITUACIÓN ACTUAL DE LA GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS: PLANTAS DE APROVECHAMIENTO Y DISPOSICIÓN FINAL EN EL DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA” de diciembre de 2010, suministrado por la Secretaría de Ambiente del Cundinamarca, se establecieron los siguientes factores para cada relleno sanitario:

RELLENO SANITARIO	Factor de Corrección para el Metano (FCM)
Chocontá	0,60
Cucunuba	0,60
Villapinzón	0,60
Nuevo Mondoñedo	1,00
Praderas del Magdalena	1,00

Hoja de trabajo 6-1: Los valores de corrección para el metano se introducen en la columna B de la hoja de cálculo, en la fila respectiva de cada relleno.

Paso 3: Estimación de la tasa de producción de metano por unidad de residuos

3.1. Estimar la fracción de Carbono Orgánico Degradable (OD) en los residuos sólidos urbanos (RSU) que se eliminan en los rellenos de Cundinamarca.

➤ Fuente de datos y procesamiento de datos:

La composición de los residuos dispuestos en los rellenos Sanitarios Nuevo Mondoñedo y Praderas del Magdalena se tomó del documento “SITUACIÓN ACTUAL DE LA GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS: PLANTAS DE APROVECHAMIENTO Y DISPOSICIÓN FINAL EN EL DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA” de diciembre de 2010, y de información adicional suministrada por la Secretaría de Ambiente del Cundinamarca. La información para los demás rellenos locales fue tomada de los respectivos PGIRS (Programa Gestión Integral de Residuos Sólidos) consultados en la Secretaría de Ambiente de Cundinamarca.

La fracción de carbono orgánico degradable en cada tipo de residuo se tomó de los valores dados por defecto por el IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, Capítulo 2: Datos de generación, composición y gestión de desechos, Cuadro 2.4. Se aclara que se tomó la tabla de las directrices del 2006, dado que suministra valores para más tipos de residuos que las guías de 1996.

En la hoja de cálculo se detalla el cálculo realizado para estimar la fracción de Carbono Orgánico Degradable (COD)

Hoja de trabajo 6-1:

- Los valores de COD se introducen en la columna C de la respectiva hoja de cálculo.
- Anotar en la columna D la fracción del COD que realmente se degrada, dado que el carbono orgánico degradable no se descompone del todo y parte permanece en el relleno, incluso durante largos periodos de tiempo. Se asume un valor por defecto de 0.77, dado por las directrices del IPCC.
- Anotar en la columna E la fracción del Carbono liberado como metano. Se asume un valor por defecto de 0.5, dado por las directrices del IPCC.
- Calcular la tasa potencial de generación de metano por unidad de desperdicios multiplicando las cifras de la columna, C, D y E por la relación de conversión indicada en la columna F (16/12) que permite realizar la conversión de metano a carbono. El resultado se anota en la columna G.
- Calcular la tasa real de generación de metano por unidad de residuos multiplicando las cifras de las columnas B y G. El resultado se anota en la columna H.

Paso 4: Estimación del total neto anual de las emisiones de metano**Hoja de trabajo 6-1:**

- Multiplicar las cifras de las columnas A y H para obtener el total bruto anual de metano generado. Indicar el resultado en la columna J.
- Anotar la cantidad de recuperación anual de metano, en giga gramos de metano, correspondiente al quemado de gases en antorcha o en los sistemas de recuperación de la energía. Anotar el resultado en la columna K. Este valor es 0, dado que en el año 2008 no se realizaba la captación y recirculación del metano generado en los Rellenos de Cundinamarca.
- Restar la cifras de la columna K de las de la columna J para obtener el total neto anual de metano generado. Anotar el resultado en la columna L.
- Anotar en la columna M el resultado de restar de la unidad el factor de corrección para la oxidación de metano. El valor por defecto es 0; por lo tanto el valor introducido en dicha columna es 1. Dicho valor se toma de las guías 1996, página 6.11.

CUADRO 10: METODOLOGÍA PARA LA ESTIMACIÓN DE EMISIONES DE METANO PROCEDENTES DEL TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES Y DE LODOS DOMÉSTICOS Y COMERCIALES.

CATEGORÍA DE FUENTE: AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS
METODOLOGÍA: NIVEL 1
HOJA DE TRABAJO: 6-2
ECUACIÓN GENERAL DEL MÉTODO:
$\text{Emisiones CH}_4 = (P * \text{COD} * \text{FE}) - \text{CH}_4\text{R}$
DESCRIPCIÓN DE VARIABLES
P= Población (miles de personas) COD = Componente Orgánico Degradable (Kg DBO/1000 personas/año) FE= Factor de emisión (Kg CH ₄ /Kg DBO). CH ₄ R = Metano recuperado y/o quemado en antorcha (Kg CH ₄)
ETAPAS DE CÁLCULO (según pasos definidos por el IPCC 1996, libro de trabajo módulo de residuos págs.6.15 a 6.22)
Paso 1: Estimación total de las aguas residuales y lodos orgánicos
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Fuente de datos y procesamiento de datos: Con la información disponible en Cundinamarca fue posible realizar para las 25 plantas de tratamiento de aguas residuales (PTARS) de Cundinamarca que cuentan con tratamiento de tipo anaerobio, una aproximación metodológica de nivel 2 para 15 y de nivel 1 para las restantes 10:

Bottom up - Nivel 2: Se empleó información de 15 plantas de tratamiento administradas por la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca – CAR – , datos suministrados por la Subdirección de Desarrollo Ambiental Sostenible de dicha institución, quienes entregaron valores promedio de DBO5 mg/litros y de caudal (L/S), a partir de los cuales se realizó el cálculo de KgDBO/año, así:

$$\text{DBO5 mg/litros} * \text{caudal (L/S)} * 1\text{Kg}/1000000\text{mg} * 60\text{seg}/1\text{min} * 60\text{min}/1\text{hora} * 24\text{horas}/1\text{día} * 365 \text{ días}/1 \text{ año}$$

En la hoja de cálculo 6-2 se presenta un cuadro denominado Auxiliar paso 1 en donde se muestra dicho cálculo.

Hoja de trabajo 6-2: Diligenciar en la columna E de la hoja 1 el total de KgDBO/año para cada municipio.

Bottom up - Nivel 1: Se emplearon valores de población con cobertura de alcantarillado en los 10 municipios para los cuales no se tienen dato de DBO5 mg/litros; los datos de población municipal se tomaron de los datos de población del DANE y el porcentaje de cobertura de alcantarillado del libro sistema de alcantarillado en Colombia, visión del servicio público, de la Súper Intendencia de Servicios Públicos domiciliarios. Se asumió un valor promedio de 11,315 kg DBO/ personas/año calculado o a partir de la carga per cápita 31.0 g/hab*día (dato tomado de Información Suministrada por el IDEAM). Con estos datos se realizó el cálculo de KgDBO/año, así:

$$\text{kg DBO/ personas/año} * (\text{población municipio} * \% \text{ cobertura de alcantarillado del respectivo municipio})$$

Hoja de trabajo 6-2:

En la columna B de la hoja 1 introducir el valor de la población con cobertura de alcantarillado en cada municipio.

En la columna C de la hoja 1 introducir el valor de 11,315 kg DBO/ personas/año

En la columna E de la hoja 1 multiplicar el valor de la columna B por la columna C para obtener los kg DBO/año

NOTA: No se introducen valores de Fracción del Componente Orgánico Degradable retirado como lodo, dado que no se cuenta con dicha información.

Paso 2: Estimación del factor de emisión para los sistemas de tratamiento de las aguas residuales y los lodos domésticos y comerciales

Hoja de trabajo 6-2, Hoja 2:

- En la columna A de la hoja 2 indicar los nombres de los sistemas de tratamiento de las aguas residuales, para el caso de Cundinamarca, lagunas y reactores según la información reportada por las fuentes descritas en el paso 1.
- En la columna B anotar la fracción de las aguas residuales tratadas por el sistema de tratamiento indicado en la columna A (reactores y lagunas). Esta fracción se calcula así: kg DBO tratadas en reactores / kg DBO total y kg DBO tratadas en lagunas / kg DBO total.
- En la columna C indicar el factor de corrección del Metano por el sistema de tratamiento indicado en la columna A (reactores y lagunas).
- En la columna D multiplicar los valores de las columnas B y C
- Anotar la suma de los productos en la fila inferior de la columna D
- Indicar en la fila inferior de la columna E la capacidad máxima de producción del metano para las aguas residuales, El valor por defecto dado por el IPCC es de 0,25 Kg CH₄/Kg DBO
- En la columna F calcular el factor de emisión medio para las aguas residuales multiplicando el valor de la fila inferior de la columna D por el de la columna E.

Paso 3: Estimación de los factores de emisión para los sistemas de tratamiento de los lodos domésticos y comerciales.

Nota: Este paso no se realiza dado que no se cuenta con información sobre los sistemas de tratamiento de lodos domésticos.

Paso 4: Estimación de las emisiones de metano procedentes de las aguas residuales y de los lodos domésticos/comerciales

Hoja de trabajo 6-2, Hoja 4:

- En la columna A copiar la cifra correspondiente al total de las aguas residuales orgánicas domésticas/comerciales que aparece en la parte inferior de la columna E de la Hoja 1
- En la columna B, copiar el factor de emisión medio para las aguas residuales domésticas/comerciales indicado en la columna F de la Hoja 2.
- Multiplicar las cifras de las columnas A y B. Anotar el producto en la columna C.
- Anotar en la columna D la cantidad total del metano recuperado y/o quemado en antorcha, en kg de CH₄, correspondiente a las aguas residuales o lodos domésticos/comerciales. Como en la mayoría de los casos en los municipios de Cundinamarca no se realiza este proceso y/o no se dispone de estos datos se asume valor por defecto de cero.
- Restar la cifra de la columna D de la de la columna C. Multiplicar por 10⁻⁶ para realizar la conversión de emisiones a gigagramos. Anotar la diferencia en la columna E. Este resultado representa las emisiones netas de CH₄ procedentes de las aguas residuales y lodos domésticos/ comerciales.

CUADRO 11: METODOLOGÍA PARA LA ESTIMACIÓN DE EMISIONES DE METANO PROCEDENTES DEL TRATAMIENTO DE EFLUENTES Y LODOS INDUSTRIALES

CATEGORÍA DE FUENTE: AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES
METODOLOGÍA: NIVEL 2
HOJA DE TRABAJO: 6-3
ECUACIÓN GENERAL DEL MÉTODO:
$\text{Emisiones CH}_4 = (\text{Prod} * \text{DBO} * E_{\text{Prod}} * \text{FE}) - \text{CH}_4 \text{ R}$
DESCRIPCIÓN DE VARIABLES
Prod = Total de la producción industrial (T/año) DBO = Componente orgánico degradable por tipo de industria (Kg DBO/m ³ aguas residuales) EProd = Efluentes producidos (m ³ /Tonelada de producto) FE = Factor de emisión medio para la fuente de efluentes industriales (Kg CH ₄ /Kg DBO), se requiere saber el sistema de tratamiento de efluentes en cada caso.
CH ₄ R = Metano recuperado y/o quemado en antorcha (Kg CH ₄)
ETAPAS DE CÁLCULO (según pasos definidos por el IPCC 1996, libro de trabajo módulo de residuos págs.6.23 a 6.25)
Paso 1: Estimación del total de efluentes y lodos orgánicos industriales
<p>➤ Fuente de datos y procesamiento de datos:</p> <p>Con la información disponible para Cundinamarca fue posible realizar una aproximación metodológica de nivel 2 para 15 plantas de tratamiento de aguas residuales industriales de Cundinamarca que cuentan con tratamiento de tipo anaerobio:</p> <p><i>Bottom up - Nivel 2:</i> Se empleó información de 15 plantas de tratamiento de aguas residuales industriales con tratamiento anaeróbico, que reportaron información al registro único ambiental manufacturero (RUA). Dichos datos fueron suministrados por Estudios Ambientales del IDEAM, quienes entregaron valores promedio de volumen tratado m³/año y DQO kg/m³ (entrada), a partir de los cuales se realizó el cálculo de KgDQO/año, así:</p>

$$\text{KgDQO/año} = \text{DQO kg/m}^3 * \text{volumen tratado m}^3/\text{año}$$

En la hoja de cálculo 6-3 se presenta un cuadro denominado Auxiliar paso 1 en donde se muestra dicho cálculo.

hoja de trabajo 6-3, Hoja 1:

Introducir en la columna E el total de efluentes orgánicos de fuentes industriales (kg DQO/año)

Paso 2: Estimación del factor de emisión para los sistemas de tratamiento de los efluentes industriales

Hoja de trabajo 6-3, Hoja 2:

- En la columna A de la hoja 2 indicar los nombres de los sistemas de tratamiento de las aguas residuales, para el caso de Cundinamarca, lagunas y reactores según la información reportada por las fuentes descritas en el paso 1.
- En la columna B anotar la fracción de las aguas residuales tratadas por el sistema de tratamiento indicado en la columna A (reactores y lagunas)
- En la columna C indicar el factor de corrección del Metano por el sistema de tratamiento indicado en la columna A (reactores y lagunas).
- En la columna D multiplicar los valores de las columnas B y C
- Anotar la suma de los productos en la fila inferior de la columna D
- Indicar en la fila inferior de la columna E la capacidad máxima de producción del metano para las aguas residuales, El valor por defecto dado por el IPCC es de 0,25 Kg CH₄/Kg DBO
- En la columna F calcular el factor de emisión medio para las aguas residuales multiplicando el valor de la fila inferior de la columna D por el de la columna E.

Paso 3: Estimación de los factores de emisión para los sistemas de tratamiento de los lodos industriales.

Nota: Este paso no se realiza dado que no se cuenta con información sobre los sistemas de tratamiento de lodos domésticos.

Paso 4: Estimación de las emisiones de metano procedentes de los efluentes y lodos industriales

Hoja de trabajo 6-3, Hoja 4:

- En la columna A copiar la cifra correspondiente al total de las aguas residuales orgánicas domésticas/comerciales que aparece en la parte inferior de la columna E de la Hoja 1
- En la columna B, copiar el factor de emisión medio para las aguas residuales industriales indicado en la columna F de la Hoja 2.
- Multiplicar las cifras de las columnas A y B. Anotar el producto en la columna C.
- Anotar en la columna D la cantidad total del metano recuperado y/o quemado en antorcha, en kg de CH₄, correspondiente a las aguas residuales industriales. Como no se dispone de estos datos se asume valor por defecto de cero.
- Restar la cifra de la columna D de la de la columna C. Multiplicar por 10⁻⁶ para realizar la conversión de emisiones a gigagramos. Anotar la diferencia en la columna E. Este resultado representa las emisiones netas de CH₄ procedentes de las aguas residuales industriales.

3. RESULTADOS DE EMISIONES GEI PARA CUNDINAMARCA AÑO 2008

En la tabla a continuación se presentan los resultados del cálculo de las emisiones de GEI para Cundinamarca año 2008.

TABLA 3.1. RESULTADOS EMISIONES DE GEI PARA CUNDINAMARCA AÑO 2008.

	Cundinamarca (Gg CO ₂ equiv)					Participación sobre el total
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	SUSTITUTOS SAO	TOTAL	
1. ENERGÍA	5.194	688	15	-	5.897	56%
1A. QUEMA DE COMBUSTIBLES FÓSILES	5194	13	15		5.222	49,9%
1. A.1. Industrias de la energía	753	0,2	3,5		757	7,2%
Centrales térmicas	753	0,2	3,5		757	7,2%
1.A.2. Industria manufacturera	1786	3,4	5,1		1.795	17,2%
Alimentos, bebidas tabaco	369	0,7	1,0		370	3,5%
Textil y confecciones, Calzado y cueros	33	0,1	0,1		33	0,3%
Papel e imprenta	55	0,1	0,2		56	0,5%
Químicos	187	0,3	0,2		187	1,8%
Cemento, piedras , vidrio y cerámica	1014	2,0	3,3		1.020	9,8%
Hierro, acero y no ferrosos	76	0,1	0,2		76	0,7%
Otras ind. Manufactureras	53	0,1	0,1		53	0,5%
1.A.3. Transporte	2145	7,3	5,5		2.158	20,6%
Transporte por carretera	2145	7,3	5,5		2.158	20,6%
Transporte Aéreo					0	0,0%
1. A.4. Comercial y público	46	0,1	0,1		46	0,4%
1. A.5. Residencial	289	1,5	0,7		291	2,8%
1.4.6. Otros (agricultura, pesca,y construcción)	174	0,3	0,4		175	1,7%
1B. EMISIONES FUGITIVAS		675			675	6%
1B.1. Minería del carbón		675,3			675	6,5%
2. PROCESOS INDUSTRIALES	257	1		38	296	3%
2.1. Producción de cemento	254,1				254	2,4%
2.3. Producción de vidrio	2,8				3	0,0%
2.4. Producción de coque		1,1			1	0,0%
2.5. Uso de Sustitutos SAO				38,1	38	0,4%
3. AGRICULTURA		1.717	1.917		3.634	35%
3.1. Fermentación entérica		1616,9			1617	15,5%
3.2. Manejo del estiércol		83,1	127,7		211	2,0%
3.3. Arrozales anegados		16,9			17	0,2%

3.4. Quema de residuos agrícolas		0,2	0,1		0	0,0%
3.5. Suelos agrícolas			1788,9		1789	17,1%
4. TRATAMIENTO DE RESIDUOS		600	27		628	6%
4.1. Disposición de residuos sólidos		569,6			570	5,4%
4.2. Tratamiento de las aguas residuales domésticas y comerciales		16,4	27,4		44	0,4%
4.3. Tratamiento de efluentes industriales		14,0			14	0,1%
TOTAL	Cundinamarca (Gg CO2 equiv)				10.454	

4. EMISIONES GEI PARA BOGOTÁ AÑO 2008, CÁLCULO REALIZADO POR LA SECRETARÍA DISTRITAL DE AMBIENTE

En este capítulo se realiza una exposición de la metodología y resultados del inventario de emisiones GEI Bogotá año 2008, realizado por el grupo de cambio climático de la Secretaría Distrital de Ambiente; con el objeto de definir cuáles resultados son comparables con la metodología empleada para el inventario de Cundinamarca y realizar los ajustes que correspondan para unificar el inventario para la región Bogotá - Cundinamarca. La descripción se realiza según los módulos definidos por el IPCC, 1996.

4.1 MÓDULO DE ENERGÍA:

- Resultados:

TABLA 4.1. RESULTADOS MÓDULO DE ENERGÍA, SECRETARÍA DISTRITAL DE AMBIENTE 2008

MÓDULO DE ENERGÍA CO ₂	MÓDULO DE ENERGÍA CO ₂	Toneladas			Participación en el Módulo (%)	
		CH ₄	N ₂ O	CO ₂ Equivalente		
1A	Actividades de quema del combustible	7.759.002,4703	5.205,0280	517,5538	8.028.749,7355	99,96
1A2	Industrias manufactureras y de la construcción	1.138.822,20	105,13	7,82	1.143.455,55	14,24
1A3	Transporte	4.803.877,2208	4.879,9884	500,2150	5.061.423,6404	63,01
1A3a	Transporte Aéreo	227.595,9279	14,9054	7,3872	230.198,9778	2,87
1A3b	Transporte Terrestre Carretero	4.576.281,2928	4.865,0831	492,8278	4.831.224,6626	60,15

1A4	Otros Sectores	1.816.303,0447	219,9065	9,5144	1.823.870,5494	22,71
1A4a	Comercial / Institucional	1.273.153,7571	171,2542	8,5414	1.279.397,9195	15,93
1A4b	Residencial	539.850,6643	48,3568	0,9671	541.165,9697	6,74
1A4c	Agricultura / Silvicultura / Pesca	3.298,6234	0,2955	0,0059	3.306,6602	0,04
1B	Emisiones Fugitivas provenientes de la manipulación de combustibles	1.630,2429	86,4934	0,0000	3.446,6051	0,04
1B1	Combustibles sólidos	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,00
1B2	Petróleo y gas natural	1.630,2429	86,4934	0,0000	3.446,6051	0,04
TOTAL MÓDULO DE ENERGÍA		7.760.632,7132	5.291,5214	517,5538	8.032.196,3407	100,00

Tomada y resumida del informe Módulo de Energía, Inventario de Emisiones y Captura de Gases de Efecto Invernadero Bogotá D.C. año base 2008, RAFAEL CHAPARRO CPS 898 DE 2009 Secretaría Distrital de Ambiente SDA.

- Metodología empleada: Para realizar el cálculo, se empleó la metodología de las guías IPCC versión 2006, la cual, para este módulo, presenta únicamente las siguientes diferencias:

Los métodos y categorías no cambiaron sustancialmente.

Se cambiaron algunos factores de emisión para uso de combustibles fósiles.

En la categoría 1A2 se incluyeron otras subcategorías: Minería (con excepción de combustibles) y canteras; madera y productos de la madera; construcción; textiles y cueros.

En la categoría 1B de emisiones fugitivas, se realizó una reclasificación y organización para la categoría 1B1 combustibles sólidos, y para la categoría 1B2 Petróleo y Gas Natural.

En ese sentido, la metodología es comparable con la efectuada para el módulo de energía de Cundinamarca; sin embargo, se requiere hacer los ajustes que se describen a continuación, con la respectiva justificación:

- Unificar sub-categorías de acuerdo con la numeración propuesta por el IPCC versión 1996, con el fin de poder presentar los resultados agregados con el inventario realizado para Cundinamarca.
- Para la sub-categoría 1A2 Industrias manufactureras y de la construcción, realizar un ajuste en la metodología y resultados, teniendo en cuenta que según se informa en el anexo técnico del Módulo de energía efectuado por la SDA, para el cálculo de estas emisiones se empleó una base de datos integrada de varias fuentes (Inventario de emisiones por fuentes fijas convenio DAMA-INAMCO 2002, Inventario de Emisiones por Fuentes Fijas y móviles Convenio Secretaría Distrital de Ambiente – Universidad de los Andes 2008 y Base de Datos de seguimiento a Fuentes Fijas de la SDA 2008) para un total de 6137 registros, de los cuales 3643 corresponden a establecimientos con código CIIU perteneciente a la industria manufacturera y se explica que 2391 registros de los 6117 contabilizados en el módulo de energía, no poseen dato(s) de consumo de combustible(s), para los cuales se asignó una emisión por defecto de una (1) tonelada de dióxido de carbono equivalente para cada uno de estos registros en el año del inventario. Se considera que dicho aspecto introduce un alto porcentaje de incertidumbre en el cálculo; para esta categoría principalmente por sub esti-

mación de las emisiones; adicionalmente se estima que el número de establecimientos industriales es mayor al empleado para el cálculo. En virtud de lo anterior, se realiza un ajuste en la metodología y se realiza el cálculo mediante la metodología Top Down descrita en el numeral 2.1 del presente documento, para el cálculo de las emisiones de la industria manufacturera en Cundinamarca.

- Para la sub-categoría 1A3b Transporte terrestre por carretera, se realiza un ajuste del cálculo de las emisiones de CH₄ y N₂O dado que las guías de 1996 no ofrecen factores de emisión por tipo de automóvil y adicionalmente, para el cálculo de las emisiones de CO₂ las metodologías de 1996 ofrecen factores de emisión diferentes para el transporte por carretera y con el fin de tener un cálculo comparable con el de las emisiones de Cundinamarca y los inventarios nacionales, se hace necesario emplear los mismos factores de emisión. Se realiza el cálculo siguiendo la misma metodología descrita en el numeral 2.1 del presente documento, empleando las mismas fuentes de información de consumo de combustibles empleadas por la SDA en su cálculo.
- Para la sub-categoría 1A4a Comercial / Institucional, se realiza un ajuste metodológico teniendo en cuenta que en el cálculo realizado por la SDA se incluyen combustibles catalogados como biomasa (madera y carbón vegetal) y de acuerdo con las guías del IPCC, las emisiones generadas por este tipo de combustibles no se contabilizan dentro de las emisiones, sino que se reportan a manera informativa. Adicionalmente, como se mencionó en la categoría de industria manufacturera; 2391 registros de los 6117 contabilizados en el módulo de energía, no poseen dato(s) de consumo de combustible(s), para los cuales se asignó una emisión por defecto de una (1) tonelada de dióxido de carbono equivalente para cada uno de estos registros en el año del inventario, se considera que dicho aspecto introduce un alto porcentaje de incertidumbre en el cálculo; para esta categoría principalmente por sobre estimación de las emisiones. Se realiza el cálculo siguiendo la misma metodología descrita en el numeral 2.1 del presente documento.
- Para la sub-categoría 1A4b Residencial, se realiza un ajuste teniendo en cuenta que en el efectuado por la SDA solo se tiene en cuenta el consumo de gas natural; sin embargo para este sector también se reportan otros consumos como GLP , carbón mineral y gasolina. Se realiza el cálculo siguiendo la misma metodología descrita en el numeral 2.1 del presente documento.

4.2 MODULO DE PROCESOS INDUSTRIALES:

- Resultados:

TABLA 4.2. RESULTADOS MÓDULO DE PROCESOS INDUSTRIALES, SECRETARÍA DISTRITAL DE AMBIENTE 2008

CATEGORÍA	Emisiones (Toneladas)				
	GEI				PRECURSOR
	CO ₂	HFC	PFC	SF ₆	COVDM
2A EMISIONES DE LA INDUSTRIA DE LOS MINERALES (TOTAL)	426	X	X	X	X
2A3 PRODUCCIÓN DE VIDRIO	426	X	X	X	X
2A4 OTROS USOS DE CARBONATOS EN LOS PROESOS (2A4a CERÁMIAS)	**	**	**	**	**
2B INDUSTRIA QUIMICA	*	*	*	*	*
2C EMISIONES DE LA INDUSTRIA DE LOS METALES	*	*	*	*	*
2D USO DE PRODUCTOS NO ENERGÉTICOS DE COMBUSTIBLES Y DE SOLVENTES (TOTAL)	4.682	X	X	X	X
2D1 USO DE LUBRICANTES	4.682	X	X	X	X
2D2 USO DE LA CERA DE PARAFINA		X	X	X	X
2E EMISIONES DE LA INDUSTRIA ELECTRÓNICA	*	*	*	*	*
2F USO DE PRODUCTOS SUSTITUTOS DE LAS SUSTANCIAS QUE AGOTAN LA CAPA DE OZONO	P	P	P	P	P
2H OTROS (TOTAL)	X	X	X	X	4.619
2H2 INDUSTRIA DE LA ALIMENTACIÓN Y DE LAS BEBIDAS	X	X	X	X	4.619

Tomada y resumida del informe Módulo de Procesos Industriales, Inventario de Emisiones y Captura de Gases de Efecto Invernadero Bogotá D.C. año base 2008, ANA DERLY PULIDO CPS 553 DE 2010 Secretaría Distrital de Ambiente SDA

- Metodología empleada: Para realizar el cálculo, se empleó la metodología de las guías IPCC versión 2006, la cual, para este módulo, presenta únicamente las siguientes diferencias:

Las guías 2006 se basan en que las emisiones deben ser declaradas en las industrias donde se producen. Por lo tanto, se realizó un desplazamiento de las categorías en las cuales se declaran algunas emisiones.

Para algunas categorías se establecen enfoques adicionales (niveles metodológicos) para estimar las emisiones basadas en la cantidad, el tipo y la composición de las materias primas que entran a los procesos de producción, y en otras categorías se simplificaron métodos.

Para algunas categorías se introdujeron nuevas fuentes de emisión (sectores y/o gases adicionales).

Según lo anterior, la metodología es comparable con los siguientes ajustes:

- Unificar sub-categorías de acuerdo con la numeración propuesta por el IPCC versión 1996, con el fin de poder presentar los resultados agregados con el inventario realizado para Cundinamarca.
- No se incluye el cálculo realizado para la categoría 2H2 INDUSTRIA DE LA ALIMENTACIÓN Y DE LAS BEBIDAS, por cuanto este reporta emisiones de precursores de GEI (COVDM) los cuales no son tenidos en cuenta en el inventario de emisiones para la región.
- Se incluyó el estimativo de las emisiones por uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono. Se empleó la misma metodología descrita para las emisiones de esta categoría en Cundinamarca en el numeral 2.2 del presente documento.

4.3 MODULO DE RESIDUOS

TABLA 4.3. RESULTADOS MÓDULO DE RESIDUOS, SECRETARÍA DISTRITAL DE AMBIENTE 2008

CATEGORÍA	Emisiones (Toneladas)	
	CH ₄	CO ₂ equivalente
4A ELIMINACIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS	139.691	2.933.502
4A1 SITITOS GESTIONADOS DE ELIMINACIÓN DE DESECHOS	139.691	2.933.502
4B TRATAMIENTO BIOLÓGICO DE LOS DESECHOS SÓLIDOS	Inexist	Inexist
4C INCINERACIÓN E INCINERACIÓN ABIERTA DE DESECHOS	Inexist	Inexist
4D TRATAMIENTO Y ELIMINACIÓN DE AGUAS RESIDUALES	4.195	88.104
4D1 TRATAMIENTO Y ELIMINACIÓN DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS	2.525	53.026
4D2 TRATAMIENTO Y ELIMINACIÓN DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES	1.670	35.078

Tomada y resumida del informe Módulo de Residuos, Inventario de Emisiones y Captura de Gases de Efecto Invernadero Bogotá D.C. año base 2008, ANA DERLY PULIDO CPS 553 DE 2010 Secretaría Distrital de Ambiente SDA.

- Metodología empleada: Para realizar el cálculo, se empleó la metodología de las guías IPCC versión 2006, la cual, para este módulo, presenta únicamente las siguientes diferencias:

Se introduce una nueva metodología (nivel 1) para la categoría de sitios gestionados de eliminación de residuos.

Se adicionan nuevas sub-categorías: estimación de las emisiones de CH₄ y N₂O procedentes del tratamiento biológico (preparación del abono orgánico, digestión anaeróbica en instalaciones de biogases); emisiones procedentes de la incineración abierta de desechos, así como las emisiones de CH₄ procedentes de la incineración; emisiones de CH₄ y N₂O procedentes de pozos sépticos y letrinas

Según lo anterior, la metodología es comparable y teniendo en cuenta que se calcularon las mismas sub-categorías propuesta por el IPCC versión 1996; no se realizaron ajustes, la información tomada corresponde a la reportada por la SDA.

4.4 MÓDULO DE AGRICULTURA.

Para este módulo se empleó la metodología de las guías IPCC versión 2006 y es importante mencionar en primer lugar las diferencias presentadas con las guías IPCC versión 1996, que para este módulo son importantes. A continuación se resumen:

Los principales cambios realizados en las Directrices del IPCC de 2006, corresponden a la integración de la metodología propuesta en las Directrices del IPCC de 1996 con la orientación sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre (publicadas en el 2000 y 2003) en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero para este módulo. Tales cambios incluyen principalmente:

La adopción de las seis categorías de uso de la tierra que se utilizan en la GPG-LULUCF (tierras forestales, tierras de cultivo, pastizales, humedales, asentamientos y otras tierras). Estas categorías se subdividen en tierras que se mantienen en la misma categoría y aquellas que se convierten de una categoría a otra.

Generación de informes sobre todas las emisiones de las fuentes y las absorciones por sumideros en tierras gestionadas, a las que se considera antropogénicas, mientras que no se declaran las emisiones o absorciones en tierras no gestionadas.

Adopción de tres niveles jerárquicos para los métodos, que abarcan desde factores de emisión por defecto hasta el uso de datos y modelos específicos de cada país.

Mejoras en los factores por defecto de emisiones y cambios en emisiones y existencias, así como el desarrollo de una Base de datos de factores de emisión que aporta factores alternativos de emisión con su respectiva documentación

Según lo anterior, para el cálculo de las emisiones realizadas por la SDA, se incluyó a este módulo las emisiones y absorciones por el uso y cambio en el uso de la tierra; razón por la cual no es posible emplear los resultados para agregarlos al de Cundinamarca, dado que las categorías asumidas son diferentes; en ese sentido fue necesario realizar los cálculos del módulo de agricultura para Bogotá siguiendo las guías del IPCC 1996, y los pasos descritos en el capítulo 2.3, del presente documento.

La sub categoría fermentación entérica y manejo del estiércol, que es la única que se mantiene igual para las dos metodologías, fue estimada nuevamente empleando un factor de emisión local, producto de un trabajo elaborado por el IDEAM, quienes para este módulo realizaron el cálculo de factores de emisión para todas las regiones del país.

Nota importante: los ajustes y respectivos resultados en los diferentes módulos se reflejan en la tabla de resultados consolidada en la tabla 6, del capítulo 5 del presente documento.

5. RESULTADOS TOTALES EMISIONES GEI PARA BOGOTÁ – CUNDINAMARCA AÑO 2008

(SIGUIENTE PÁGINA)

TABLA 5.1. EMISIONES DE GEI REGIÓN BOGOTÁ – CUNDINAMARCA

TABLA 5.1. EMISIONES DE GEI REGIÓN BOGOTÁ – CUNDINAMARCA (RESULTADOS TOTALES EMISIONES GEI PARA BOGOTÁ – CUNDINAMARCA AÑO 2008)

	Cundinamarca (Gg CO ₂ equiv)								Bogotá (Gg CO ₂ equiv)							
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	SUSTITUTOS SAO	TOTAL	σ	CV	Participación sobre el total	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	SUSTITUTOS SAO	TOTAL	σ	CV	Participación sobre el total
1. ENERGÍA	5.194	688	15	-	5.897	± 583	10%	56%	9.119	28	23	-	9.169	±413	5%	73%
1A. QUEMA DE COMBUSTIBLES FÓSILES	5194	13	15	-	5.222	± 289	6%	49,9%	9119	27,6	23,2	-	9169	±413	5%	73%
1. A.1. Industrias de la energía	753	0,2	3,5	-	757	± 51	7%	7,2%				-				0%
Centrales térmicas	753	0,2	3,5		757	± 51	7%	7,2%								0%
1.A.2. Industria manufacturera	1786	3,4	5,1	-	1.795	± 239	13%	17,2%	2939	5,5	8,1	-	2952	±278	9%	24%
Alimentos, bebidas tabaco	369	0,7	1,0		370	± 70	19%	3,5%	524	1,0	1,4		527	±100	19%	4,2%
Textil y confecciones, Calzado y cueros	33	0,1	0,1		33	± 8	23%	0,3%	369	0,8	1,4		371	±108	29%	3,0%
Papel e imprenta	55	0,1	0,2		56	± 12	21%	0,5%	518	1,0	1,5		521	±111	21%	4,2%
Químicos	187	0,3	0,2		187	± 44	23%	1,8%	399	0,7	0,5		400	±94	24%	3,2%
Cemento, piedras , vidrio y cerámica	1014	2,0	3,3		1.020	± 223	22%	9,8%	825	1,6	2,7		829	±182	22%	6,6%
Hierro, acero y no ferrosos	76	0,1	0,2		76	± 13	17%	0,7%	113	0,1	0,3		113	±19	17%	0,9%
Otras ind. Manufactureras	53	0,1	0,1		53	± 10	19%	0,5%	190	0,2	0,3		191	±36	19%	1,5%
1.A.3. Transporte	2145	7,3	5,5	-	2.158	± 144	7%	20,6%	5001	19,7	13,8	-	5035	±295	6%	40%
Transporte por carretera	2145	7,3	5,5		2.158	± 144	7%	20,6%	4774	19,4	11,5		4805	±292	6%	38,4%
Transporte Aéreo					0	0		0,0%	228 *	0,3 *	2,3 *		230 *	±38	16%	1,8%
1. A.4. Comercial y público	46	0,1	0,1	-	46	± 5	12%	0,4%	396	0,6	0,4	-	397	±41	10%	3%
1. A.5. Residencial	289	1,5	0,7	-	291	± 25	9%	2,8%	710	1,4	0,6	-	712	±67	9%	6%
1.4.6. Otros (agricultura, pesca y construcción)	174	0,3	0,4	-	175	± 46	26%	1,7%	72	0,3	0,3	-	73	±19	26%	1%
1B. EMISIONES FUGITIVAS		675			675	± 506	75%	6%	-	-	-	-	-	-	-	-
1B.1. Minería del carbón		675,3			675	± 506	75%	6,5%					0,000			0,0%
2. PROCESOS INDUSTRIALES	257	1		38	296	±32	11%	3%				198	198			2%
2.1. Producción de cemento	254,1				254	± 18	7%	2,4%					0,0	±0,0	0%	0,0%
2.3. Producción de vidrio	2,8				3	± 0	7%	0,0%					0,0	±0,0	7%	0,0%
2.4. Producción de coque		1,1			1	± 0	11%	0,0%					0,0	±0,0	11%	0,0%
2.5. Uso de Sustitutos SAO				38,1	38	± 27	71%	0,4%				198,0	198,0	±140,6	71%	1,6%
3. AGRICULTURA		1.717	1.917		3.634	± 719	20%	35%		37	0	-	38	-		0,3%
3.1. Fermentación entérica		1616,9			1617	± 210	13%	15,5%		36,8			36,8	±4,8	13%	0,3%
3.2. Manejo del estiércol		83,1	127,7		211	± 101	48%	2,0%		0,6	0,2		0,8	±0,4	45%	0,0%
3.3. Arrozales anegados		16,9			17	± 5	28%	0,2%								
3.4. Quema de residuos agrícolas		0,2	0,1		0	± 0	19%	0,0%								
3.5. Suelos agrícolas			1788,9		1789	± 680	38%	17,1%								
4. TRATAMIENTO DE RESIDUOS		600	27		628	± 123	20%	6%		3022	82		3103			25%
4.1. Disposición de residuos sólidos (en tierra)		569,6			570	± 120	21%	5,4%		2933,5 *			2934 *	±704	24%	23,5%
4.2. Tratamiento de las aguas residuales domésticas y comerciales		16,4	27,4		44	± 28	65%	0,4%		53,0 *	81,8		135 *	±85	63%	1,1%
4.3. Tratamiento de efluentes industriales		14,0			14	± 10	72%	0,1%		35,1 *			35 *	±16	45%	0,3%
TOTAL					Cundinamarca (Gg CO₂ equiv) 10.454	± 934	9%						Bogotá (Gg CO₂ equiv) 12.508	± 413	3%	

* Cálculos realizados por el grupo de Cambio Climático de la Secretaría Distrital de Ambiente en el marco del Inventario de emisiones GEI de Bogotá 2008.

6. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

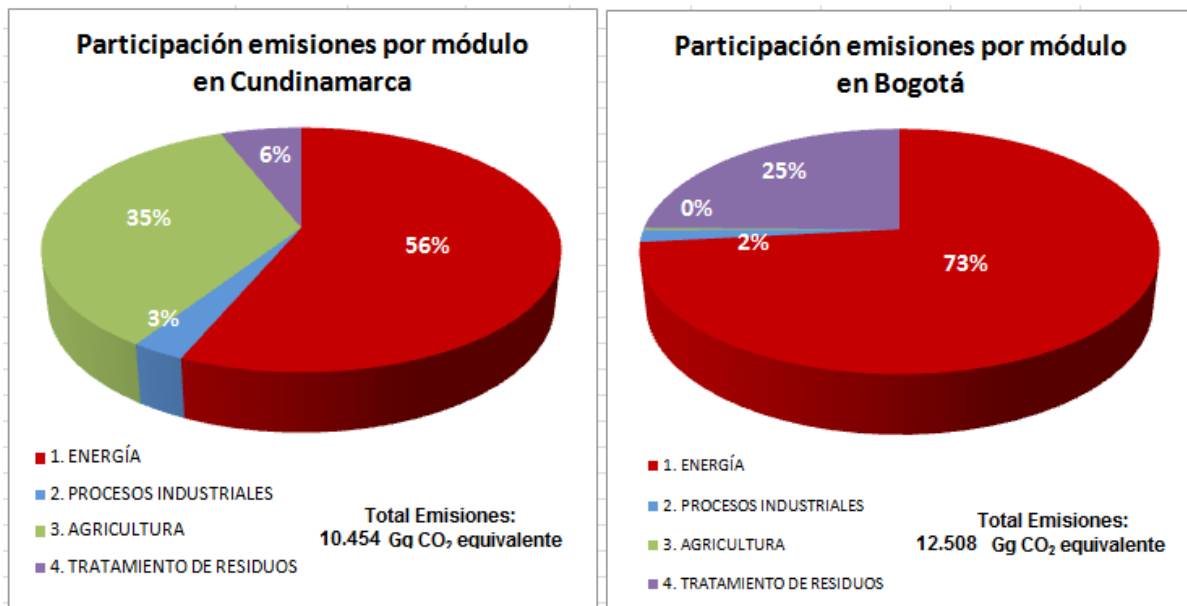
Se realiza una descripción de resultados totales y la contribución por módulo y por GEI. Se describe por módulo las emisiones estimadas para las categorías contempladas en cada uno, incluyen aspectos relacionados con la consecución de la información requerida para el cálculo y su posible aplicabilidad en otras regiones. Se presenta también una descripción general de los aspectos relacionados con el cálculo de incertidumbre.

6.1 RESULTADOS TOTALES

Se estimó para la región de estudio Bogotá – Cundinamarca, un total de emisiones de GEI de 22.963 Gg de CO₂ equivalente, de los cuales 10.459 Gg son generados en el territorio de Cundinamarca y 12.508 Gg en Bogotá. Como se describió en el capítulo sobre metodología, las emisiones se calcularon para 4 módulos y sus respectivas categorías, según las fuentes sugeridas por el IPCC, que cubren el total de principales categorías emisoras de GEI, exceptuando las emisiones y absorciones generadas por el uso y cambio en el uso del suelo.

En la tabla 6 se presentan los resultados desagregados por categoría y por GEI calculado. La participación de cada uno de los 4 principales módulos sobre el total de emisiones en Gg de CO₂ equivalente se presenta en la figura 6.1:

FIGURA 6.1. PARTICIPACIÓN POR MÓDULO SOBRE EL TOTAL DE EMISIONES EN GG DE CO₂ EQUIVALENTE PARA BOGOTÁ Y CUNDINAMARCA.

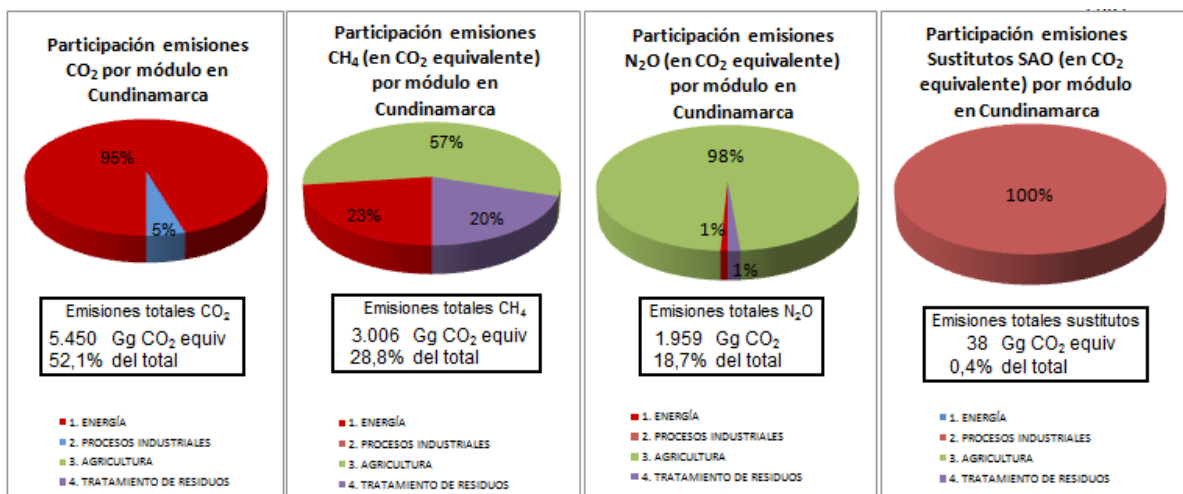


Como se observa en la figura 6.1, en Cundinamarca, el 56% de las emisiones son generadas por el empleo de combustibles fósiles con fines energéticos (módulo de Energía). Las emisiones generadas por actividades agropecuarias (módulo agricultura) se encuentran en segundo lugar y corresponden en un 53% a emi-

siones de N₂O y 47% emisiones de CH₄. Las emisiones de CH₄ y N₂O generadas en el tratamiento de residuos sólidos y vertimientos domésticos e industriales (módulo residuos), aportan un 6% del total y el menor aporte lo representan las emisiones de CO₂ emitidas durante los procesos de transformación de materias primas y las emisiones por empleo de sustitutos SAO (módulo procesos industriales).

En Bogotá, las emisiones generadas por actividad agrícola y por procesos industriales realizan un aporte no significativo, mientras que las emisiones generadas por el uso de combustibles fósiles representan el 73% de las emisiones totales, seguidas por el tratamiento de residuos con una participación del 25%. En este punto es importante recordar que las emisiones generadas por procesos industriales hacen referencia a las emisiones generadas durante el proceso de conversión de materias primas en productos y no por el empleo de combustibles para generar la energía necesaria para el proceso (estas últimas se cuantifican en el módulo de energía). En la figura 6.2 se presenta la contribución por cada GEI en cada módulo para Cundinamarca y Bogotá respectivamente.

FIGURA 6.2. CONTRIBUCIÓN DE CADA GEI EN CADA MÓDULO PARA CUNDINAMARCA

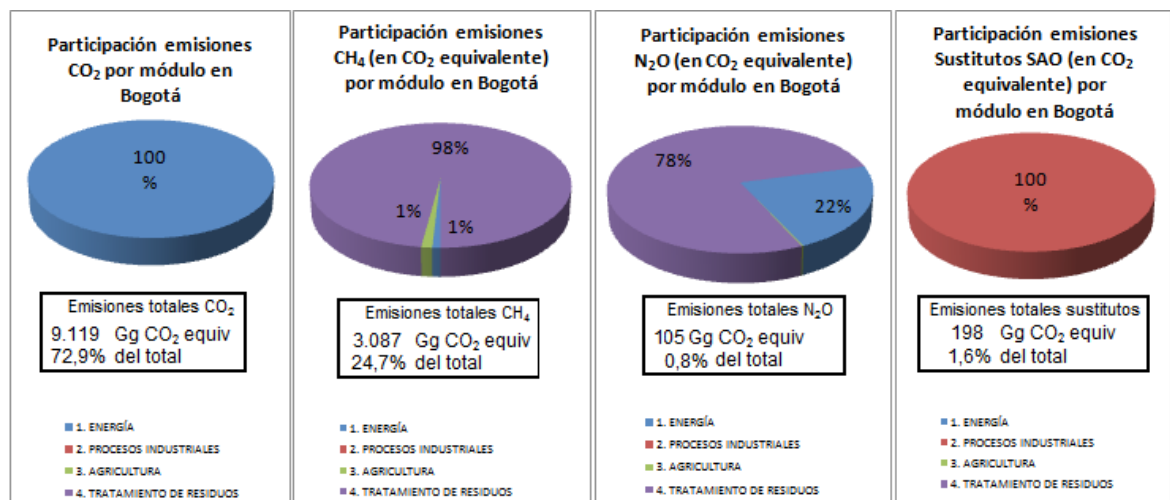


Las emisiones de CO₂ en su mayoría corresponden a las generadas en el proceso de oxidación de los combustibles fósiles; las de CH₄ por fermentación, las de N₂O por suelos agrícolas (al proceso microbiológico de la nitrificación y desnitrificación del suelo) y las de sustitutos SAO en su totalidad al uso contabilizado en el módulo de procesos industriales. La contribución de la combustión de combustibles a las emisiones globales de CH₄ y N₂O es baja; y se deben a la combustión incompleta (en el caso del CH₄), los controles postcombustión y la temperatura de combustión y en el equipo. Dentro del módulo de energía para Cundinamarca también se encuentra un importante aporte de las emisiones fugitivas de metano de actividades de minería del carbón. La disposición de residuos sólidos en tierra, dentro del módulo de residuos es el principal aporte de emisiones de CH₄ y las aguas residuales domésticas la de N₂O.

Para Bogotá, el 100% de las emisiones de CO₂ se genera por el módulo de energía, las emisiones de CH₄ están dadas en su mayoría por la disposición de residuos sólidos y las de N₂O por aguas residuales domésticas; notándose que la contribución de estos gases por módulo cambia respecto a la contribución en Cundinamarca; aspecto debido a la ausencia de actividad agropecuaria representativa en Bogotá.

Los resultados encontrados, son coherentes con las principales actividades económicas desarrolladas en Bogotá y Cundinamarca, y otras variables como el total de la población y el parque automotor. Para realizar un análisis más amplio de este aspecto se realiza una discusión por módulo en el numeral 6.2.

FIGURA 6.3. CONTRIBUCIÓN DE CADA GEI EN CADA MÓDULO PARA BOGOTÁ



6.2 RESULTADOS MÓDULO DE ENERGÍA:

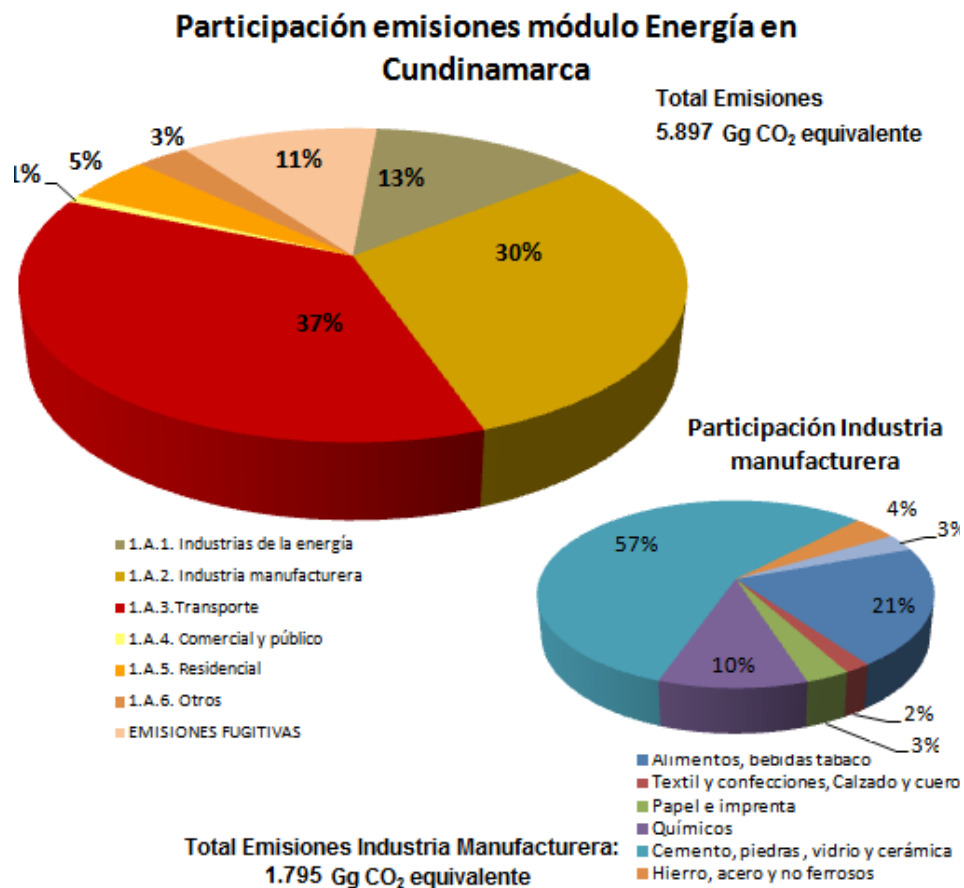
En la figura 6.4 se presentan las participaciones de emisiones de cada categoría de fuente comprendidas dentro del módulo de energía en Cundinamarca y en la 6.5 las participaciones en Bogotá.

Del total de emisiones en Gg de CO₂ equivalentes calculadas para el módulo de energía en Cundinamarca, el 88,1% corresponde a emisiones de CO₂, 11,7% emisiones de CH₄ y 0,3% emisiones de N₂O. Dentro de este módulo se tienen en cuenta las emisiones generadas durante los procesos de combustión de combustibles fósiles y las emisiones fugitivas de CH₄ durante las actividades mineras de carbón (98% del total de emisiones de CH₄ dentro del módulo), razón por la cual la participación de emisiones de este gas es considerablemente superior a las de N₂O. Para Bogotá en cambio, la participación de emisiones por gases es 99,4%CO₂, 0,3% CH₄ y 0,3% N₂O, dado que no se realiza actividad significativa de minería de carbón.

- Como se observa de las figuras 6.4 y 6.5, la principal actividad generadora de emisiones GEI en Bogotá y en Cundinamarca es el consumo de combustibles fósiles en el sector transporte por carretera. Este sector en muchos países aporta la mayor cantidad de emisiones GEI, dado que es uno de

los principales consumidores de combustibles en cada economía nacional, y a nivel local y regional resultan representativas las ciudades que concentran gran parte del parque automotor si se asume que las emisiones se generan en el territorio en donde es vendido el combustible, ventas que están altamente ligadas a la cantidad de automotores registradas en cada departamento y ciudad. La región Bogotá - Cundinamarca agregaba en el año 2008 aproximadamente el 30% de los automotores carreteros de Colombia (Ministerio de Transporte, 2012) y consumió aproximadamente el 27% de la energía total empleada por el sector transporte en el país (UPME, 2010), lo que conlleva a un importante aporte de este sector en la región Bogotá - Cundinamarca en cuanto a emisiones en el total de emisiones nacional por esta actividad, y ubica al sector como estratégico y prioritario para la investigación y adopción de opciones de mitigación.

FIGURA 6.4. PARTICIPACIÓN EMISIONES POR CATEGORÍA DE FUENTE EN EL MÓDULO DE ENERGÍA EN CUNDINAMARCA



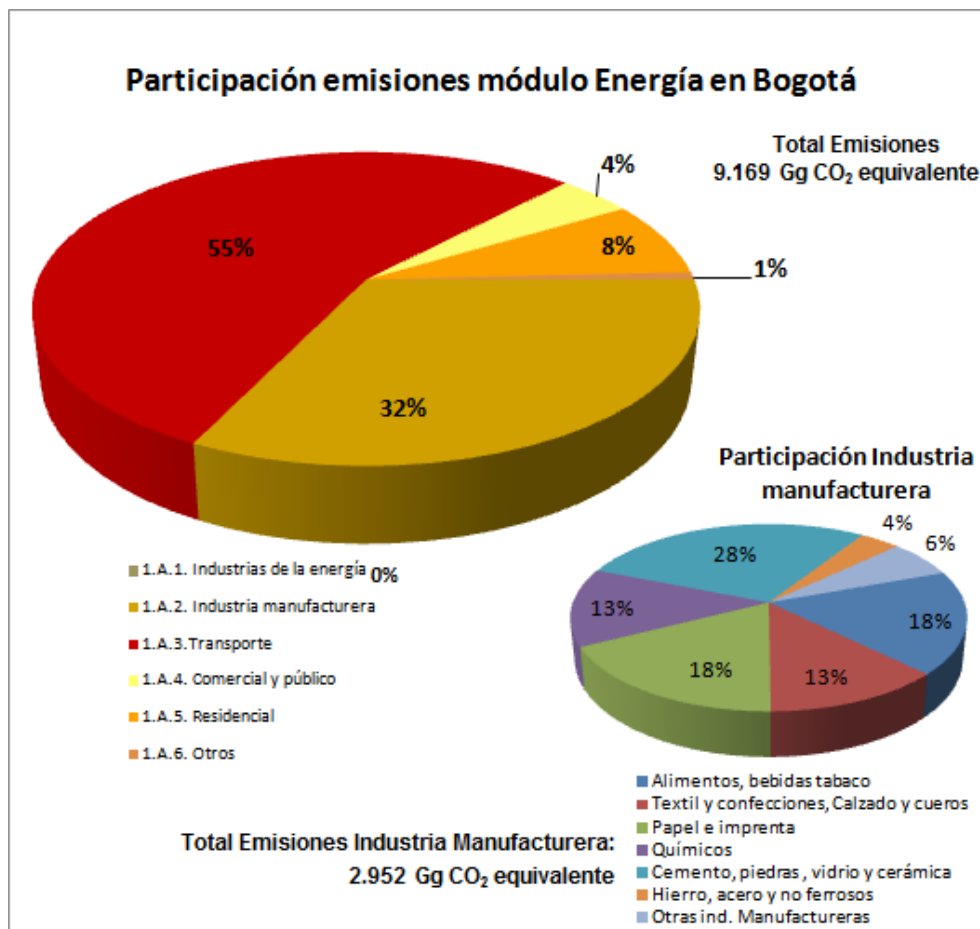
Es importante mencionar que dentro de las emisiones del sector transporte reportadas para Bogotá, se encuentra un 5% de emisiones aportadas por el transporte aéreo, valor tomado del inventario de emisiones GEI para Bogotá realizado por la Secretaría Distrital de Ambiente para el año 2008.

El cálculo fue realizado bajo metodología IPCC, asumiendo que las emisiones por esta actividad se le deben imputar a la región en donde es vendido el combustible empleado. Bajo esta premisa se realizó el cálculo tomando los datos de consumo de combustibles para vuelos nacionales y factores por de emisión por defecto IPCC. Se tomó este dato del inventario de la SDA teniendo en cuenta que bajo esta investigación no fue posible encontrar dichos consumos y porque de la revisión del anexo técnico se encontró que el cálculo comparable con las metodologías empleadas en el presente trabajo.

Para efectos del cálculo de las emisiones de sector transporte por carretera, se emplearon los factores de emisión suministrados por el IPCC (metodología nivel 1), teniendo en cuenta que no existen factores validados a nivel local y a que la UPME como entidad rectora en el tema en el país, en mesas de trabajo para la elaboración de inventarios a nivel nacional definió pertinente el empleo de dichos factores; la posible diferencia en cuanto al contenido de carbón respecto a los carbones colombianos, se refleja en el cálculo de incertidumbre. Resultó entonces ser el dato de actividad el paso controlante en el cálculo; en cuanto a las fuentes de información sobre consumos de combustibles en la región, se estableció que la más confiable es el registro de ventas de cada distribuidor; sin embargo, no fue posible acceder a toda la información por esta vía debido al gran número de distribuidores en la región y al carácter privado de estos que registre el acceso a la información; también se consultó a ECOPETROL quienes reportan el dato de ventas a nivel nacional pero no lo presentan a nivel departamental.

En consenso con la UPME se determinó que a través del cobro a sobretasa a los combustibles líquidos era posible obtener los consumos con alto grado de certidumbre y que para gas natural la GREG recopilaba información de ventas de cada distribuidor; dado que estas fuentes centralizan la información desagregada por departamento y con bajo grado de incertidumbre, se seleccionaron para efectuar el cálculo bajo metodología Bottom Up (datos regionales, recopilados a través de informes de los consumidores y distribuidores puntuales), esperando que pueden ser empleadas para realizar los inventarios de este sector en las otras regiones del país. Es importante mencionar que para obtener información más detallada que permita una mejor orientación a las estrategias de mitigación, es necesario en cada región, buscar determinar los consumos por tipo de transporte y edad del parque automotor.

FIGURA 6.5. PARTICIPACIÓN EMISIONES POR CATEGORÍA DE FUENTE EN EL MÓDULO DE ENERGÍA EN BOGOTÁ



- En segundo lugar tanto para Cundinamarca como para Bogotá, y de forma coherente con la importante participación del PIB manufacturero en la región, se encuentran las emisiones del sector de industrias manufactureras. Este sector ocupa el cuarto lugar en cuanto aporte del PIB en Bogotá con una participación del 13% (luego de sectores no intensivos en uso de combustibles como lo son comercio, establecimientos financieros y actividades inmobiliarias, y actividades de servicios sociales) y respecto al PIB manufacturero nacional, la capital se ubica en primer lugar con una participación del 22% para el año 2008. En Cundinamarca esta actividad es la rama económica más representativa, aporta el 25% del PIB departamental y con relación al nivel nacional aporta cerca del 5%, lo que constituye la quinta economía regional en importancia en el país después de Bogotá, Antioquia, Valle y Santander. En cuanto a consumos de combustibles y según cálculos de este estudio, el sector empleó aproximadamente el 32% de la energía total consumida en la región en el 2008 (excluida la energía eléctrica). Las estrategias de mitigación en este sector resultan entonces importantes a nivel local y nacional y deben orientarse sobre los principales sectores manufactureros generadores.

Para Cundinamarca y Bogotá, tal como se observa en las figuras 6.4 y 6.5, las industria manufacturera más representativa en emisiones son las agregadas bajo el código CIU 26: Cemento, piedras, vidrio y cerámica, seguida por CIU 15 Y 16: Alimentos, bebidas y tabaco que en total representan el 77% para Cundinamarca y el 46% para Bogotá; al respecto es importante señalar que la industria cementera es inexistente en Bogotá y que las emisiones son aportadas por el consumo de combustibles con fines energéticos en los sectores piedras, vidrio y cerámica (razón por la cual el aporte es menor que el de Cundinamarca). Resultan también importantes para Cundinamarca, el consumo de energía en la industria con código CIU 24: Químicos (10%) y en Bogotá las industrias CIU 21 Y 22: Papel e imprenta (18%), CIU 24: Químicos (14%) y CIU 17 a 19: Textil y confecciones, Calzado y cueros (13%); encontrando que en Bogotá existe un mayor número de sectores aportantes y en Cundinamarca el 87% de las emisiones está concentrado en tan solo 3 sectores, lo cual es coherente con el número y diversidad de industria existente en la ciudad capital, mientras que en el departamento el principal consumo y por lo tanto emisiones están dadas por la presencia de las pantas cementeras (en el ítem de procesos industriales se detallan mas aspectos sobre esta industria en Cundinamarca).

Los factores de emisión empleados en el cálculo para este sector, bajo las mismas consideraciones que para el sector transporte, fueron los reportados por defecto por el IPCC (metodología nivel 1). En cuanto a los datos de actividad, se encontró que no existe un sistema o fuente de información que recopile o permita determinar consumos de todos los combustibles en el sector de la industria manufacturera a nivel departamental. Se consultó con ECOPETROL la posibilidad de desagregar los datos que reportan sobre ventas a nivel nacional, pero no se obtuvo respuesta satisfactoria, de igual forma, la UPME efectúa el cálculo a nivel nacional y no posee datos ni metodología definida para obtenerlos a nivel local; también se encontraron reportes de consumo de gas natural en la GREG pero el total nacional difería en más del 60% del total reportado en el BEN, según consulta con expertos, porque no todas las industrias reportan, a diferencia de las ventas de GNV en donde se tiene más control por estar centralizada la información en los distribuidores.

La recolección de información de consumos en este sector por fuente puntual requiere de altos recursos financieros, humanos y de tiempo dado el importante número de empresas del sector. Se cuenta con información de consumos recolectada para estimar los inventarios de emisiones de contaminantes criterio efectuadas por las autoridades ambientales respectivas en convenio con otras entidades; sin embargo estos no abarcan el total de empresas y el procesamiento de la información resultó dispendioso, principalmente por datos faltantes en las respectivas bases de datos; por lo tanto fue necesario proponer el empleo de una metodología Top Down que pueda ser de fácil aplicabilidad en otras departamentos y que represente un método importante en términos de costo-eficiencia.

La metodología Top Down propuesta y empleada en el cálculo se basa en determinación de consumos locales a partir del indicador de Intensidad Energética nacional (TJ/\$)³, calculado a partir de datos de consumos nacionales de combustibles en las industrias manufactureras registrados en el BEN y de los valores agregados (\$) nacionales y departamentales de las cuentas nacionales del DANE (metodología descrita en el capítulo

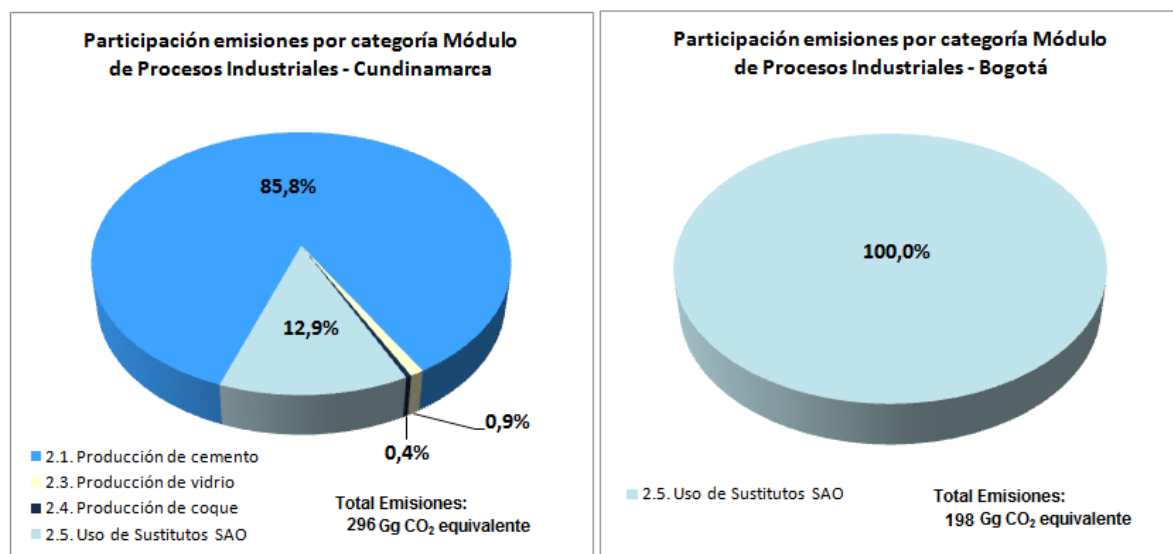
3 La intensidad energética mide cuánta energía requiere cada país o región para generar una unidad de PIB. World Energy Council (2004)

sobre metodología), esta metodología ha sido propuesta en otros países para realizar inventarios regionales (Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal México, 2006; SERD, 2000). El principal supuesto es asumir relación directamente proporcional entre el valor agregado de un sector y el consumo de combustibles, aspecto que fue tenido en cuenta en el cálculo de incertidumbre, asociando un porcentaje atribuido al modelo.

- Para Cundinamarca, en tercer lugar se encuentran las emisiones generadas por el empleo de combustibles fósiles para generación eléctrica; actividad inexistente en Bogotá. En el departamento se ubican 8 centrales administradas en su totalidad por EMGESA; 7 son hidroeléctricas que no emplean combustibles fósiles en su actividad y 1 central térmica que funciona con carbón mineral (información tomada de la página de EMGESA). Al ser una única termoeléctrica, fue posible obtener información sobre consumo de la fuente puntual, lo que reduce la incertidumbre en el cálculo y permite desarrollar una metodología Bottom Up y se asume que así mismo es posible la consecución de información en otras regiones, dado que el número de fuentes es moderado. Otra actividad inexistente en Bogotá y que representa el cuarto lugar en emisiones de GEI para Cundinamarca, es la actividad minera de carbón que genera emisiones fugitivas de metano. Los datos de producción de carbón por tipo de sistema (a cielo abierto o subterráneo) pueden ser obtenidos del sistema de información minero de la UPME disponible en su página de internet, que reporta datos por departamento que pueden ser empleados para el cálculo de emisiones regionales por esta actividad bajo metodología Bottom Up, nivel 1 empleando los factores de emisión dados por defecto por el IPCC o que no existen o no han sido difundidos factores de emisión locales para emisiones fugitivas en actividades de minería de carbón.
- Las emisiones generadas por el consumo de combustibles en actividades comerciales y en el sector residencial son las de menor aporte del módulo, tanto para Cundinamarca como para Bogotá con una participación del 12% y 6% respectivamente. Los principales combustibles empleados en estos sectores son el gas natural y el gas licuado de petróleo, y los consumos se obtiene del SUI que recopila la información de los distribuidores con un error considerado bajo de donde es posible obtener los datos desagregados por departamento para el cálculo de las emisiones de estos sectores en cada región. Los valores más bajos obtenidos para Cundinamarca, 291 Gg CO₂ eq vs 712 Gg CO₂ eq en el sector residencial sugieren una dependencia de los consumos de GN y GLP con el total de la población, encontrando indicadores similares: 0,0019 TJ/habitante para Cundinamarca y 0,0016 TJ/habitante en Bogotá, de igual forma los valores en el sector comercial de 46 Gg CO₂ eq vs 397 Gg CO₂ eq sugieren dependencia de los consumos con el PIB para el sector comercio, encontrando indicadores similares 0,2 TJ/\$ en Cundinamarca y 0,3 TJ/\$ en Bogotá; por esta razón se propone una metodología Top Down para determinar los consumos regionales de los demás combustibles (petróleo, diesel, fuel oil) en estos sectores, basados en PIB y en N° de habitantes, asociándole a los resultados un error dado por el modelo.

6.3 RESULTADOS MODULO DE PROCESOS INDUSTRIALES:

FIGURA 6.6. PARTICIPACIÓN EMISIONES POR CATEGORÍA DE FUENTE EN EL MÓDULO DE PROCESOS INDUSTRIALES



Del total de emisiones en el módulo de procesos industriales, el 87% corresponde a emisiones de CO₂ y el 13% restante a emisiones de sustitutos SAO (HFC – 152a, HFC – 134a). En Bogotá el 100% corresponde a emisiones de sustitutos SAO (HFC – 152a, HFC – 134a). En la figura 6.6 se presenta el aporte realizado por cada uno de los procesos considerados en el módulo en Cundinamarca y Bogotá respectivamente.

- Es importante, en primer lugar recordar que en este módulo se contabilizan las emisiones generadas en la transformación de materias primas a productos y no las emitidas en la generación de energía para el proceso, las cuales se contabilizan en el módulo de energía. De las industrias generadoras de GEI por proceso listadas por el IPCC (ver gráfico procesos industriales marco teórico), existen en la región: Producción de cemento, producción de vidrio y producción de coque; en los dos primeros procesos se generan emisiones de CO₂ por la calcinación de los carbonatos presentes en la materia prima y en el proceso de coque se generan emisiones de CH₄. También se contabilizan dentro de este módulo las emisiones generadas por el uso de sustitutos saos en distintas aplicaciones como refrigeración y aire acondicionado; extinción de incendios y protección contra explosiones; propulsores; solventes; limpieza con solventes; entre otros. En Colombia el sustituto SAO de mayor importación es el HFC-134A, este refrigerante constituye el 99% de importaciones totales nacionales en cuanto a sustitutos SAO y es usado principalmente en refrigeración doméstica, refrigeración comercial, procesamiento de alimentos, refrigeración industrial, transporte refrigerado y aire acondicionado portátil; razón por la cual se asume que en la región también

existen dichos usos.

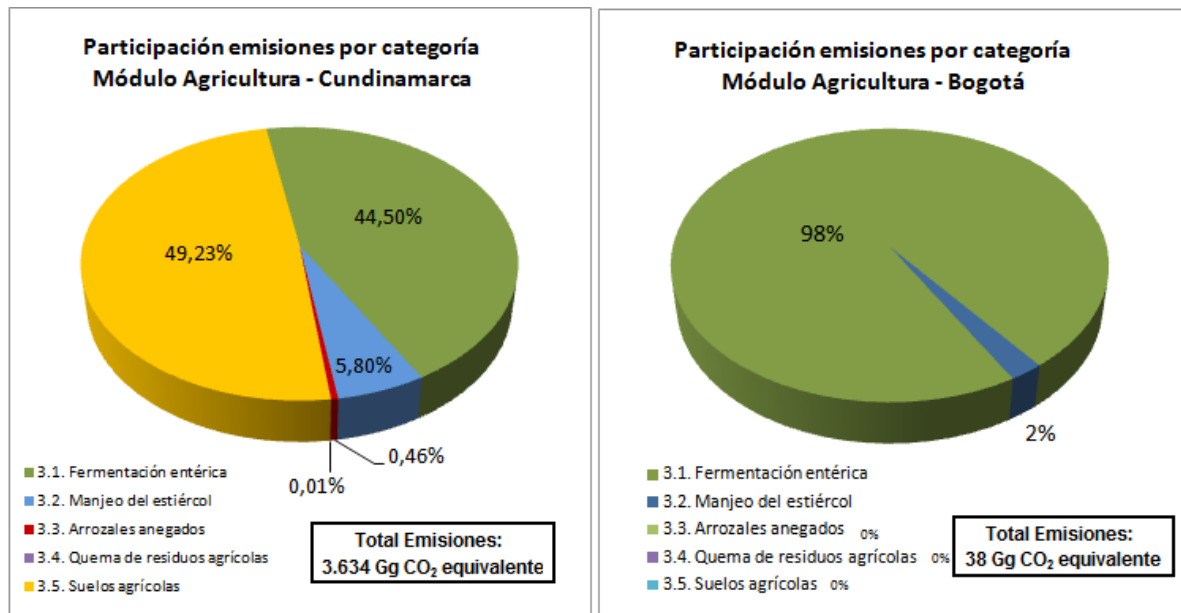
- El proceso de producción de cemento, genera el 86% de las emisiones del módulo en Cundinamarca y esta actividad no existe en Bogotá. La producción se realiza en las siguientes plantas: Santa Rosa de Cemento en la Calera (Cementos Samper), una planta ubicada en Cogua bajo la razón social de cementos Diamante S.A., una planta de cementos Titán S.A. en Cota y la planta de Argos en Cajicá. Según datos de producción reportados por el DANE, la participación de Cundinamarca en la producción Nacional es en promedio del 4,7%. Este sector industrial representa una interesante alternativa de evaluación de opciones de mitigación dado que además de generar emisiones por proceso, se constituye en uno de los principales consumidores de combustibles con fines energéticos (ver resultados módulo de energía). La información requerida para el cálculo se encuentra en la Encuesta anual Manufacturera reportada en la página del DANE, en donde es posible obtener datos por departamento para realizar el cálculo en las demás regiones del país.
- El empleo de sustitutos SAO, representa para Bogotá el 100% de las emisiones y para Cundinamarca el 13%. El aporte significativo se debe principalmente a los altos potenciales de calentamiento global de las sustancias consideradas (HFC - 152a: 120 y HFC - 134a: 1.300). Esta participación resulta importante dentro del módulo pero representa respecto a las emisiones totales un 0,4% en Cundinamarca y un 2% en Bogotá. Para la estimación de estas emisiones se empleó una aproximación Top Down descrita en el capítulo metodológico, basada en el PIB total de la región y nacional y el total nacional de importaciones reportado por el Ministerio de Comercio en su base de datos BACEX, la cual tiene asociado un alto valor de incertidumbre; sin embargo se constituye en una primera aproximación y se espera que a través de una futura investigación se pueda obtener una metodología que contemple por ejemplo el resultado del estudio de caracterizar el uso de HCFCs en refrigeración y aire acondicionado en Colombia adelantado por la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Colombia en convenio con la Unidad Técnica de Ozono -UTO- del MADS, de tal forma que conlleve a la obtención de resultados con menor incertidumbre, y que sea aplicable en cada región del país.
- La producción de vidrio, se encuentra ubicada en Cogua en la productora de vidrio plano de O-I Peldar, compañía que hace parte de la multinacional Owen-Illinois, la planta es la única en el país que produce vidrio plano, razón por la cual este cálculo no debe realizarse en las demás regiones del país. Según reporta O-I Peldar en la planta de Cogua usan de un 26% a un 30 % de vidrio reciclado, 22 % producto interno y un 4% de vidrio reciclado que se compra en la calle y un aporte de materia prima con contenido de carbonatos (OSSMA. 2012).

6.4 RESULTADOS MÓDULO DE AGRICULTURA

Las emisiones del módulo de agricultura, corresponden para Cundinamarca en un 53% a emisiones de N₂O (principalmente por los suelos agrícolas) y un 47% emisiones CH₄ (en su mayoría por fermentación entérica del ganado). La participación por gas en Bogotá es de 99% CH₄ (por fermentación entérica y manejo

del estiércol) y 1% N₂O (manejo del estiércol). En la figura 6.7 se presenta la participación por cada categoría en el modulo de agricultura.

FIGURA 6.7. PARTICIPACIÓN EMISIONES POR CATEGORÍA DE FUENTE EN EL MÓDULO DE AGRICULTURA



- El área de suelo rural de Bogotá (122.271 ha) corresponde a un 75% del total y se encuentra principalmente en las localidades de Sumapaz (78.095 ha), Usme (18.483 ha) y Ciudad Bolívar (9.608 ha). (citar <http://observatorioruralbogota.gov.co>). Aunque se presenta un área considerable rural, la actividad agropecuaria es mínima y el valor agregado aportado por la rama de actividad Agricultura, Ganadería, Caza, Silvicultura y Pesca tan solo el 0,03% del PIB total de Bogotá (año 2008); aspecto coherente con el aporte no significativo (0,3%) de las emisiones de este módulo en el total calculado para Bogotá. Las emisiones reportadas son las de metano generadas por el ganado en la localidad.

No se registran emisiones por arrozales anegados (cultivo inexistente en Bogotá) y quema de residuos agrícolas (práctica no identificada). En concordancia con la escasa área de uso agropecuario de Bogotá, las emisiones de la categoría de suelos agrícolas se atribuyeron en su totalidad al territorio de Cundinamarca, dado que no fue posible obtener datos de hectáreas sembradas y área de cultivos en suelos histosoles de manera desagregada para Bogotá-Cundinamarca.

- En Cundinamarca, la superficie de suelo rural equivalente a 2.209.132 ha de las cuales, en promedio el 9,2% se dedica a usos agrícolas, el 72% a usos pecuarios, un 15,8% a bosques y el 2,9% a otros; las cifras muestra una importante vocación agropecuaria en el territorio, encontrando que

dichas actividades son desempeñadas aproximadamente por un 34,4% de la población del Departamento (Secretaría de Planeación Cundinamarca, 2011). Este hecho sustenta la participación del 35% de las emisiones del módulo calculadas para Cundinamarca. A nivel nacional el departamento representa un total del área con uso agrícola del total del país del 5% (ocupando un 5to lugar) y una participación en producción de 13%, lo que indica una actividad significativa a nivel nacional (Ministerio Agricultura y Desarrollo Rural, Corporación Colombia Internacional, 2008).

El N₂O generadas por las emisiones directas e indirectas de suelos agrícolas en Cundinamarca, representan el principal aporte con un 17% del total; la mayor participación en las emisiones directas lo aporta el nitrógeno del estiércol del ganado (34%) y de los residuos de las cosechas (29%), y de las emisiones indirectas el mayor aporte es por la deposición atmosférica del N como NH₃ y óxidos de N (NO_x) (99%). Las emisiones de CH₄ generadas por la fermentación entérica aportan el 15%, principalmente por el ganado bovino cuya explotación representa el 78% de la actividad pecuaria del Departamento. Se encuentran cultivos de arroz seco y riego en los municipios de Beltrán, Girardot, Paratebueno, Ricaurte, San Juan de Río Seco, Tocaima, y prácticas poco comunes de quema de residuos de maíz en campo; el aporte de emisiones por estas dos actividades representa tan solo el 0,2% de las emisiones del módulo. De los resultados para este módulo se concluye la importancia de estudiar prácticas de manejo agropecuario que conlleven a una reducción de las emisiones de GEI en el departamento

- Para el cálculo, para la mayoría de categorías se emplearon factores de emisión por defecto IPCC (nivel 1), dada la existencia de datos locales; para el cálculo de emisiones de fermentación entérica por ganado bovino se empleó un factor local (cálculo de nivel 2) reportado por el IDEAM tal como se describió en el cuadro 4.1. La información sobre datos de actividad, se encontró de forma puntual para cada categoría de fuente en el departamento, permitiendo realizar un cálculo con metodología Bottom Up según se describió en el capítulo sobre metodología. Las fuentes de información empleadas corresponden básicamente a estadísticas agropecuarias de entidades del estado del orden nacional y local y estadísticas de asociaciones que generan la información desagregada por departamentos, lo cual sugiere que es posible para las demás regiones del país obtener fuentes de información regionales.

Únicamente para efectuar el cálculo de aportes de nitrógeno al suelo por utilización de fertilizantes sintéticos nitrogenados en la categoría de suelos agrícolas, fue necesario realizar aproximación Top down (descrita en el capítulo sobre metodología), la cual se basa en indicadores de consumo de fertilizantes por hectárea calculados a partir de información nacional de venta total de fertilizantes sintéticos nitrogenados y total de hectáreas sembradas en Colombia. El empleo de fertilizantes depende del tipo del cultivo, sistemas de cultivos y de los requerimientos de nutrientes por tipos de suelo en cada región; la metodología empleada asume que dichos aspectos son similares para todas las regiones y por lo tanto es necesario tener en cuenta esta aproximación en el cálculo de la incertidumbre de los resultados calculados. Para efectos del cálculo se establece como una aproximación válida teniendo en cuenta que la aplicación de fertilizantes se realiza por

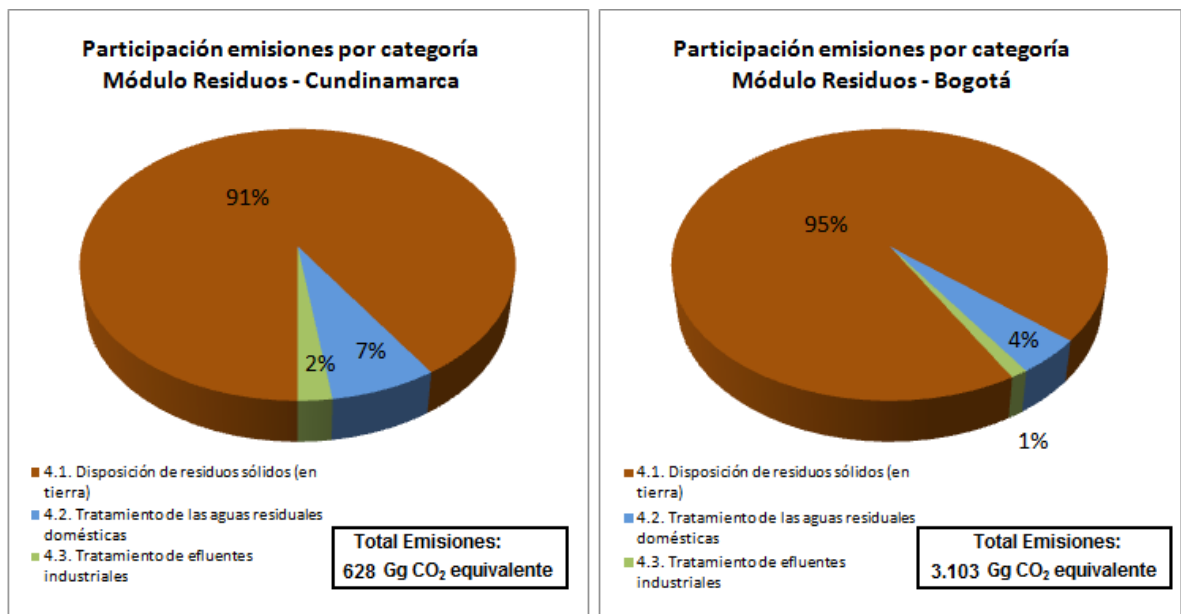
hectárea sembrada y que Cundinamarca, por su diversidad geográfica, posee la mayoría de cultivos que existen en Colombia (excepto cocotero, fique, tabaco y ñame), es decir que se requiere fertilizante para los mismos cultivos que requiere el nivel nacional; finalmente es importante señalar que la FAO reporta para cada país el indicador “intensidad de uso de fertilizantes” en toneladas/1000 ha, dentro de los indicadores de Tierras agrícolas – uso de agroquímicos.

6.5 RESULTADOS MÓDULO DE RESIDUOS

Para Cundinamarca, el aporte por gas en las emisiones totales es de 96% CH₄ y 4% N₂O y en Bogotá 97% CH₄ y 3% N₂O. El aporte de cada categoría contemplada en el módulo se presenta en la figura 6.8.

- La disposición de residuos sólidos en rellenos sanitarios es la principal fuente generadora de metano en este módulo; con un aporte del 95% en Bogotá y del 91% en Cundinamarca. Las emisiones generadas en Bogotá son aproximadamente 5,2 veces las emisiones generadas en Cundinamarca, dado que estas dependen de la cantidad de residuos dispuesta en cada relleno y por lo tanto del total de la población. En Bogotá se ubica el relleno sanitario Doña Juana en donde se disponen los residuos generados por aproximadamente el 98% de la población bogotana; En Cundinamarca existen dos (2) rellenos sanitarios regionales (Nuevo Mondoñedo y Praderas del Magdalena) y tres (3) rellenos locales ubicados en Chocontá, Cucunubá, Villapinzón; estos cinco (5) rellenos reciben los residuos de 101 municipios del Departamento y los 15 restantes los disponen en rellenos ubicados en Meta, Caldas y Boyacá. Por las especificaciones técnicas y modo de operación sólo los rellenos Doña Juana y los dos (2) regionales se consideran tecnificados y para el año del inventario 2008 no se realizaba recuperación de metano en ninguno. Se encuentra que existe un interesante potencial de proyectos de mitigación por esta fuente, dado que a la fecha solo se han presentado proyecto MDL para la recuperación de biogás en los rellenos Doña Juana y Praderas de Magdalena (aprobados en 2009 por el MADS); existiendo un potencial de captura en el relleno Nuevo Mondoñedo que recibe en promedio 1301,41 ton/día y la posibilidad en los rellenos locales de mejorar condiciones técnicas (incluida captura de metano) y ampliar cobertura a otros municipios.

FIGURA 6.8. PARTICIPACIÓN EMISIONES POR CATEGORÍA DE FUENTE EN EL MÓDULO DE RESIDUOS



- Las emisiones durante el tratamiento anaerobio de aguas residuales domésticas corresponden al 7% de las emisiones en Cundinamarca y el 4% en Bogotá. Estas emisiones son más altas en Bogotá en un factor de 3,1 y también están asociadas al número de la población y al tipo de tratamiento. Las aguas residuales generadas en Bogotá son recolectadas y transportadas por el sistema de alcantarillado (cerrado y en su mayoría subterráneo), para posteriormente ser vertidas a los cuerpos de agua que conforman la red hidrográfica de Bogotá; 4 m³/segundo son tratados en la planta de Tratamiento de Aguas Residuales el Salitre atendiendo tan solo a una población de 2.200.000 habitantes. La PTAR El Salitre cuenta con tres (3) digestores anaeróbicos y diariamente, se producen alrededor de 13.500m³ de biogás, el cual se almacena en un gasómetro, y se utiliza para calentar el lodo en los mismos biodigestores. En promedio se consume un 35% del biogás generado y el exceso de biogás se quema en una tea. Es importante señalar entonces, que las emisiones calculadas se reportan a manera de información, dado que el CH₄ no se está emitiendo como tal a la atmósfera.

En Cundinamarca, el 86% de viviendas urbanas cuenta con sistema de alcantarillado y según información de la CAR y de la SISPD, para su tratamiento existen 25 plantas de tratamiento de aguas residuales (PTARS) que cuentan con tratamiento de tipo anaerobio (lagunas y reactores); según reporte de la CAR, en 14 de estas no se realiza quema de biogás ni es empleado con otros fines; para el resto de las plantas se desconoce este aspecto, aunque un experto de la SISPD señala que esta práctica no es común en los pequeños prestadores.

Resulta importante investigar y verificar este aspecto y realizar un estudio de costo/beneficio en el aprovechamiento de gas de estas plantas que pueda conducir a la implementación de estrategias de mitigación.

- La información requerida para el cálculo de emisiones por tratamiento de residuos sólidos está disponible de manera local a través de varias fuentes de información confiables, como las autoridades ambientales, las operadoras de cada relleno y los informes anuales sobre gestión de residuos sólidos publicados por la SISPD, la diferencia en datos entre fuentes de información es menor al 2%. En este sentido, para todas las regiones es posible realizar el cálculo Bottom Up con información regional para esta categoría.

La SPISPD recopila información sobre grandes y pequeños prestadores de servicios de alcantarillado y es posible obtenerla información sobre aguas residuales domésticas por regiones realizando la respectiva solicitud; sin embargo, se encuentra que tiene mayor cobertura y seguimiento a las variables requeridas por el cálculo, la información suministrada directamente por las operadoras de las diferentes PTAR; en ese sentido se puede contar en cada región con información para efectuar el cálculo Bottom Up, realizando una revisión de la fuente de información más completa. En todos los casos, la información presenta un grado de incertidumbre medio asociado principalmente a los métodos de medición in situ de las diferentes variables de cálculo.

La recolección de la información para el cálculo de emisiones por tratamiento anaerobio de vertimientos industriales, resulta un proceso complejo dado que el número de fuentes es significativo y a la fecha tan solo algunas industrias cuyos vertimientos se consideran peligrosos, son monitoreadas por las autoridades ambientales. Desde el año 2010 se implementó el Registro Único Ambiental Manufacturero –RUA–, se espera que a través de este instrumento administrado por el IDEAM sea posible recopilar la información necesaria para el cálculo por departamentos.

6.6 RESULTADOS INCERTIDUMBRE

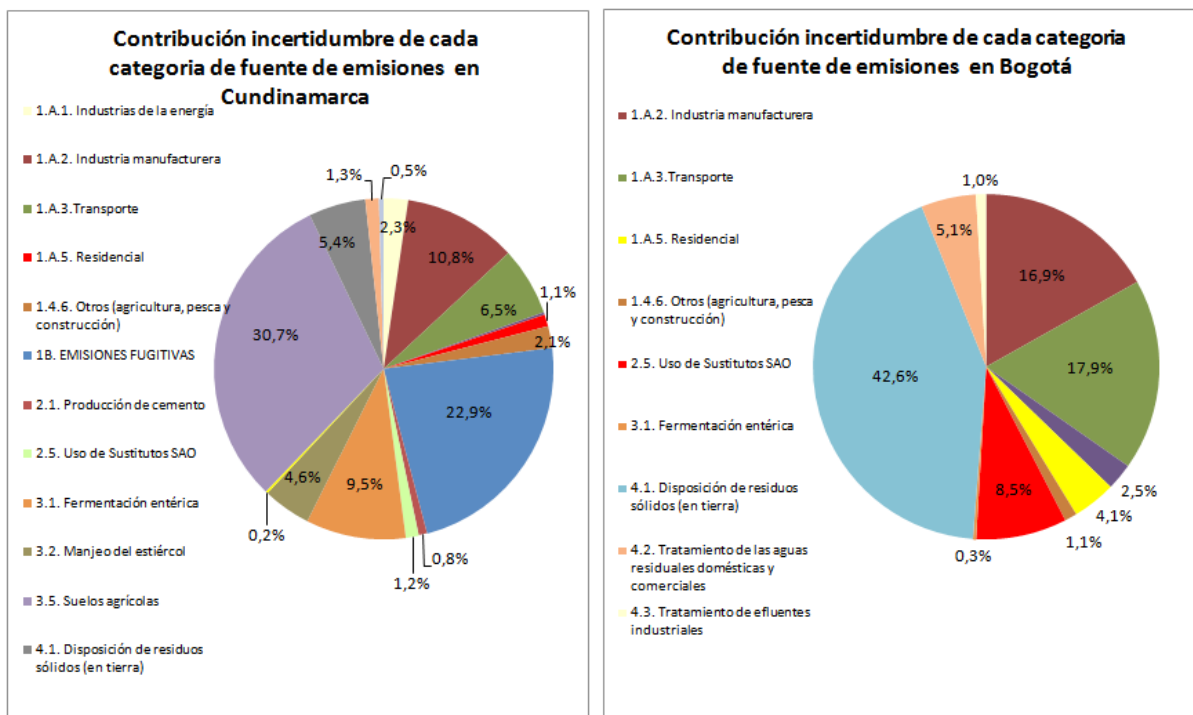
Tal como se reportó en la tabla de resultados 6, para Cundinamarca se estimó un total de emisiones de 10.454 ± 934 Gg de CO₂ equivalente (coeficiente de variación CV del 9%) y para Bogotá 12.508 ± 413 Gg de CO₂ equivalente (CV del 3%). En la figura 6.11 se ilustran los aportes de incertidumbre por categoría de fuente emisora.

Las contribuciones de incertidumbre de las categorías de fuente comercial y pública, producción de vidrio, producción de coque, arrozales anegados y quema de residuos agrícolas para Cundinamarca no se presentan dado que aportan más del 0,5% del total de incertidumbre. Como se puede observar en la gráfica, el mayor aporte de incertidumbre corresponde a las categorías de fuente de suelos agrícolas, emisiones fugitivas e industria manufacturera (64% en total).

Las incertidumbres en las estimaciones de las emisiones directas de N₂O de suelos agrícolas son provocadas principalmente por las incertidumbres relacionadas con los factores de emisión, datos de la actividad, y falta de información sobre prácticas rurales específicas (manejo del estiércol, aplicación de fertilizantes, principalmente); las incertidumbres en las estimaciones de emisiones indirectas de N₂O son ocasionadas por

variabilidad natural, por los factores de emisión volatilización y lixiviación y por los datos de la actividad. Las incertidumbres correspondientes a los factores de emisión reportan variaciones que van desde el 50% hasta el 200% (por ejemplo en el caso de el factor de emisiones indirectas de N₂O procedentes de la deposición atmosférica de NH₃ y NO_x) (IPCC 2006). Respecto a los datos de actividad, las fuentes de información son confiables, se basan en cuantificaciones tomadas directamente en cada municipio (cabezas de ganado, hectáreas sembradas) y datos de importaciones de fertilizante a nivel nacional recopilados por la autoridad competente, asociando a estos datos un CV entre el 5% y 10%. Se adiciona un porcentaje de error del 30% atribuido a la aproximación Top Down efectuada para obtener el consumo regional de fertilizante, teniendo en cuenta que se asume que se consumen en la región de forma proporcional a las hectáreas sembradas en cultivos.

FIGURA 6.9. CONTRIBUCIÓN DE INCERTIDUMBRE POR CATEGORÍA DE FUENTE.



En el caso de las emisiones fugitivas de metano por minería del carbón, el más alto error está asociado al factor de emisión asumido por defecto, para el cual se reporta un rango de incertidumbre de ± 50 -75% (IPCC, 2006), dado principalmente por la variabilidad natural de la fuente y método de extracción del carbón.

En la industria manufacturera se combinan por adición las incertidumbres calculadas para cada uno de los sectores manufactureros contemplados, las cuales a su vez dependen del error asociado al dato de actividad y al factor de emisión por defecto. Se encuentra que el mayor aporte de incertidumbre está dado por el factor de emisión para el CH₄ y N₂O (rangos entre 50-150%), dado que estos pueden variar significativamente dependiendo de incertidumbres en las mediciones y debido a las variaciones estocásticas de las condiciones

del proceso (IPCC, 2006). Para el factor de emisión de CO₂ que tiene mayor peso en el cálculo, se contempla un error del 7% atribuido principalmente a la diferencia en el contenido de carbono de los combustibles en cada región (IPCC, 2006). Los datos de actividad empleados tienen asociado el error a la fuente de datos a nivel nacional y el introducido por la metodología Top down empleada (30%). La fuente de información de consumos a nivel nacional es el BEN que se define como la cuenta energética del país y muestra el conjunto de relaciones de equilibrio que contabiliza los flujos físicos por los cuales la energía se produce, se intercambia con el exterior, se transforma y se consume; desde el año 2000 hasta la fecha, el BEN se alimenta con proyecciones (UPME, 2010), los coeficientes de variación dependen del combustible, es así como para el carbón son más altos que para los combustibles derivados del petróleo y el gas natural; estos coeficientes de variación están entre el 20% y el 30%.

Las emisiones calculadas para Bogotá, tienen el mayor aporte de incertidumbre del cálculo de emisiones para las categorías de fuente de disposición de residuos sólidos, sector transporte, e industria manufacturera. Se señala que en Bogotá no se generan emisiones por industrias de la energía, emisiones fugitivas de la minería del carbón, arrozales anegados, quema de residuos, suelos agrícolas y producción de cemento (actividades inexistentes), aspecto importante para que la distribución de contribución de incertidumbre por categoría varíe significativamente respecto a la de Cundinamarca.

El cálculo para las emisiones generadas por la disposición de residuos sólidos, tiene asociada incertidumbre por el método, los datos de actividad (cantidad de residuos dispuesta) y el carbono orgánico degradable presente en los residuos. La incertidumbre en los datos sobre eliminación de desechos depende de cómo se obtienen los datos, dadas las fuentes de información empleadas, que recopilan datos de cantidades pesadas por los operadores de cada relleno, se consideran bajos (CV 2%); en cuanto al método, el empleado denominado de equilibrio de masas (Nivel 1), tiende a conducir a una sobreestimación de las emisiones al suponer que todo el CH₄ se libera en el mismo año en el que se depositaban los desechos. El valor del carbono orgánico degradable depende de factores, como la temperatura, la humedad, el pH, la composición de los desechos; para el cálculo se emplea la caracterización de cada relleno lo cual disminuye a incertidumbre pero se emplean valores por defecto del componente orgánico de cada tipo de desecho, los cuales tiene asociado un CV entre el 10 y 30% (IPCC, 2006).

En cuanto al sector transporte, el mayor aporte está dado en primer lugar por el peso ponderado que tienen estas emisiones sobre el total y la mayor contribución en la incertidumbre la realiza el dato de emisiones para el transporte aéreo; pues existe una incertidumbre considerable inherente al cálculo de CO₂ basada en las incertidumbres de los datos de la actividad, dado que se requiere realizar una aproximación considerable para estimar las ventas de combustible en el aeropuerto de Bogotá para vuelos nacionales (separadas de las ventas para vuelos internacionales) y porque la incertidumbre del factor de emisión de CH₄ puede variar entre -57 y +100% y la del factor de emisión de N₂O entre -70 y +150%; además estos factores de emisión varían con la tecnología, y utilizar un solo factor de emisión para la aviación, en general, es una simplificación considerable (IPCC, 2006). En cuanto al sector de transporte por carretera, el CV calculado es del 6,5% dado que los datos de actividad son tomados de fuentes regionales consideradas confiables por ser reportadas directamente por los distribuidores al SUI (en el caso del GN) y calculados a partir de la sobretasa cobrada a los combustibles líquidos.

7. RECOMENDACIONES PARA LA REDUCCIÓN DE EMISIONES EN CUNDINAMARCA Y BOGOTÁ

Como se mencionó en el capítulo introductorio, uno de los objetivos del inventario es identificar las prioridades para las iniciativas de mitigación, que posteriormente se constituyan en proyectos que para ingresar en el mercado de carbono requerirán mecanismos de cuantificación, seguimiento, reporte y verificación.

La identificación de sectores prioritarios para la implementación de opciones de reducción a través de los resultados del inventario de emisiones, se constituye en un primer insumo importante en materia de mitigación dentro del Plan Regional Integral de Cambio Climático PRICC Bogotá – Cundinamarca, y se recomienda que para la definición del portafolio de proyectos de mitigación se realice para cada sector identificado como prioritario, una investigación sobre las diferentes opciones de reducción de emisión posibles con el correspondiente análisis de factibilidad teniendo en cuenta diferentes aspectos como requerimientos tecnológicos, prácticas culturales, actores involucrados, etc. y el respectivo análisis costo/beneficio con el fin de identificar los proyectos estratégicos y la ruta de implementación, seguimiento y verificación. Se aclara que dichos análisis detallados no están dentro del alcance del presente proyecto pero que se espera se realicen como etapa posterior en la región y para lo cual resultan importantes los resultados de este estudio.

Una vez obtenidos los resultados del inventario, se realizó un diagrama de pareto con el objetivo de identificar las categorías estratégicas para la toma de decisiones en materia de opciones de mitigación en la región; es decir, aquellas fuentes de emisión que representan el mayor aporte de emisiones en Cundinamarca y Bogotá y que por lo tanto serían prioritarias en cuanto a reducción de emisiones.

En el figura 7.1 se presenta el diagrama de pareto para el departamento de Cundinamarca, en donde se observa que el mayor aporte es el de las emisiones generadas por el sector transporte por carretera, seguido por dos actividades del módulo agricultura: suelos agrícolas y fermentación entérica. Estas tres actividades aportan el 53% de los gases efecto invernadero en el departamento.

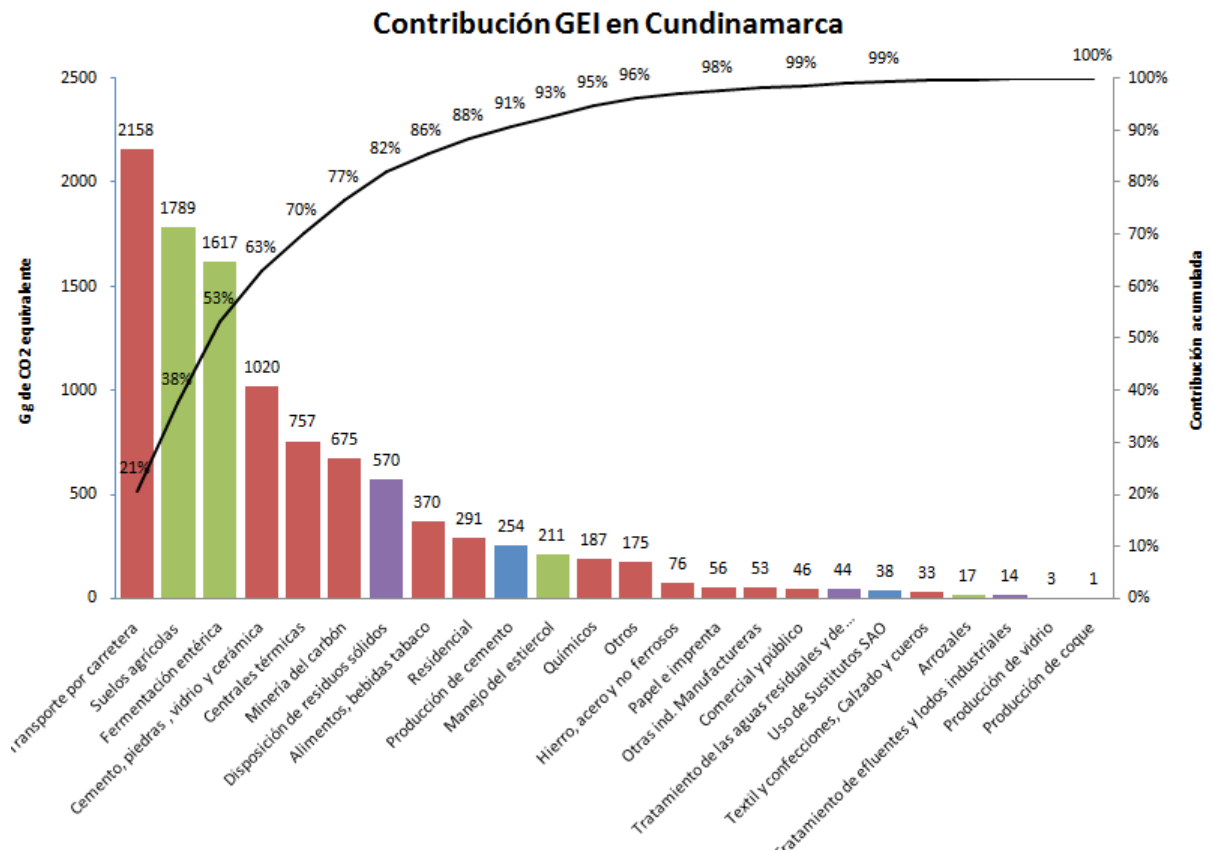
Las actividades de empleo de combustibles en la industria cementera y en la central térmica ocupan un cuarto y quinto lugar, seguidas por las emisiones fugitivas de la minería del carbón y las generadas por disposición de residuos sólidos en tierra; tan solo estas siete categorías generan el 82% de las emisiones del departamento. El 18% restante de emisiones GEI es generado por 19 categorías dentro de las que se destacan las generadas por el empleo de combustibles en el sector industrial de alimentos y bebidas y en el sector residencial y las generadas como subproducto en la producción de cemento.

Estos resultados indican que es necesario priorizar siete (7) actividades en cuanto a investigaciones y evaluación de opciones de reducción de emisión en el departamento. En el sector transporte como principal emisor, se considera que en primer lugar se deben realizar investigaciones tendientes a caracterizar las emisiones por tipo de transporte (particular, de pasajeros, de carga) y por tipo de vehículo para conocer la eficiencia de combustión y sistemas de control de emisiones; una vez detallado estos aspectos se pueden evaluar alternativas como mejoramiento de las tecnologías y de la operación de las flotas actuales y futuras del parque vehicular, sustitución de combustibles, sistemas de transporte masivo, regulación en el transporte, entre otros.

En cuanto a las emisiones del sector pecuario, se pueden contemplar estrategias tendiente a mejorar la digestibilidad de las pasturas por parte del ganado y el mejoramiento de la productividad y de la eficiencia

en la producción del ganado mediante el uso de técnicas de mejora en la genética y en la nutrición (Academia Colombiana de Ciencias Exactas Físicas y Naturales; GTZ. 1990); y en el sector agrícola realizar cambios en el manejo de suelos, principalmente: control de la erosión de suelos (labranza cero, rotación de cultivos y cultivos de cobertera) y manejo de fertilizantes.

FIGURA 7.1. DIAGRAMA PARETO RESULTADO EMISIONES CUNDINAMARCA



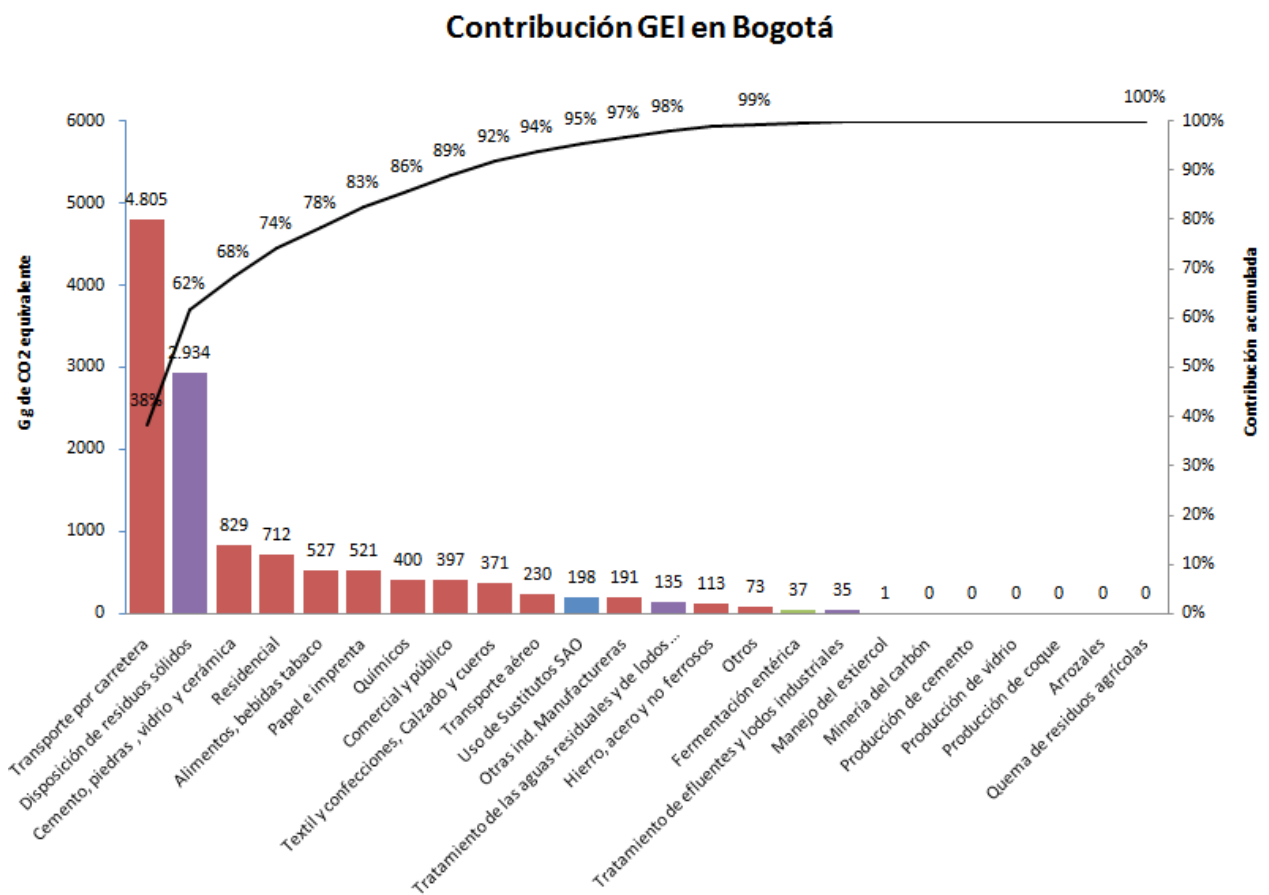
Para la industria cementera, al igual que para las demás industrias manufactureras importantes generadoras de GEI en Cundinamarca (alimentos, bebidas y tabaco y químicos), es necesario trabajar de la mano con los empresarios de cada sector para la evaluación de alternativas de modernización tecnológica y de mejoramiento de las prácticas de producción; así mismo, desde las autoridades competentes, se requiere desarrollar y fortalecer los incentivos que fomenten una producción más limpia, de desarrollo bajo en carbono.

Una opción de reducción de emisiones encontrada para la generación de energía es la del empleo de energías renovables y energía geotérmica; sin embargo opciones importantes pueden estudiarse desde el punto de vista de la demanda, implementando estrategias de uso eficiente de la energía en los diferentes sectores de la región y del país. En este punto es importante mencionar que para efectos del inventario, se están atribuyendo las emisiones por generación de energía al territorio en donde se ubica la central de gene-

ración y no se están teniendo en cuenta las emisiones indirectas generadas por el consumo energético en los diferentes sectores de la región.

Para uno de los cinco (5) rellenos de disposición final de residuos en el departamento, se ha implementado la captura y combustión de biogás generado, proyecto de Mecanismo de Desarrollo Limpio MDL aprobado por el MADS en diciembre de 2008; por lo tanto existe un potencial de reducción de emisiones en los cuatro (4) rellenos restantes, que puede resultar importante para el Relleno Sanitario Nuevo Mondoñedo, por la cantidad de residuos que recibe diariamente (1301,41 ton/día). También son importantes en este sector otras opciones como las estrategias para la disminución en la cantidad de residuos orgánicos enviados a disposición final, o la evaluación e introducción de nuevas tecnologías para la disposición final que sustituyan a los rellenos sanitarios (SEMARNAT, 2000).

FIGURA 7.2. DIAGRAMA PARETO RESULTADO EMISIONES BOGOTÁ



Como se observa en la figura 7.2, un poco más de la mitad del total de emisiones (el 62%) para Bogotá, está concentrado en tan solo dos actividades: El transporte por carretera y la disposición de residuos sólidos. Son estos dos sectores los que resultan prioritarios para la investigación de reducción de emisiones GEI. En el 2008, el MADS aprobó un proyecto MDL para la recuperación, tratamiento y aprovechamiento energético en la

industria local del gas generado en el relleno sanitario Doña Juana, único sitio de disposición final de residuos ubicado en el territorio de Bogotá; este proyecto está en fase inicial y por lo tanto es posible que en la actualidad las emisiones de metano sean menores a las calculadas para el año 2008.

En Bogotá, al igual que para Cundinamarca, resultan importantes las emisiones generadas por el empleo de combustibles fósiles en algunos sectores de la industria manufacturera, principalmente en las industrias de piedras, vidrio y cerámica, alimentos bebidas y tabaco y papel e imprenta y químicos. Para estos sectores es posible evaluar las mismas alternativas descritas anteriormente para este sector en Cundinamarca y adicionalmente, dada la cercanía y el importante número de empresas de un sector y de su correspondiente cadena productiva, también puede ser importante considerar y evaluar la construcción de parques industriales eficientes.

El sector residencial también se ubica dentro de los principales emisores GEI para Cundinamarca, situación que se debe principalmente al alto número de habitantes en la ciudad que en conjunto realizan un intensivo uso de combustibles en este sector principalmente gas natural.

Finalmente, se considera de gran importancia para toda la región, evaluar acciones encaminadas a conservación de reservorios de carbono existentes (fomento al decreto de Áreas Naturales Protegidas, manejo de los recursos naturales, protección del bosque, reducción de las tasas de deforestación, ordenamiento ecológico); captación de carbono aumentando el tamaño de los reservorios (protección de cuencas, restauración de suelos degradados, desarrollo de plantaciones forestales, establecimiento de sistemas agroforestales y sustitución de productos biológicos (por ejemplo, madera en lugar de materiales de construcción elaborados con gran consumo de energía o uso de biomasa en lugar de combustibles fósiles). Según el IPCC con la conservación de reservorios y la captura se logran las mayores reservas de carbono. (IPCC 2001). Estas acciones deben ser evaluadas a escala local con base en el uso del suelo del territorio.

En conclusión, los grandes sectores emisores de GEI, considerados como prioritarios para investigación e implementación de opciones de reducción son:

- En Cundinamarca: los correspondientes a las categorías de fuente de transporte por carretera, suelos agrícolas, fermentación entérica, uso de combustibles en la industria cementera, centrales térmicas, emisiones fugitivas en la minería del carbón y disposición de residuos sólidos (representan en total el 82% del total de emisiones).
- En Bogotá: los correspondientes a las categorías de fuente de transporte por carretera, disposición de residuos sólidos, uso de combustibles fósiles con fines energéticos en las industrias de piedras, vidrio y cerámica, alimentos bebidas, tabaco, papel e imprenta y en el sector residencial (representan en total un 83% de las emisiones).

Y para los mencionados sectores, se debe en primer lugar definir los subsectores (por ejemplo, en el sector transporte por tipo de transporte y por tipo de combustible empleado o en la categoría de suelos agrícolas, los cultivos mar representativos y sus respectivas prácticas agrícolas, etc.), posteriormente identificar e investigar sobre las posibles opciones de reducción en cada uno (investigación de diferentes fuentes bibliográfica, con entidades académica, con expertos en el sector, etc), realizar un análisis de factibilidad para implementación (de ser posible en coordinación con los diferentes actores involucrados), efectuar el respecti-

vo análisis costo/beneficio de cada alternativa y de acuerdo con los resultados definir un programa de implementación, seguimiento y verificación.

8. LECCIONES APRENDIDAS EN LA ELABORACIÓN DEL INVENTARIO

Para documentar las lecciones aprendidas, se empleó la metodología empleada por la Ventana de Medio Ambiente y Cambio Climático de los programas de El Fondo para el logro de los Objetivos de Desarrollo del Milenio – MDG ACHIEVEMENT FUND. Por lo tanto, siguiendo las respectivas instrucciones, se diligenció el siguiente cuadro de recolección de información en torno a la actividad objeto de lecciones aprendidas.

i) *Información General*

Resumen de las lecciones aprendidas:

Dentro de los objetivos perseguidos con el proyecto PRICC Bogotá – Cundinamarca está la elaboración de una estrategia de mitigación y adaptación a nivel regional. En materia de mitigación, entendida esta en términos generales como la aplicación de proyectos y políticas destinadas a reducir las emisiones de GEI y a potenciar los sumideros, se requiere cuantificar las emisiones de GEI a nivel regional y sectorial como insumo para la identificación de acciones estratégicas y la toma de decisiones. En Colombia no se cuenta con información explícita sobre emisiones de GEI a escala regional y tampoco con una metodología concertada a nivel nacional para su cálculo. Por lo tanto, se identificó la necesidad de realizar el inventario de emisiones GEI para la región Bogotá – Cundinamarca, como un inventario regional demostrativo, buscando dar respuesta a los interrogantes de cuáles son las aproximaciones metodológicas requeridas para la regionalización de inventarios de emisiones GEI y cuál es la contribución de emisiones GEI por sectores en la región Bogotá – Cundinamarca.

Respecto a las aproximaciones metodológica, se encontró que las directrices para la elaboración de inventarios nacionales de emisiones GEI, del IPCC, pueden ser aplicadas a nivel regional, siempre y cuando se cuente con información de datos de actividad para cada región; para esto se requiere contar con fuentes de información que desagregan estadísticas nacionales por departamento o entidades regionales que recopilen su propia información aplicando en este caso una aproximación *Bottom Up*⁴; o contar con metodologías que permitan regionalizar los datos a partir de información agregada nacionalmente mediante el uso de indicadores como PIB, N° habitantes, hectáreas sembradas, aplicando en este caso aproximación *Top Down*⁵.

4 Este enfoque va de lo particular a lo general, e intenta calcular los valores en las escalas mayores como las contribuciones de las partes que lo componen, buscando que estas partes sean lo más específicas posibles (regiones, ciudades, barrios, sectores económicos, etc) e intentando encontrar los valores de actividad lo más ajustados posible a la realidad (número de automotores, kilómetros recorridos, número de cabezas de ganado, número de árboles, toneladas de productos producidos, etc).

5 Este enfoque va de lo general a lo particular, parte de datos generales que pueden ser incluso estadísticas internacionales, e intenta cuantificar los valores en escalas menores (regiones, ciudades, sectores económicos, subcategorías, etc.), ya sean geográficas o económicas, por medio de comparaciones o proporciones respecto a los datos generales, por ejemplo, conociendo la cantidad de desechos

Teniendo en cuenta la disponibilidad de información en Colombia, se estableció que para la mayoría de categorías de fuentes de emisiones GEI (21 de 26), es posible realizar una aproximación Bottom Up, dado que se identificaron fuentes de información confiables de datos de actividad a nivel regional, las cuales pueden ser empleadas para la estimación de inventarios en otras regiones del país, ya que algunas suministran estadísticas nacionales desagregadas por departamento y otras corresponden a información de entidades departamentales del estado, que recogen información únicamente en su región, pero que hacen presencia con las mismas funciones en todos los departamentos de Colombia. Para 5 categorías es necesario emplear aproximación Top Down, dado que las fuentes de información para los datos de actividad requeridos suministran la información de forma agregada para el país.

ii) Contexto y experiencia

Objetivo:

El objetivo propuesto es elaborar y analizar el inventario de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) para la región Cundinamarca – Bogotá en el marco del proyecto Plan Regional Integrado de Cambio Climático (PRICC), de forma concertada con el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM); con el propósito que su desarrollo metodológico sea demostrativo para efectuar otros inventarios de emisiones GEI regionales en Colombia.

Dato (situación inicial que fue la base para el desarrollo o implementación de la lección aprendida).

Para efectos del PRICC y demás iniciativas regionales que se adelanten en el país en materia de Cambio Climático, se requiere cuantificar las emisiones de GEI a nivel regional y sectorial como insumo para la identificación de acciones estratégicas y la toma de decisiones en materia de mitigación. En Colombia no se cuenta con información explícita sobre emisiones de GEI a escala regional y tampoco con una metodología concertada a nivel nacional para su cálculo.

A nivel nacional, el IDEAM ha producido inventarios de emisiones nacionales de GEI para los años 1990, 1994, 2000 y 2004 siguiendo los procedimientos de estimación de emisiones y su incertidumbre, establecidos por el IPCC (IDEAM, 2010). Los resultados obtenidos corresponden a un total de emisiones GEI para el país. Para la mayoría de las fuentes, estas emisiones no están desagregadas regionalmente y la metodología empleada no permite realizar dicha desagregación (IDEAM, 2010). Aunque existen reportes de inventarios de emisiones de GEI en regiones urbanas, tales como Bogotá y Montería⁶, y la inclusión de algunos GEI en inventarios de emisión de contaminantes de criterio, tales como el inventario de Cundinamarca, estas estimaciones de emisiones no han sido desarrolladas bajo una metodología unificada y avalada a nivel nacional, lo que dificulta su comparación con los inventarios nacionales.

nacionales que se generan, intentar inferir la cantidad de desechos generados en una región particular como proporcional a la fracción de población que tiene esa región respecto al total de población nacional, o del PIB regional respecto al PIB nacional, o internacional, etc.

6 Información suministrada por funcionarios del IDEAM

Estrategia/enfoque elegido:

Como marco metodológico general se emplearon las guías para la elaboración de inventarios de emisiones y sumideros de GEI del IPCC que comprenden las directrices de 1996, las buenas prácticas en la elaboración de los inventarios (versión 2000 y 2003) y las directrices del 2006 (IPCC, 2006). Estas guías proveen metodologías para la estimación de emisiones GEI a nivel nacional y se basan en el cálculo de emisiones a partir de datos de actividad ⁷ y factores de emisión ⁸ por defecto o propios para cada país o región; por lo tanto fue necesario identificar su aplicabilidad a nivel regional, revisando para cada módulo y categoría de fuente los requerimientos en cuanto a datos de actividad y demás variables de cálculo, e identificar las fuentes de información en cada caso, que suministraran datos con el nivel de desagregación que se requiera para inventarios regionales y establecer una metodología de “regionalización” en los casos en lo que no fue posible contar con datos a nivel local.

Implementación de la estrategia/enfoque elegido:

Como primer paso, de las categorías de fuentes de emisión citadas por el IPCC (5 módulos con sus respectivas categorías), se identificaron las existentes en la región, acudiendo a información de estadísticas del Departamento y Bogotá, literatura en diferente bibliografía y consulta con expertos.

Para las categorías de fuentes encontradas, se revisó la información necesaria sobre actividad y grado de detalle requerido para el cálculo, se identificaron las posibles fuentes de información (entidades, bases de datos, sistemas de información, etc.) y se realizó la recopilación acudiendo a bases de datos disponible en internet y efectuando la gestión necesaria a través de reunión con cada actor involucrado y posterior solicitud formal (carta).

Dependiendo de la información recopilada, del grado de desagregación y de su aplicabilidad a nivel regional, se determinó la fuente de información útil y confiable para el cálculo y se definió la metodología a emplear para la obtención de datos de actividad en cada categoría, esto es, aproximación Top-Down o Bottom-up, buscando que esta fuera aplicable en otras regiones del país, mediante el empleo de fuentes de datos oficiales que reportan datos a nivel nacional desagregadas por departamento o de indicadores apropiados para desagregar dicha información por regiones. Para la definición de estas metodologías fue necesario apoyarse en el desarrollo metodológico de otros inventarios regionales y locales realizados en otras partes del mundo y en la consulta con expertos de los sectores económicos y de la comunidad académica.

Posteriormente se realizó el procesamiento de la información teniendo en cuenta los requerimientos del cálculo, principalmente en cuanto a unidades de medida a emplear y nivel de desagregación requerida y se efectuó el cálculo de emisiones siguiendo las ecuaciones descritas por el IPCC para cada categoría.

Resultados e impactos:

Describe cualquier resultado o impactos conseguidos, positivos o negativos

7 Los datos de actividad se refieren a datos como consumo de combustibles, datos de producción, número de cabezas de ganado, etc; dependiendo de la categoría de fuente.

8 Un factor de emisión es un valor representativo que busca relacionar la cantidad de un gas (contaminante o GEI) emitido a la atmósfera con una actividad asociada a la emisión de dicho gas.

- Se concluye que las directrices para la elaboración de inventarios nacionales de emisiones GEI, del IPCC, pueden ser aplicadas a nivel regional, siempre y cuando se cuente con información de datos de actividad para cada región; para esto se requiere contar con fuentes de información que desagregan estadísticas nacionales por departamento o entidades regionales que recopilen su propia información aplicando en este caso una aproximación Botto Up; o contar con metodologías que permitan regionalizar los datos a partir de información agregada nacionalmente mediante el uso de indicadores como PIB, N° habitantes, hectáreas sembradas, aplicando en este caso aproximación *Top Down*.
- En cuanto a los datos de actividad, se encontró que para la mayoría de categorías existentes en la región, es posible realizar una aproximación Bottom Up, teniendo en cuenta que se identificaron fuentes de información confiables de datos a nivel regional; y se determina que dichas fuentes de información, pueden ser empleadas para la estimación de inventarios en otras regiones del país dado que algunas suministran estadísticas nacionales desagregadas por departamento y otras corresponden a información de entidades departamentales del estado, que hacen presencia con las mismas funciones en todos los departamentos del Colombia. Los datos de actividad requeridos y las fuentes de información identificadas son:
 - Industrias de la energía: Consumo de combustibles reportado directamente por la central térmica.
 - Transporte: Consumo de diesel y gasolina con la información suministrada por la Unidad de planeación Minero Energética –UPME-, calculado a partir de la sobre tasa cobrada a estos combustibles. Para gas natural, información de ventas de GNV reportada por la Comisión de Regulación de Energía Gas –CREG- reportada en su página de internet.
 - Residencial: Datos de suministro de gas natural y gas licuado del petróleo reportados por el Sistema Único de Información –SUI - de la Súper Intendencia de Servicios Públicos Domiciliarios –SISPD-.
 - Cemento, vidrio y coque: datos de producción de la Encuesta Anual Manufacturera –EAM- anual publicada por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística –DANE- en su página de Internet.
 - Número de animales: información sobre ganado bovino suministrada por la Federación Colombiana de Ganaderos FEDEGAN; para las demás categorías pecuarias (búfalos, ovejas, cabras, caballos, mulas y asnos, cerdos, aves de corral) información de la Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural de Cundinamarca SADR
 - Producción anual de cultivos: base de datos agrícola de la Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural de Cundinamarca - SADR.
 - Superficie cultivada en suelos Orgánicos –hitsoes: Cruce de información entre la capa de tipos de suelo de Cundinamarca del Instituto Geográfico Agustín Codazzi –IGAC- y las Unidades de coberturas de la tierra para la leyenda nacional, escala 1:100.000, suministrada por el IDEAM.
 - Total anual de residuos sólidos urbanos dispuestos en tierra y caracterización: información suministrada por la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca – CAR – Subdirección

de Desarrollo Ambiental Sostenible, reportada por los respectivos operadores y en los PGIRS (Programa Gestión Integral de Residuos Sólidos) consultados en la Secretaría de Ambiente de Cundinamarca.

- Componente orgánico degradable en plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas PTRS: datos directos de las PTARS recopilados por la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca – CAR –
- Componente orgánico degradable en plantas de tratamiento de aguas residuales industriales: información directa de las plantas que reportan al registro único ambiental manufacturero (RUA) administrado por el IDEAM.
- Para 5 categorías se empleó aproximación Top Down, dado que las fuentes de información para los datos de actividad requeridos suministran la información de forma agregada para el país. Las fuentes de información a nivel nacional y los indicadores empleados para la regionalización de los datos pueden ser aplicados para la estimación de las emisiones generadas por estas categorías en otros departamentos, en tanto en cada región no se identifiquen otras fuentes de información con reporte de datos regionales. Las categorías para las cuales se empleó esta metodología y los indicadores empleados para su aproximación son:
 - Industria manufacturera: consumos de combustible del Balance Energético Nacional de Colombia BEN, generado por la UPME y datos de valor agregado por ramas de actividad económica (en este caso para industrias manufactureras código CIUU a 2 dígitos) reportados por el DANE en las cuentas nacionales y departamentales.
 - Comercial y público: consumo de combustibles (excepto gas natural para el cual realiza aproximación Bottom Up) BEN 2008 (versión actualizada y revisada) generado por la UPME y datos de valor agregado por ramas de actividad económica (en este caso para sector comercial) reportados por el DANE en las cuentas nacionales y departamentales.
 - Residencial: consumo de gasolina total en Colombia reportado por el BEN 2008 y estimaciones de población nacional y departamental reportados por el DANE para los años 1985 - 2005 y proyecciones de población 2005 – 2020.
 - Uso de sustitutos SAO: importaciones a nivel nacional del Banco de Datos de Comercio Exterior BACEX del Ministerio de Comercio, Industria y Turismo MCIT e información sobre el PIB nacional y departamental de las Cuentas económicas Nacionales y departamentales de Colombia generadas por el DANE.
 - Total de fertilizante sintético utilizado en la región: información del consumo de fertilizantes sintéticos a nivel nacional reportado por el ICA en su publicación anual “Comercialización de fertilizantes y acondicionadores de suelos 2008” y total de área sembrada en cultivos en Colombia y en Cundinamarca, datos reportados por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y por la Secretaría de Agricultura y desarrollo rural del departamento.
- Respecto a las demás variables requeridas para el cálculo (factores de emisión y otros), se encierra que es necesario emplear valores por defecto suministrados por el IPCC, seleccionando de los posibles los más apropiados a la región y país, dado que para la mayoría de los casos no se

encuentra con investigaciones o datos a nivel local (excepto para la categoría de fermentación entérica, en donde el IDEAM ha desarrollado factores de emisión por regiones para ganado bovino; sin embargo dichos valores aun requieren de validación). Por las razones anteriores, el nivel metodológico a emplear es el de nivel 1 propuesto por el IPCC, en donde se realizan estimaciones basadas en datos de actividad propios del país y demás variables asumidas por defecto del IPCC.

Evidencia:

En el presente documento se describe el proceso metodológico para la realización del inventario de emisiones de GEI para la región Cundinamarca – Bogotá, el cual se constituye en la principal evidencia de lecciones aprendidas en cuanto a la realización de inventarios de emisiones regionales.

Aplicación o replicación potencial:

Se espera que las lecciones aprendidas sean un insumo para la definición de protocolos de elaboración de inventarios regionales en Colombia, que sea elaboradas por la autoridad competente y que suministren procedimientos de fácil aplicabilidad (en términos de tiempo y costo) y que a través de su aplicación se obtengan resultados comparables entre todos los inventarios de las regiones y con los inventarios nacionales realizados en el marco de las Comunicaciones Nacionales ante la Convención Marco de Cambio Climático.

iii) Productos

Productos de información:

Inventario emisiones GEI Bogotá Cundinamarca – Resultados, documento anexo técnico y resumen ejecutivo.

9. EMISIONES INDIRECTAS DE GASES DE EFECTO INVERNADERO GENERADAS POR CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN LA REGIÓN BOGOTÁ - CUNDINAMARCA

En el marco del PRICC, en una primera fase se calculó el Inventario de Emisiones GEI para la región, año 2008. Como se señaló en los capítulos anteriores, la metodología empleada corresponde a las directrices para elaboración de Inventarios Nacionales del Panel Intergubernamental de Expertos Sobre Cambio Climático – IPCC - versión revisada 1996, cuyo alcance hace referencia a las emisiones de GEI generadas por todas las fuentes posibles ubicadas en un territorio y agregadas en cinco categorías principales denominadas módulos: Energía, Procesos Industriales, Agricultura, Residuos, Uso y cambio en el uso del suelo y silvicultura; cada uno de los cuales abarca varias subcategorías.

Como resultado, se estimó un total de emisiones GEI en el año 2008 en la región de 22,96 Tg de CO₂ equivalente (CO₂-e), de las cuales 10,46 Tg CO₂-e corresponden a Cundinamarca y 12,51 Tg CO₂-e a Bogotá. El 63% de las emisiones en Cundinamarca tienen su origen en el transporte por carretera, suelos agrícolas,

fermentación entérica y uso de combustibles en la industria cementera. El transporte por carretera y la disposición de residuos sólidos aportan el 62% de las emisiones en Bogotá. Es así como se determina que estos sectores en Bogotá y Cundinamarca son los considerados estratégicos para la evaluación de opciones de reducción de emisiones GEI.

Posterior a la elaboración del Inventario se identificó la necesidad de realizar una estimación de las emisiones indirectas generadas por el consumo de energía eléctrica en los diferentes sectores económicos ubicados en la región. El concepto de emisiones indirectas por consumo de electricidad es introducido por el World Business Council for Sustainable Development en el Greenhouse Gas Protocol -GHG Protocol - empleado para la elaboración de inventarios empresariales y corporativos. Estas emisiones hacen referencia a las emisiones consecuencia de las actividades de una empresa, pero que ocurren en fuentes que son propiedad de o están controladas por otra empresa.

Este concepto que es desarrollado teniendo en cuenta los alcances y fines de un inventario empresarial, no es abarcado por las metodologías IPCC dado que los Inventarios Nacionales tienen objetivos diferentes a los inventarios empresariales (en el numeral 9.1 se amplían estos aspectos); sin embargo, para los objetivos del PRICC resulta importante incluir el cálculo de estas emisiones por cuanto Bogotá y Cundinamarca en conjunto agregan un alto porcentaje de la población Colombiana con servicio de energía eléctrica y un número importante de comercio e industrias consumidoras de energía eléctrica que de manera indirecta contribuyen con la generación de emisiones en las centrales eléctricas en donde se genera dicha energía; por lo tanto contabilizar estas emisiones indirectas permite valorar importante oportunidades de reducción de emisiones globales, relacionadas principalmente con el uso racional de energía eléctrica en los diferentes sectores económicos de la región.

Por lo tanto, se estimaron las emisiones indirectas de GEI por consumo de energía eléctrica en los diferentes sectores económicos y sector residencial de la región Bogotá y Cundinamarca. En el numeral 9.2 se presenta la metodología empleada y los resultados obtenidos en el numeral 9.3, partiendo de un marco conceptual descrito en el numeral 9.1.

9.1 MARCO CONCEPTUAL

A continuación se presentan los conceptos relacionados con las “emisiones indirectas de gases de efecto invernadero por consumo de energía eléctrica”, con el fin de contextualizar las variables y metodología empleadas en el cálculo de dichas emisiones por consumo de electricidad en Bogotá y Cundinamarca.

Inventario de emisiones GEI:

Un inventario de emisiones GEI es un procedimiento metodológico para cuantificar la cantidad de GEI que es liberada a la atmósfera debido a actividades antropogénicas, en un periodo de tiempo y territorio determinado (EPA, 2012). Dicha cuantificación puede llevarse a cabo mediante medición directa con equipos especializados en una campaña de monitoreo (o monitoreo continuo), o a través de metodologías de cálculo basadas en información del tamaño de la actividad de las fuentes de generación de emisiones y el factor de emisión de dichos gases por unidad de actividad y la fórmula general para estimar emisiones por este método es:

$$E = A * FE$$

En donde E = Emisión, A = Dato de actividad, FE = Factor de emisión

Un factor de emisión es un valor representativo basado en un balance de materia, que busca relacionar la cantidad de un gas (contaminante o GEI) emitido a la atmósfera con una actividad asociada a la emisión de dicho gas. Estos factores son usualmente expresados como el peso del gas dividido por unidad de peso, volumen, distancia o duración de la actividad emisora. Estos factores facilitan la estimación de emisiones de varias fuentes de contaminantes y GEI. En la mayoría de los casos los factores son simplemente promedios de todos los datos disponibles de aceptable calidad (EPA, 1994).

Los inventarios de emisiones GEI se realizan con diferentes propósitos, según los cuales su alcance y metodologías varían. De tal forma que existen por ejemplo los Inventarios Nacionales, los Inventarios Empresariales o Corporativos y dentro de un concepto diferente, la Huella de Carbono que está enfocada a un bien o servicio en particular.

Inventarios nacionales de emisiones de GEI

La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático – UNFCCC – CMNUCC, tiene como objetivo general lograr la estabilización de las concentraciones de GEI en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropógenas peligrosas en el sistema climático y establece que todas las partes, teniendo en cuenta sus responsabilidades comunes pero diferenciadas y el carácter específico de sus prioridades nacionales y regionales de desarrollo, de sus objetivos y de sus circunstancias, deberán: *“elaborar, actualizar periódicamente, publicar y facilitar a la Conferencia de las Partes inventarios nacionales de las emisiones antropógenas por las fuentes y de la absorción por los sumideros de todos los gases de efecto invernadero no controlados por el Protocolo de Montreal utilizando metodologías comparables que habrán de ser acordadas por la Conferencia de las Partes”* (Naciones Unidas, 1992).

Los inventarios nacionales GEI se emplean para: Evaluar el progreso del logro de los objetivos de la Convención, opciones de mitigación, la efectividad de políticas y el desarrollo de metodologías; monitorear la implementación de la Convención y el Protocolo de Kioto; realizar proyecciones a largo plazo; proporcionar información de base para los mecanismos de transacción de emisiones y el trabajo sobre futuros compromisos (Gómez, 2012).

Metodologías empleadas: Para la elaboración de los Inventarios Nacionales de GEI que se reportan ante la CMNUCC se deben emplear las directrices del IPCC. El IPCC es el principal organismo internacional para la evaluación del cambio climático; fue establecido por el programa de las Naciones Unidas para el medio ambiente (PNUMA) y la Organización Meteorológica Mundial (OMM) en 1988 para dar al mundo una visión científica clara sobre el estado actual del conocimiento en cambio climático y sus potenciales impactos ambientales y socioeconómicos (IPCC, 2012).

En los capítulos anteriores de este documento se describe el proceso metodológico seguido para calcular el inventario de emisiones GEI de la región adaptando estas metodologías del IPCC a nivel regional.

Inventarios de GEI corporativo y empresariales:

Mitigar el cambio climático implica limitar y reducir las emisiones de gases efecto invernadero a la atmósfera a niveles muy inferiores a los que prevalecen en la actualidad. Esta es una tarea que representa un desafío y una oportunidad para introducir patrones más racionales y sustentables de producción y de consumo, cuyos beneficios se extiendan más allá de sus componentes climáticos; es así como mediante la medición, el control y la eventual reducción de sus emisiones, los agentes económicos pueden mejorar las condiciones ambientales locales y su competitividad a escala nacional y global, a la vez que contribuyen a la resolución de un grave problema global. En efecto, reducir emisiones de gases efecto invernadero también lleva aparejados beneficios en cuanto a limitación de emisiones tóxicas, mejoras a la salud, ahorros económicos por eficiencia energética o introducción de nuevos procesos, promoción de fuentes renovables de energía, identificación de oportunidades para participar en mercados de carbono, y en general el mejoramiento de la posición estratégica para el desarrollo sustentable de la propia empresa y del país (World Business Council for Sustainable Development, 2005).

En este escenario, las empresas industriales de distinta dimensión, públicas y privadas, voluntariamente adoptan esquemas de medición y reporte de emisiones (inventarios de emisiones), que se constituyen en herramienta base para impulsar estrategias, programas, proyectos y acciones de mitigación.

Un inventario corporativo de GEI consistente y bien diseñado puede contribuir a varios objetivos empresariales, incluyendo:

- Gestión de riesgos asociados a los GEI e identificación de oportunidades de reducción.
- Reportes públicos y participación en programas voluntarios de GEI.
- Participación en programas de reporte obligatorio.
- Participación en mercados de GEI.
- Reconocimiento a acciones voluntarias tempranas de reducción de emisiones.

Metodologías empleadas: La mayoría de los programas e iniciativas de inventarios de GEI corporativos toman como base lo establecido en el Greenhouse Gas Protocol -GHG Protocol del World Resources Institute y el World Business Council for Sustainable Development. Es uno de los protocolos más utilizados a escala internacional para entender, cuantificar y gestionar las emisiones de GEI.

Otra de las metodologías ampliamente empleada para la cuantificación de emisiones GEI es la norma ISO 14064 Gases de efecto invernadero, parte 1: Especificación con orientación, a nivel de las organizaciones,

para la cuantificación y el informe de las emisiones y remociones de gases de efecto invernadero. Esta norma fue desarrollada de acuerdo con el GHG Protocol.

Otros programas para la contabilidad de GEI empresariales se mencionan a continuación, los cuales son compatibles con el GHG Protocol:

- Programas voluntarios de reducción de GEI, como el Climate Savers operado por el World Wildlife Fund (WWF)⁹, el Climate Leaders manejado por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA)¹⁰, la Climate Neutral Network¹¹, y la Business Leaders Initiative on Climate Change (BLICC)¹².
- Registros de GEI, como el California Climate Action Registry (CCAR)¹³, y el World Economic Forum Global GHG Registry¹⁴.
- Iniciativas industriales nacionales, como el New Zealand Business Council for Sustainable Development¹⁵, el Taiwan Business Council for Sustainable Development¹⁶, y la Association des entreprises pour la réduction des gaz à effet de serre (AERES)¹⁷.
- Programas de comercio de GEI, como el United Kingdom Emissions Trading Scheme (UKETS)¹⁸, el Chicago Climate Exchange (CCX)¹⁹, y el European Union Emissions Allowance Trading Scheme (EUETS)²⁰.

Alcance: El GHG Protocol introduce el concepto de emisiones directas e indirectas, el cual es empleado en las diferentes herramientas y programas de Inventarios de emisiones GEI corporativas.

Las emisiones directas de GEI son emisiones de fuentes que son propiedad de o están controladas por la empresa.

Las emisiones indirectas de GEI son emisiones consecuencia de las actividades de la empresa, pero que ocurren en fuentes que son propiedad de o están controladas por otra empresa.

Teniendo en cuenta estos dos conceptos, se definen 3 alcances:

9 http://wwf.panda.org/what_we_do/how_we_work/businesses/climate/climate_savers/

10 <http://www.epa.gov/climateleadership/>

11 <http://www.climateneutralnetwork.org/>

12 <http://www.blicc.se/>

13 <http://www.climateregistry.org/>

14 <http://www.c2es.org/business/belc/world-economic-forum-global-registry>

15 <http://www.sbc.org.nz/>

16 <http://www.bcsd.org.tw/eng/english.htm>

17 <http://www.developpement-durable.gouv.fr/Des-entreprises-s-engagent-pour.html>

18 http://www.decc.gov.uk/en/content/cms/emissions/ccas/uk_ets/uk_ets.aspx

19 <https://www.theice.com/ccx.jhtml>

20 http://ec.europa.eu/clima/policies/ets/index_en.htm

- Alcance 1: Emisiones directas de GEI. Las emisiones directas ocurren de fuentes que son propiedad de o están controladas por la empresa. Por ejemplo, emisiones provenientes de la combustión en calderas, hornos, vehículos, etc., que son propiedad o están controlados por la empresa; emisiones provenientes de la producción química en equipos de proceso propios o controlados.
- Alcance 2: Emisiones indirectas de GEI asociadas a la electricidad. Incluye las emisiones de la generación de electricidad adquirida y consumida por la empresa. Electricidad adquirida se define como la electricidad que es comprada, o traída dentro del límite organizacional de la empresa. Las emisiones del alcance 2 ocurren físicamente en la planta donde la electricidad es generada.
- Alcance 3: Otras emisiones indirectas. Es una categoría opcional que permite incluir el resto de las emisiones indirectas. Las emisiones del alcance 3 son consecuencia de las actividades de la empresa, pero ocurren en fuentes que no son propiedad ni están controladas por la empresa. Algunos ejemplos de actividades del alcance 3 son la extracción y producción de materiales adquiridos; el transporte de combustibles adquiridos; y el uso de productos y servicios vendidos. (World Business Council for Sustainable Development, 2005).

Las emisiones calculadas dentro del presente informe hacen referencia a las emisiones del alcance 2, “Emisiones indirectas de GEI asociadas a la electricidad”; en este caso, las emisiones de GEI atribuidas a la energía eléctrica consumida por los diferentes sectores económicos ubicados en la región Cundinamarca – Bogotá.

Factores de emisión para cálculo de emisiones indirectas por consumo de electricidad:

Existen dos tipos de factores de emisión de electricidad: el factor de emisión en la generación (FEG) y el factor de emisión en el consumo (FEC). El FEG se calcula a partir de las emisiones de CO₂ provenientes de la generación de electricidad divididas entre la cantidad de electricidad generada. El FEC se calcula a partir de las emisiones de CO₂ provenientes de la generación de electricidad divididas entre la cantidad de electricidad consumida. (World Business Council for Sustainable Development, 2005)

$$\text{FEG} = \frac{\text{emisiones totales de CO}_2 \text{ de la generación}}{\text{electricidad generada}}$$

$$\text{FEC} = \frac{\text{emisiones totales de CO}_2 \text{ de la generación}}{\text{electricidad consumida}}$$

Fuente: World Business Council for Sustainable Development, 2005

El FEG y el FEC se relacionan de la siguiente manera:

$$\text{FCE} \times \text{electricidad consumida} = \text{FEG} \times (\text{electricidad consumida} + \text{perdidas por T\&D})$$

Como indican estas ecuaciones, el FEC multiplicado por la cantidad de electricidad consumida es igual a la suma de las emisiones atribuibles a la electricidad consumida durante su uso final y durante la transmisión y

distribución. En contraste, el FEG multiplicado por la cantidad de electricidad consumida es igual a las emisiones atribuibles a la electricidad consumida solamente durante su uso final.

En consistencia con la definición de alcance 2, se debe emplear el FEG para calcular las emisiones por consumo de electricidad. El uso del FEG presenta las siguientes ventajas:

- 1) Es más sencillo de calcular y está ampliamente disponible en fuentes públicas regionales, nacionales e internacionales.
- 2) Se basa en un enfoque comúnmente utilizado para calcular la intensidad de emisiones, por ejemplo, emisiones por unidad de producción generada.
- 3) Asegura la transparencia en el reporte de emisiones indirectas provenientes de pérdidas por transmisión y distribución.

9.2 METODOLOGÍA CÁLCULO DE EMISIONES INDIRECTAS POR CONSUMO ENERGÍA ELÉCTRICA

Para el cálculo de las emisiones indirectas de GEI por consumo de energía eléctrica en la región Cundinamarca y Bogotá se empleó la metodología general descrita para el cálculo de las emisiones de Alcance 2: Emisiones indirectas de GEI asociadas a la electricidad del GHG Protocol del World Resources Institute y World Business Council for Sustainable Development, tomando como variable de entrada la electricidad adquirida por cada sector económico de la región.

La fórmula general empleada adaptada para los fines del inventario es:

$$E_{CO_2 i} = C.EE_i * FEG * 10^{-6}$$

En donde:

$E_{CO_2 i}$ = Emisiones indirectas por consumo de energía eléctrica sector i (Gg de CO₂ equivalente).

$C.EE_i$ = Consumo de energía eléctrica en el sector i (KWh), en donde i = Residencial, Industrial, Comercial, Oficial, Otros

FEG = Factor de emisión por generación eléctrica en Colombia (Kg CO₂ equivalente/KWh).

Se estimaron las emisiones indirectas por consumo de energía en la región para los años 2008, 2009 y 2010; tomando el año 2008 como año de referencia para integrarlos con los resultados del Inventario de emisiones de GEI para la región Cundinamarca – Bogotá.

A continuación, se describe la fuente de datos de cada variable, el procesamiento de datos y el cálculo realizado.

9.2.1 Consumo de energía eléctrica en Cundinamarca y Bogotá

El consumo de energía eléctrica por los diferentes sectores económicos del país puede ser consultado a través del Sistema Único de Información S.U.I., que es el servicio de la Superintendencia de Servicios Públi-

cos – SSPD - con información para el ciudadano (disponible en http://reportes.sui.gov.co/reportes/SUI_ReporteEnergia.htm).

En este sistema se suministra información administrativa, comercial, financiera y técnico – operativa sobre el servicio de Energía en el país. Dentro de la información comercial es posible consultar datos por departamento y municipio sobre: suscriptores, consumo, valor consumo, factura promedio, consumo promedio, tarifa media, total facturado.

La información reportada en el SUI sobre electricidad es recopilada mediante la resolución SSPD – 20102400008055 del 16/03/201, a través de la cual “se unifica un solo acto administrativo la normatividad expedida en el sector de Energía Eléctrica para el cargue de información al Sistema Único de Información SUI”. En dicha resolución se realiza una descripción de los diferentes formatos a reportar por parte del sector y las fechas y plazos requeridos. Son 34 formatos en total, siendo los formatos 2 y 3 a través de los cuales se recopila la información sobre información comercial residencial y no residencial respectivamente.

Un ejemplo de los datos tomados del SUI para el cálculo y la forma como se presenta, se describen en la tabla a continuación.

TABLA 9.1. EJEMPLO DE LOS DATOS SOBRE CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA REPORTADOS POR EL SUI. AÑO: 2008

1. Municipio	2. Empresa	3. Consumo de Energía Eléctrica en kWh					
		Total Residencial	Industrial	Comercial	Oficial	Otros	Total No Residencial
AGUA DE DIOS	CODENSA S.A. ESP	28.637		53.887			53.887
AGUA DE DIOS	EMPRESA DE ENERGIA DE CUNDINAMARCA S.A. ESP	3.892.575	1.925.730	769.737	692.402	278.619	3.666.488
AGUA DE DIOS	EMPRESA DE ENERGÍA DEL PACÍFICO S.A. E.S.P.		52.565.550	23.132.305			75.697.855
...

Fuente: Sistema Único de Información de la Súper Intendencia de Servicios Públicos Domiciliarios

En donde:

1. Municipio: Cada uno de los 116 municipios de Cundinamarca y Bogotá.
2. Empresa: Según el SUI, en el departamento de Cundinamarca y Bogotá la energía eléctrica es comercializada y distribuida por 20 empresas; estas son:

- CODENSA S.A. ESP

- COMERCIALIZADORA ANDINA DE ENERGÍA SOCIEDAD ANÓNIMA EMPRESA DE SERVICIOS PÚBLICOS
- COMERCIALIZADORA DE ENERGÍA DEL CENTRO S.A. E.S.P.
- COMERCIALIZAR S.A. E.S.P.
- COMPAÑÍA ENERGÉTICA DEL TOLIMA S.A. E.S.P.
- DISTRIBUIDORA Y COMERCIALIZADORA DE ENERGÍA ELÉCTRICA S.A. E.S.P.
- ELECTRIFICADORA DEL CARIBE S.A. E.S.P.
- ELECTRIFICADORA DEL HUILA S.A. E.S.P.
- EMGESA S.A. E.S.P.
- EMPRESA DE ENERGÍA DE BOYACÁ S.A. ESP
- EMPRESA DE ENERGÍA DE CUNDINAMARCA S.A. ESP
- EMPRESA DE ENERGÍA DEL PACÍFICO S.A. E.S.P.
- EMPRESAS MUNICIPALES DE CALI E.I.C.E. E.S.P.
- EMPRESAS PÚBLICAS DE MEDELLÍN E.S.P.
- ENERGÍA CONFIABLE S.A. E.S.P.
- ENERGÍA EMPRESARIAL DE LA COSTA S.A. E.S.P.
- ENERTOTAL S.A. E.S.P.
- ISAGEN S.A. E.S.P.
- TERMOTASAJERO SOCIEDAD ANÓNIMA EMPRESA DE SERVICIOS PÚBLICOS
- VATIA S.A. E.S.P.

3. Consumo de Energía Eléctrica en KWh para los siguientes sectores:

- Total residencial: Consumo de energía eléctrica que es facturado y reportado para un periodo dado, por todos los estratos (1 al 6) del sector residencial.
- Industrial: Consumo de energía eléctrica que es facturado y reportado para un periodo dado, por todas las industrias.
- Comercial: Consumo de energía eléctrica que es facturado y reportado para un periodo dado por los establecimientos pertenecientes al sector comercio.
- Oficial: Consumo de energía eléctrica que es facturado y reportado para un periodo dado por los establecimientos pertenecientes al sector público.
- Otros: Consumo de energía eléctrica que es facturado y reportado para un periodo dado por alumbrado público, áreas comunes, industrial bombeo (actividades inherentes a la prestación de servicio de acueducto y alcantarillado) y por usuarios de distritos de riego (artículo 70 ley 1110 de 2006).

9.2.2 Factor de emisión de la generación eléctrica en Colombia

La energía eléctrica de la red interconectada – SIN - del país es generada mediante una mezcla de fuentes y tecnologías (hidroeléctrica, termoeléctrica y renovable) y para el cálculo del factor de emisión FEG es necesario en primer lugar determinar las emisiones anuales de CO₂ referidas a la generación eléctrica según esta mezcla y posteriormente dividir las en la electricidad total generada por la red en el mismo año, tal como se describe en la siguiente ecuación:

$$FEG = \frac{\text{Emisiones de CO}_2 \text{ equivalente (Kg)}}{\text{Generación energía eléctrica (KWh)}}$$

Las Emisiones de CO₂ equivalentes se calculan mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Emisiones Kg CO}_2 \text{ equivalente} = \sum_i^n (C_i * Fe_i)$$

En donde:

- C_i = Consumo del combustible i para generación eléctrica en centrales térmicas (Gas Natural, Carbón, Fuel Oil, Diesel) en unidades de energía (TJ). Este consumo es reportado oficialmente por la Unidad de Planeación Minero Energética UPME en los Balances Energéticos Nacionales BEN reportados anualmente (disponible en http://www.upme.gov.co/GeneradorConsultas/Consulta_Balance.aspx?IdModulo=3)
- Fe_i = Factor de emisión para el combustible i (Gas Natural, Carbón, Fuel Oil, Diesel) en Kg CO₂/TJ. Estos factores son tomados por defecto del IPCC, 1996.

Los datos de generación de energía eléctrica del SIN son reportados anualmente por XM en su página en internet (disponible en <http://www.xm.com.co/Pages/Home.aspx>). XM es la filial de ISA especializada en la Gestión de Sistemas de Tiempo Real que consiste en la planeación, diseño, optimización, puesta en servicio, operación y administración de sistemas que involucran el intercambio de información del sector eléctrico de Colombia.

En la tabla 9.2 se resumen los resultados de los FEG calculados para los años 2008, 2009 y 2010.

TABLA 9.2. FACTOR DE EMISIÓN POR GENERACIÓN ELÉCTRICA EN COLOMBIA

AÑO	Emisiones CO ₂ equivalentes Kg	Generación Energía Eléctrica KWh	FEG Kg/KWh
2008	5.228.937.671	54.395.100.000	0,096
2009	9.683.351.162	55.991.827.000	0,173
2010	10.292.025.718	56.887.600.000	0,181

9.3 RESULTADOS CALCULO EMISIONES INDIRECTAS

Se estimó el total de emisiones indirectas por consumo de energía eléctrica en Cundinamarca y Bogotá para los años 2008, 2009 y 2010.

A continuación se presenta como ejemplo de cálculo la estimación de emisiones indirectas para Cundinamarca en el 2008 de acuerdo con la metodología descrita en el numeral anterior:

$$E_{CO_2 \text{ Ind. Cund. 2008}} = \left(\sum^n C.EE_i \right) * FEG * 10^{-6}$$

$$E_{CO_2 \text{ Ind. Cund. 2008}} = (C.EE_{Residencial} + C.EE_{Comercial} + C.EE_{Oficial} + C.EE_{Otros} + C.EE_{Industrial}) * FEG * 10^{-6}$$

Según datos SUI para Cundinamarca 2008:

C.EE Residencial = 860.434.849 KWh

C.EE Industrial = 1.320.950.506 KWh

C.EE Comercial = 423.262.314 KWh

C.EE Oficial = 79.991.880 KWh

C.EE Otros = 100.148.578 KWh

FEG calculado para el año 2008 (ver numeral 9.2): 0,096 Kg/KWh

Por lo tanto:

ECO₂ Ind Cund 2008 = (860.434.849 + 1.320.950.506 + 423.262.314 + 79.991.880 + 100.148.578) KWh * 0,096 Kg/KWh * 10⁻⁶ = 267,70 Gg de CO₂ equivalente

En la tabla siguiente se presentan los resultados totales de la estimación de emisiones indirectas por consumo de energía eléctrica en Bogotá y Cundinamarca para los años 2008, 2009 y 2010.

TABLA 9.3. RESULTADOS TOTALES EMISIONES INDIRECTAS POR CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN BOGOTÁ Y CUNDINAMARCA

Año	Emisiones indirectas por consumo de energía eléctrica Gg de CO ₂ equivalente	
	Cundinamarca	Bogotá
2008	267,70	857,62
2009	516,13	1.497,87
2010	542,35	1.594,99

FIGURA 9.1. EMISIONES INDIRECTAS POR CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA POR SECTORES EN CUNDINAMARCA

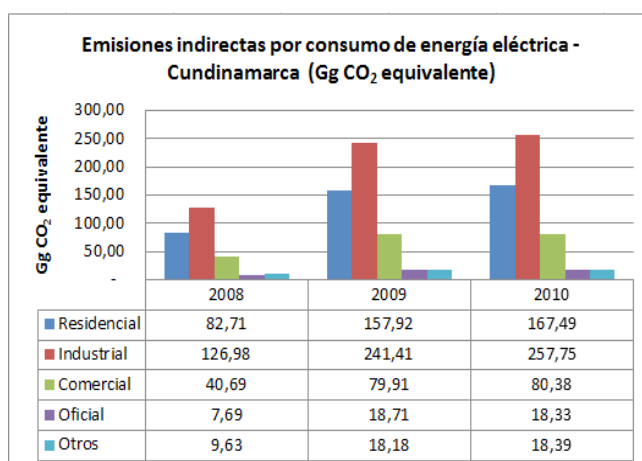
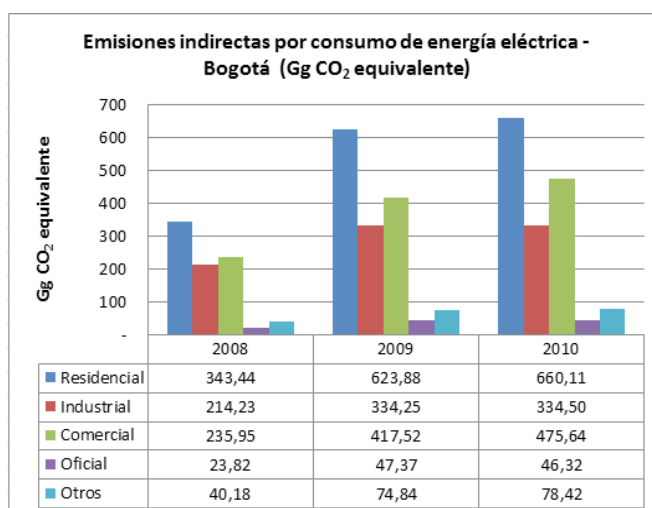


FIGURA 9.2. EMISIONES INDIRECTAS POR CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA POR SECTORES EN BOGOTÁ



Como se observa en la gráfica 9.1, el sector que representa mayor aporte en emisiones indirectas por consumo de energía eléctrica en Cundinamarca es el sector industrial, lo cual se puede justificar por la presencia en el Departamento de grandes industrias consumidoras de energía, como lo son la Cementera y de Bebidas de Alimentos; el sector residencial ocupa el segundo lugar en emisiones, teniendo una participación del 6% respecto al total de usuarios de energía eléctrica en Colombia (SUI 2012).

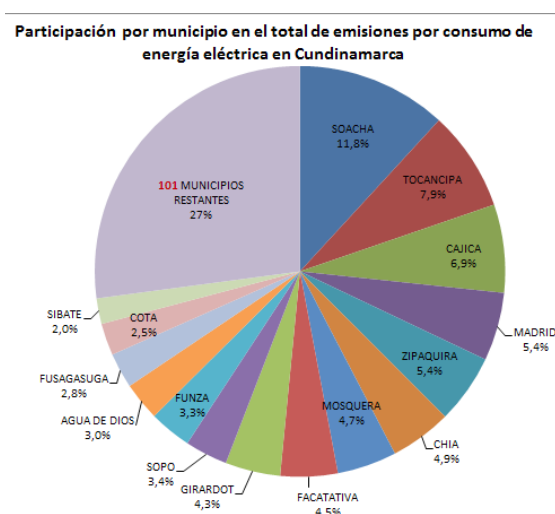
Para Bogotá el mayor aporte lo realizan las emisiones por consumo de electricidad en el sector residencial, dado que los usuarios de este servicio representan el 17% del total de usuarios de energía eléctrica en Colombia (SUI 2012). En segundo lugar se ubican las emisiones generadas por el consumo en el sector comercial, sector importante en la economía de la capital aportando en un tercer lugar el 15% del PIB de la ciudad para el año 2008 (DANE 2012).

Los sectores oficial (energía consumida por sector instituciones del sector público) y otros (alumbrado público y bombeo en acueductos) representan las menores emisiones en cuanto a consumo de energía eléctrica tanto para Cundinamarca y Bogotá; sin embargo acciones estratégicas en términos de uso eficiente de energía en este sector en Bogotá, equivale a acciones representativas en el sector comercial de Cundinamarca.

Los resultados para el año 2008 son tomados como los datos de referencia con el fin de poder integrarlos con los resultados del Inventario de Emisiones GEI de la región, realizado por el PRICC para el año 2008.

Los resultados de emisiones por municipios para el año 2008 se ilustran en la gráfica 9.3. Como se observa en la gráfica, 15 municipios de los 116 de Cundinamarca generan el 73% de las emisiones por consumo de energía eléctrica en el departamento de Cundinamarca, constituyéndose por lo tanto en los principales actores en cuanto a medidas de uso racional de energía en los diferentes sectores económicos existentes en cada uno.

FIGURA 9.3. PARTICIPACIÓN POR MUNICIPIO EN EL TOTAL DE EMISIONES INDIRECTAS GENERADAS POR CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN CUNDINAMARCA AÑO 2008.



Fuente: El autor, este estudio

9.4 TOTAL DE EMISIONES GEI (DIRECTAS + INDIRECTAS) EN BOGOTÁ Y CUNDINAMARCA AÑO 2008

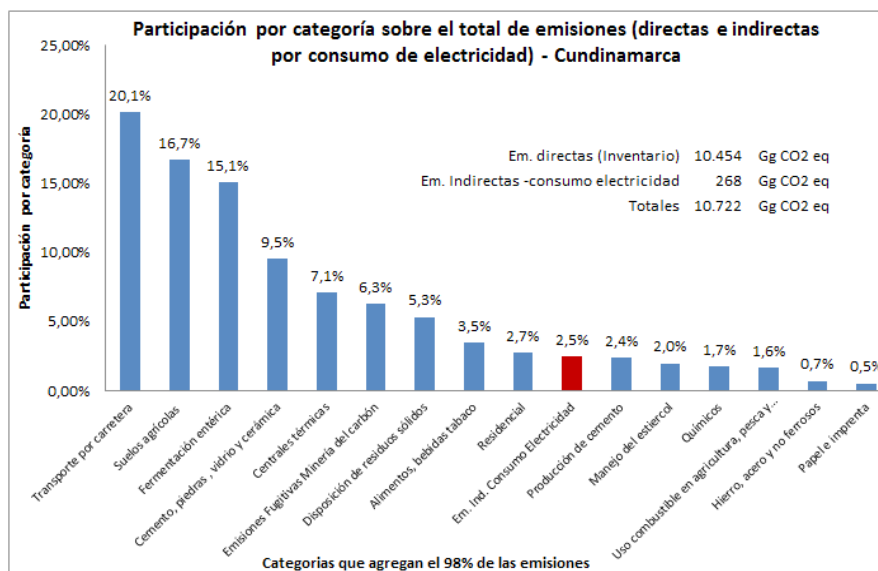
El total de emisiones GEI en Bogotá y Cundinamarca están conformadas por las emisiones calculadas dentro del Inventario de Emisiones GEI, las cuales se pueden nombrar como emisiones directas dado que ocurren por fuentes ubicadas dentro del territorio, más las emisiones indirectas por consumo de energía eléctrica, objeto del presente informe.

El total de emisiones para Cundinamarca es de 10.722 Gg de CO₂ equivalente y para Bogotá 13.366 Gg de CO₂ equivalente. Las emisiones indirectas representan un 2% de las emisiones totales para Cundinamarca y un 6% de las totales para Bogotá. En las gráficas 3.4 y 3.5 se presenta la participación por categoría de fuente, tomando las emisiones indirectas como una categoría independiente.

Como se observa en la gráfica 9.4, las emisiones indirectas por consumo de energía eléctrica para el año 2008 para Cundinamarca se ubican en un décimo lugar respecto a otras categorías, siendo las emisiones directas generadas por transporte terrestre, suelos agrícolas y fermentación entéricas las más representativas en el Departamento.

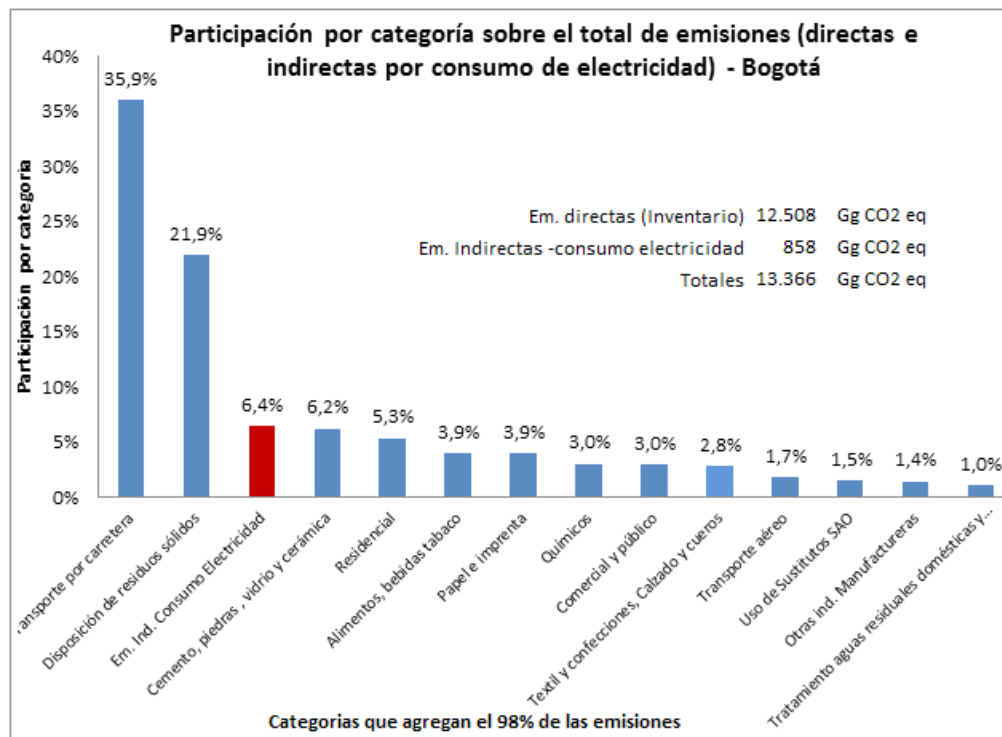
Para Bogotá, como se puede observar en la gráfica 9.5, las emisiones indirectas por consumo de energía eléctrica se ubican en un tercer lugar respecto a las demás categorías, construyéndose en las más importantes para la Capital del país junto con las emisiones generadas por transporte por carretera y disposición de residuos sólidos.

FIGURA 9.4. PARTICIPACIÓN POR CATEGORÍA SOBRE EL TOTAL DE EMISIONES (DIRECTAS + INDIRECTAS) GEI EN CUNDINAMARCA, AÑO 2008.



Fuente: El autor, este estudio

FIGURA 9.5. PARTICIPACIÓN POR CATEGORÍA SOBRE EL TOTAL DE EMISIONES (DIRECTAS + INDIRECTAS) GEI EN BOGOTÁ, AÑO 2008.



Fuente: El autor, este estudio

CONCLUSIONES

El trabajo efectuado permitió desarrollar el inventario de emisiones GEI de la región Cundinamarca - Bogotá desagregado sectorialmente como herramienta orientadora de planes de mitigación para los fines pertinentes del PRICC, e identificar metodologías apropiadas al contexto colombiano para la regionalización de inventarios de emisiones GEI.

En cuanto a los resultados del inventario:

Se estimó para la región de estudio Bogotá – Cundinamarca, un total de emisiones de GEI de 22.963 ± 1.252 Gg de CO₂ equivalente. De este total, en Cundinamarca se generan 10.459 ± 934 Gg y en Bogotá 12.508 ± 833 Gg.

Del total de emisiones generadas en Cundinamarca, el 56% corresponde al módulo de energía, el 35% agricultura, 6% residuos y 3% procesos industriales. Para Bogotá la participación de emisiones por módulo es: 73,3% energía, 24,8% residuos, 1,6% procesos industriales y 0,3% agricultura.

Los sectores identificados como estratégicos para la evaluación de opciones de reducción de emisiones GEI son, para Cundinamarca: transporte por carretera, suelos agrícolas, fermentación entérica y uso de combustibles en la industria cementera, que generan conjuntamente el 63% de las emisiones del departamento, y para Bogotá el transporte por carretera y disposición de residuos sólidos que generan en conjunto 62% de las emisiones de la ciudad.

Se calcula un índice de toneladas de CO₂ equivalente /habitante-año de 4,37 para Cundinamarca y 1,7 para Bogotá. Este indicador no reflejan el hecho de que Cundinamarca proporciona bienes y servicios a la ciudad de Bogotá. Es necesario realizar un análisis más profundo que de cuantitativamente cuenta del metabolismo urbano de Bogotá, incluyendo las emisiones de GEI asociadas con los patrones de consumo.

En cuanto a la incertidumbre asociada a los resultados, se encontró que para el cálculo de emisiones en Cundinamarca el mayor aporte de incertidumbre corresponde a las categorías de fuente de suelos agrícolas y emisiones fugitivas (82.35% del total); aspecto determinado principalmente por los coeficientes de variación de los factores de emisión de CH₄ por actividad minera y quema de combustibles y de N₂O por volatilización y lixiviación. En Bogotá el mayor aporte de incertidumbre está dado por las categorías de fuente de disposición de residuos sólidos y sector transporte (83.97% del total), debido principalmente al error asociado en el método de cálculo para emisiones de rellenos sanitarios, a la incertidumbre en los consumos de combustible para aviación nacional vendidos en Bogotá y a los factores de emisión de CH₄ y N₂O en el sector aviación.

Respecto al inventario de la SDA para Bogotá en el año 2008, fue necesario efectuar nuevamente los cálculos para el módulo de energía y agricultura, en el primer caso debido a la subestimación de fuentes generadoras y a la inclusión de biomasa en los consumos de combustibles, y en el segundo caso por encontrarse las emisiones agregadas con las calculadas en módulo de uso y cambio de uso en el suelo y bajo categorías de fuentes diferentes a las empleadas en el inventario de Cundinamarca, dificultando su comparación.

En cuanto a la metodología para estimar el inventario:

Para la mayoría de categorías de fuente es necesario emplear metodología nivel 1 IPCC 1996, dada la inexistencia de factores de emisión propios para el país y para la región. Para los únicos casos en los cuales es posible emplear metodología nivel 2, es para la estimación de emisiones por fermentación entérica de bovinos y por tratamiento de aguas residuales domésticas e industriales.

Para las categorías: consumo de combustibles en industria manufacturera y sector comercial, uso de sustitutos SAO y uso de fertilizantes (en suelos agrícolas), no se cuenta con fuentes de información que suministren los datos requeridos para el cálculo de forma desagregada por departamento, por lo tanto es necesario emplear metodologías de regionalización Top-Down, las cuales se definieron a partir del empleo de los siguientes indicadores: intensidad energética (TJ/\$), PIB (\$), intensidad de uso de fertilizantes (ton/ha).

Para las 22 categorías de fuente restantes es posible emplear metodologías Bottom-Up dada la disponibilidad de información regional, a partir de fuentes confiables.

Para la categoría de fuente "consumo de combustibles en el sector de industria manufacturera" se cuenta con información sobre consumo de combustibles de cada fuente puntual, a través de los inventarios de emisiones de contaminantes criterio elaborados por la CAR y la Universidad de los Andes (en convenio con la SDA). La información suministrada presenta ausencia de datos e inconsistencias, por lo tanto se diseñó una metodología denominada "cálculo de faltantes" con el fin de subsanar los vacíos y las inconsistencias. A partir de dichos datos y la metodología de faltantes, se realizó un cálculo de emisiones GEI Bottom-Up con el fin de compararlo con la metodología Top-Down diseñada para esta categoría. Se encuentra que los resultados obtenidos por Bottom-Up representan aproximadamente el 79% de las emisiones obtenidas por metodología Top-Down en el caso de las emisiones para Cundinamarca y el 52% para las emisiones de Bogotá.

Las fuentes de información empleadas para los cálculos Bottom-Up y las metodologías Top-Down diseñadas tienen potencial de replica y se espera que puedan ser empleadas como insumo para la definición de protocolos para la estimación de emisiones GEI en otras regiones del país. En el anexo 7 denominado LECCIONES APRENDIDAS EN LA ELABORACIÓN DEL INVENTARIO, se presenta el resumen de las fuentes de información empleadas.

Respecto a las emisiones indirectas por consumo de energía eléctrica:

Se estimó un total de emisiones indirectas por consumo de energía eléctrica año 2008 para Bogotá de 857,62 Gg de CO₂ equivalente y para Cundinamarca de 267,70 Gg de CO₂ equivalente

El sector que representa mayor aporte en emisiones indirectas por consumo de energía eléctrica en Cundinamarca es el sector industrial (47% del total), seguido por el sector residencial con una participación del 31%.

Para Bogotá el mayor aporte lo realizan las emisiones por consumo de electricidad en el sector residencial con un aporte del 40% del total. En segundo lugar se ubican las emisiones generadas por el consumo en el sector comercial con aporte del 28% sobre el total.

El total de emisiones GEI para Cundinamarca, esto es las directas calculadas en el Inventario más indirectas producto de este informe, es de 10.722 Gg de CO₂ equivalente y para Bogotá 13.366 Gg de CO₂ equivalente.

Las emisiones indirectas representan un 2% de las emisiones totales para Cundinamarca y un 6% de las totales para Bogotá.

Las emisiones indirectas por consumo de energía eléctrica para el año 2008 para Cundinamarca se ubican en un décimo lugar respecto a otras categorías, siendo las emisiones directas generadas por transporte terrestre, suelos agrícolas y fermentación entéricas las más representativas en el Departamento.

Para Bogotá, las emisiones indirectas por consumo de energía eléctrica se ubican en un tercer lugar respecto a las demás categorías, construyéndose en las más importantes para la Capital del país junto con las emisiones generadas por transporte por carretera y disposición de residuos sólidos.

Los resultados encontrados confirman la importancia de identificar, definir y evaluar oportunidades de reducción de emisiones relacionadas con el uso racional de energía eléctrica en los diferentes sectores económicos de la región; principalmente en el sector residencial de Bogotá y el Industrial de Cundinamarca.

REFERENCIAS

ARPA Emilia Romagna, Environment Agency of Emilia-Romagna Region. Project Local Accountability for Kyoto goals. International Review - Tools and Methodologies for Greenhouse Gas Emissions (GHG) Accounting, 2009.

DANE, Departamento Administrativo Nacional de Estadística. Cuentas Nacionales departamentales, 2012. Disponible en (http://www.dane.gov.co/index.php?option=com_content&view=article&id=129&Itemid=86)

DETLEF P. Van Vuuren, MONIQUE Hoogwijk, TERRY Barker, KEYWAN Riahi, Comparison of top-down and bottom-up estimates of sectoral and regional greenhouse gas emission reduction potentials. Energy Policy, Volume 37, Issue 12, December, 2009.

GÓMEZ Darío, Comisión Nacional de Energía Atómica, Argentina. Cursillo: inventarios de emisión Santiago, Chile, 2012.

EPA, Public Participation Procedures For EPA's Emission Estimation Guidance Materials, EPA-454/R-94-022, July 1994.

FLEMING, Gavin Fleming , Marna van der Merwe , Division of Water. Environment and Forest Technology, South Africa Spatial Disaggregation of Greenhouse Gas Emission Inventory Data for Africa South of the Equator, 2004. Disponible en <http://proceedings.esri.com/library/userconf/proc00/professional/papers/PAP896/p896.htm>

IDEAM, Instituto De Hidrología Meteorología Y Estudios Ambientales. Segunda Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático. Bogotá D.C. 2010.

IDEAM, Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales -. Primera Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático. Bogotá D.C. 2001. Disponible en <http://unfccc.int/resource/docs/natc/colnc1.pdf>.

IDEAM, Información técnica sobre gases de efecto invernadero y el cambio climático, Bogotá 2007.

IPCC, INTERGOVERNMENTAL PANEL OF CLIMATE CHANGE. Revised 1996 Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Reference Manual, 1996. Disponible en <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/invs6.html>.

IPCC, INTERGOVERNMENTAL PANEL OF CLIMATE CHANGE. Revised 1996 Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Work Book, 1996. Disponible en <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/invs5.html>

IPCC, INTERGOVERNMENTAL PANEL OF CLIMATE CHANGE. Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories, 2000. Disponible en <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/english/index.html>

IPCC, INTERGOVERNMENTAL PANEL OF CLIMATE CHANGE, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buentia L., Miwa K., Ngara T., and Tanabe K. (eds). Publica IGES, Japón, 2006.

IPCC, INTERGOVERNMENTAL PANEL OF CLIMATE CHANGE, Tercer informe de evaluación CAMBIO Climático, informe de síntesis, 2007. Disponible en http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_sp.pdf

IPCC, INTERGOVERNMENTAL PANEL OF CLIMATE CHANGE, Climate Change 2007: Working Group I: The Physical Science Basis, 2007. Disponible en http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/en/ch2s2-10-2.html.

Secretaria de Planeación de Cundinamarca, Estadísticas Cundinamarca 2010. Disponible en: http://www.planeacion.cundinamarca.gov.co/BancoMedios/Imagenes/estadisticas_de_cundinamarca_2010_final.pdf.

SUI, Super Intendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, Consulta de Información Energía, 2012. Disponible en <http://www.sui.gov.co/SUIWeb/logon.jsp>.

UNIVERSITY OF MANCHESTER. Centre for Urban and Regional Ecology School of Environment and Development. The Greenhouse Gas Regional Inventory Protocol: Sacramento Area Council of Governments. 2008.

UN, NACIONES UNIDAS, Convención Marco de las Naciones Unidas Sobre el Cambio Climático, 1992. Disponible en <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf>.

UN, NACIONES UNIDAS, Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas Sobre el Cambio Climático, 1998. Disponible en: <http://www.cambioclimatico.gov.co/documentos/protocolo-kyoto.pdf>.

UNDP, UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAMME - UNDP, Environment and Energy Group/Environmental Finance Bureau of Development Policy, A Toolkit for Designing Climate Change Adaptation Initiati-

ves, 2010. Disponible en http://www.undp-adaptation.org/projects/websites/docs/KM/PublicationsResMaterials/UNDP_Adaptation_Toolkit_FINAL_5-28-2010.pdf).

UPME, Unidad de Planeación Minero Energética Colombia, Consulta de Balances Energéticos Nacionales, 2012. Disponible en http://www.upme.gov.co/GeneradorConsultas/Consulta_Balance.aspx?IdModulo=3

Pulles,T., D. Heslinga. The Art of Emission Inventorying, TNO, Utrecht, 2010.

PNUD, PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO PNUD, Diseño de una nueva ruta baja en carbono para el desarrollo, Lineamientos para la planificación integrada del cambio climático para gobiernos regionales, junio de 2009

WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT, World Resources Institute, Protocolo de Gases Efecto Invernadero, Estándar Corporativo de Contabilidad y Reporte, 2005.

XM, Filial de ISA, Informe de operación del sistema y administración del mercado eléctrico colombiano, 2008

ANEXO 1

FACTORES DE EMISIÓN

1. MÓDULO ENERGÍA

QUEMA DE COMBUSTIBLES FÓSILES:

Factores emisión Carbono FEC (Tabla 1-2 IPCC 1996, libro de trabajo módulo de energía)

COMBUSTIBLE	FEC (t C/TJ)
Gasolina (Gasolina Motor)	18,9
Queroseno jet	19,5
Otros tipos de Queroseno	19,6
Gasóleo/Fuelóleo (Diesel ó ACPM)	20,2
Fuelóleo residual (Fuel Oil)	21,1
GLP	17,2
Antracita	26,8
Carbón coquizable o Metalúrgico	25,8
Otro carbón bituminoso	25,8
Carbón sub bituminoso	26,2
Lignito	27,6
Coque del horno de coque	29,5
Gas del horno de coque	29,5
Gas de alto horno	66
Gas natural	15,3

- Factores emisión CH₄ (Tabla 1-7 IPCC 1996, Manual de referencia, módulo de energía)

SECTOR		FE (Kg/TJ)				
		Carbón	Gas Natural	Petróleo	Gasolina	Diesel
Sector de Energía y Transformación		1	1	3		
Sector Industrias manufactureras y de construcción		10	5	2		
Sector Transporte	Aviación Nacional (a)				0,5	
	Transporte por Carretera		50		20	5
	Transporte Ferroviario		10		5	
	Navegación Nacional (a)		10		5	
Sector Comercial/Institucional		10	5	10		
Sector Residencial		300	5	10		
Sector Agricultura/silvicultura/pesca	Fuentes estacionarias	300	5	10		
	Fuentes móviles		5	5		

- Factores emisión N₂O (Tabla 1-8 IPCC 1996, Manual de referencia, módulo de energía)

FE (Kg/TJ)

SECTOR		Carbón	Gas Natural	Petróleo	Gasolina	Diesel
Sector de Energía y Transformación		1,4	0,1	0,6		
Sector Industrias manufactureras y de construcción		1,4	0,1	0,6		
Sector Transporte	Aviación Nacional (a)				2,0	
	Transporte por Carretera		0,1		0,6	0,6
	Transporte Ferroviario		1,4		0,6	
	Navegación Nacional (a)		1,4		0,6	
Sector Comercial/Institucional		1,4	0,1	0,6		
Sector Residencial		1,4	0,1	0,6		
Sector Agricultura/silvicultura/pesca	Fuentes estacionarias		1,4	0,1	0,6	
	Fuentes móviles			0,1	0,6	

EMISIONES FUGITIVAS:

- Factores de emisión de CH₄ para actividades de minería de carbón (Tabla 1-5 IPCC 1996, libro de trabajo módulo de energía)

ACTIVIDAD		FE (m ³ CH ₄ / t)	
		Rango	Valor empleado
Minas subterráneas	Extracción	10 - 25	17,5
	Post-extracción	0,9 - 4,0	2,45
Minas a cielo abierto	Extracción	0.3 - 0,2	0,25
	Post-extracción	0 - 0,2	0,1

MÓDULO DE PROCESOS INDUSTRIALES

- Factor de emisión de CO₂ en la producción de cemento (página 2.4 IPCC 1996, libro de trabajo módulo de procesos industriales):

ACTIVIDAD FEC (t CO₂/ t cemento producido)

Producción de cemento	0,4985
------------------------------	---------------

- Factor de emisión de CH₄ en la producción de coque (Tabla 2.9 IPCC 1996, libro de trabajo módulo de procesos industriales):

ACTIVIDAD FEC (kg CH₄/ t producción)

Producción de coque	0,5
----------------------------	------------

MÓDULO DE AGRICULTURA

FERMENTACIÓN ENTÉRICA Y MANEJO DEL ESTIÉRCOL

- Factor de emisión de CH₄ por fermentación entérica del ganado (Tablas 4-2 y 4-3 IPCC 1996, libro de trabajo módulo de agricultura)

Tipo de ganado	FE (kg CH ₄ /cabeza/año)
Búfalos	55
Ovejas	5
Cabras	5
Camellos	46
Caballos	18
Mulas y asnos	10
Cerdos	1
Aves de corral	No estimado
Vacuno Lechero	57*
Vacuno no lechero	49*

* Nota: Para ganado vacuno se empleó un factor de emisión para Cundinamarca (60,173 kg CH₄/cabeza/año), tomado de los calculados para realizar el Inventario Nacional del 2004 efectuado en el Marco de la Segunda Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático. (Inventario nacional, Capítulo 4, página 216, IDEAM 2010).

- Factor de emisión de CH₄ para el manejo del estiércol (Tablas 4-4 y 4-5 IPCC 1996, libro de trabajo módulo de agricultura)

Tipo de ganado	FE (kg CH ₄ /cabeza/año)
Países en desarrollo	
Búfalos	1
Ovejas	0,16
Cabras	0,17
Camellos	1,92
Caballos	1,64
Mulas y asnos	0,9
Cerdos	1
Aves de corral	0,018
Vacuno Lechero	1
Vacuno no lechero	1

- Factor de emisión de N₂O para el manejo del estiércol (Tablas 4-8 IPCC 1996, libro de trabajo módulo de agricultura)

Sistema de manejo del estiércol	FE (kg N ₂ O-N/kg N excretado)
Lagunas anaeróbicas	0,001
Sistemas de tipo líquido	0,001
Abonado diario	0
Almacenamiento sólido y parcelas secas	0,02
Praderas y pastizales	0,02
Otros	0,005

ARROZALES ANEGADOS

- Factor de emisión de CH₄ integrado para tomar en cuenta las variaciones estacionales para el arroz anegado continuamente sin fertilizantes orgánicos (Tablas 4-11 IPCC 1996, libro de trabajo módulo de agricultura)

Sistema de manejo del estiércol	FE (g/m ²)
Media aritmética	20 (12 -28)

SUELOS AGRÍCOLAS

- Factor de emisión de N₂O para la categoría suelos agrícolas (Tablas 4-18 IPCC 1996, libro de trabajo módulo de agricultura)

Categoría	FE N ₂ O en la agricultura
Emisiones directas procedentes de: Fertilizante sintético, estiércol, cultivos fijadores de Nitrógeno, residuos de las cosechas	FE1 = 0,0125 (0,0025 – 0,025) kg N ₂ O-N/kg N
Emisiones directas procedentes del cultivo de los histosoles	FE2 = tropical: 10 (2 -15) kg N ₂ O-N/ha
Emisiones procedentes del pastoreo de animales - praderas y pastizales	FE3 = 0,002 kg N ₂ O-N/kg N
Emisiones indirectas procedentes de la deposición atmosférica de NH ₃ y NO _x	FE4 = 0,01 (0,002 – 0,12) kg N ₂ O-N/kg NH ₃ -N
Emisiones indirectas procedentes de la lixiviación	FE5 = 0,025 (0,002 – 0,12) kg N ₂ O-N/kg lixiviación de nitrógeno

MÓDULO DE RESIDUOS

TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS

- Datos para la derivación de los factores de emisión de CH₄ para el tratamiento de las aguas residuales domesticas (Cuadro 6-3IPCC 2006, capítulo 6 Tratamiento y eliminación de aguas residuales)

Sistema de tratamiento	Comentarios	MFC (factor corrección para el metano - fracción)	Intervalo
Planta de tratamiento centralizado aeróbico	Debe ser bien operada. Puede emitir algo de CH ₄ desde las cuencas de decantación y otros tanques.	0	0 – 0,1
Planta de tratamiento centralizado aeróbico	Mal operada. Sobrecargada.	0,3	0,2 – 0,4
Digestor anaeróbico para lodos	Aquí no se considera la recuperación de CH ₄ .	0,8	0,8 – 1,0
Reactor anaeróbico	Aquí no se considera la recuperación de CH ₄ .	0,8	0,8 – 1,0
Laguna anaeróbica poco profunda	Profundidad de menos de 2 metros: recurrir al dictamen de expertos.	0,2	0 – 0,3
Laguna anaeróbica profunda	Profundidad de más de 2 metros.	0,8	0,8 – 1,0
Sistema séptico	La mitad del BOD se decanta en tanques anaeróbicos.	0,5	0,5
Letrina	Clima seco, capa freática más baja que la letrina, familia reducida (3-5 personas)	0,1	0,05 – 0,15
Letrina	Clima seco, capa freática más baja que la letrina, uso comunitario (muchos usuarios)	0,5	0,4 – 0,6
Letrina	Clima húmedo/descarga por agua, capa freática más alta que la letrina	0,7	0,7 – 1,0
Letrina	Extracción frecuente de sedimentos para abono	0,1	0,1

- Datos para la derivación de los factores de emisión de CH₄ para el tratamiento de las aguas residuales industriales (Cuadro 6-8 IPCC 2006, capítulo 6 Tratamiento y eliminación de aguas residuales)

Sistema de tratamiento	Comentarios	MFC (factor de corrección para el metano - fracción)	intervalo
Planta de tratamiento aeróbico	Debe ser bien operada. Puede emitir algo de CH ₄ desde las cuencas de decantación y otros tanques.	0	0 – 0,1
Planta de tratamiento aeróbico	Mal operada. Sobrecargada.	0,3	0,2 – 0,4
Digestor anaeróbico para lodos	Aquí no se considera la recuperación de CH ₄ .	0,8	0,8 – 1,0
Reactor anaeróbico	Aquí no se considera la recuperación de CH ₄ .	0,8	0,8 – 1,0
Laguna anaeróbica poco profunda	Profundidad de menos de 2 metros: recurrir al dictamen de expertos.	0,2	0 – 0,3
Laguna anaeróbica profunda	Profundidad de más de 2 metros:	0,8	0,8 – 1,0

www.priccregioncapital.org