



Preparándose para el cambio climático

**CUANTIFICACIÓN Y ANÁLISIS DE LAS EMISIONES DE GASES
EFECTO INVERNADERO POR SECTOR Y SUBSECTOR
EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA**





CUANTIFICACIÓN Y ANÁLISIS DE LAS EMISIONES DE GASES EFECTO INVERNADERO POR SECTOR Y SUBSECTOR EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA



© Neiva, 2014

gobernación del huila

Carrera 4 Calle 8 esquina. Neiva, Huila - Colombia
PBX (57 8) 8671300. Línea gratuita 01 8000 968 716

Gobernador
Carlos Mauricio Iriarte Barrios

corporación autónoma regional del alto Magdalena

Carrera 1 No. 60 – 79 Neiva, Huila - Colombia
Teléfonos: (57 8) 8765017 Fax: (57 8) 8765344

Director General
Carlos Alberto Cuellar Medina

Jefe de Oficina de Planeación
Edisney Silva Argote

Coordinadora de Cambio Climático
Tatiana Mendoza Salamanca

e3 ecología, economía y Ética

Avenida 82 # 7 - 22, Oficina 304. Bogotá, Colombia
Teléfono: (57 1) 7498492 Email: info@e3asesorias.com
www.e3asesorias.com

Directora Ejecutiva
Claudia Martínez Zuleta

Ejecutiva de Proyectos
Alejandra Campo Gnecco

agencia de los estados unidos para el desarrollo internacional - uSaid

1300 Pennsylvania Avenue, NW. Washington, DC 20523
Teléfono: (202) 7120000 - Fax: (202) 2163524
www.usaid.gov

Representante Oficial Contratante del Programa USAID
Olaf Zerbock

Director de Medio Ambiente, USAID Colombia
Chris Abrams

Programa de carbono Forestal, Mercados y comunidades - FcMc

1611 N. Kent Street, Suite 700 | Arlington, VA 22209
Teléfono: (703) 6668972 - Fax: (866) 7956462

Director del Programa FCMC
Scott Hajost

onF andina

Carrera 47A No. 91-91. La Castellana. Bogotá - Colombia.
Teléfonos: +57 (1) 7041531 / 7557284. Fax: +57 (1) 7557285
Calle 10 # 7-52. Neiva, Colombia.
Teléfono: (57 1) 8712651
E-mail: contacto@onfandina.com
www.onfandina.com

Director Bogotá
Jean-Guénolé Cornet

Contacto en Neiva
Juan Pablo Puentes

diseño y diagramación

Eco Prints Diseño Gráfico y Audiovisual Ltda.
\Ramón Hernando Orozco-Rey
<http://gerenciaecoprints.wix.com/eco-prints#>
gerencia.ecoprints@gmail.com



USAID
FROM THE AMERICAN PEOPLE



Apoyado por el programa Carbono Forestal, Mercados y Comunidades (FCMC) de la Agencia de Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID).

Este documento fue preparado como parte del proyecto "Huila 2050: Preparándose para el Cambio Climático" por: ONF Andina, bajo la dirección de *Camilo Agudelo* (Responsable Geográfico de ONF para el Huila, en el momento de la realización); con la colaboración de *Cristhian Andrés Rivera*. Fue editado por E3 Ecología, Economía y Ética, como coordinador del proyecto.

Las opiniones aquí expresadas son responsabilidad del autor principal y no comprometen la posición de USAID, FCMC o E3 Ecología, Economía y Ética.

TABLA DE CONTENIDO

introducción	9
1. resumen ejecutivo	13
2. descripción del área de estudio	17
3. Metodología	23
3.1. Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de GEI	23
3.2. Pasos metodológicos aplicados.	23
3.2.1 Identificación de fuentes de emisiones GEI, acopio de información y aplicación del método	23
3.2.2 Estimación de los GEI por sectores y subsectores	26
3.2.3 Análisis de categorías principales	28
4. resultados	31
4.1 Emisiones de GEI por sectores y subsectores 2011	31
4.1.1 Participación de cada sector en las emisiones totales por año	31
5. análisis de resultados	35
5.1 Sector energía.	35
5.2 Sector procesos industriales y uso de productos.....	36
5.3 Sector uso del suelo y cambio de cobertura	36
5.4 Agricultura	37
5.5 Desechos.	38
5.6 Participación de sectores en el contexto nacional.	39
6. conclusiones	43
anexo: Metodología de estimación de gases por sector	55
1. Categoría principal 1: Sector energía	55
2. Categoría principal 2: Sector procesos industriales y uso de productos.	58
3. Categoría principal 3 : Sector agricultura	60
4. Categoría especial principal 4: Cambio de uso de la tierra-suelos forestales a otras coberturas - AFOLU	67
5. Categoría principal 5: Sector residuos	69

ÍNDICE DE TABLAS Y GRÁFICOS

Tabla 1.	Identificación de fuentes de emisiones GEI, acopio de información y selección del método.	25
Tabla 2.	Principales sectores y subsectores/actividades aportantes de GEI en el Huila (2011)	32
Gráfico 1.	Mapa del departamento del Huila	17
Gráfico 2.	Composición del PIB por rama de actividad económica (2000-2011)	18
Gráfico 3.	Categorías principales de emisiones	24
Gráfico 4.	Porcentaje de emisiones GEI por sectores, Huila, 2011.	31
Gráfico 5.	Porcentaje de emisiones de los subsectores del módulo energía (Huila, 2011).	35
Gráfico 6.	Emisiones por tipo de combustible. Categoría principal energía (Huila, 2011).	35
Gráfico 7.	Emisiones de los subsectores de procesos industriales y uso de productos en GgCO ₂ eq.	36
Gráfico 8.	Emisiones del sector uso del suelo y cambios de la cobertura en Gg CO ₂ eq/año, (Huila, 2011)	37
Gráfico 9.	Porcentaje de participación en emisiones de los subsectores del sector agricultura (Huila, 2011) . . .	37
Gráfico 10.	Emisiones de subsectores de la agricultura	38
Gráfico 11.	Participación de subsectores del módulo de desechos (Huila, 2011).	38
Gráfico 12.	Emisiones de los subsectores del sector desechos (Huila, 2011)	39
Gráfico 13.	Participación de las emisiones por sector en el regional y nacional.	39



INTRODUCCIÓN

El presente documento hace parte de los productos del proyecto “Huila 2050: Preparándose para el Cambio Climático” que tiene como objetivo principal la elaboración del Plan de Acción de Cambio Climático del Huila (PACC). Este plan busca convertir al Huila en un “territorio climáticamente inteligente”, contribuyendo a su desarrollo sostenible, al bienestar de sus habitantes, a su competitividad futura y a su posicionamiento como un departamento estratégico que brinda servicios ambientales al resto de Colombia.

En la formulación de este plan de acción, específicamente de las actividades de mitigación frente al cambio climático, se contempló la necesidad de realizar el estudio de cuantificación de las emisiones de Gases Efecto Invernadero (GEI) para el departamento del Huila. Cabe destacar que el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) cuenta con los inventarios nacionales de fuentes y sumideros de GEI para los años 1990, 1994, 2000 y 2004, los cuales fueron elaborados a escala nacional, sin contener las precisiones a nivel regional que requeriría la formulación del PACC.

El presente documento, que presenta una estimación de la magnitud de las emisiones GEI de los principales sectores productivos del departamento del Huila, está estructurado de la siguiente manera: el primer capítulo introduce el contexto del departamento en aquellos aspectos relacionados con las fuentes de emisión tales como población, economía, uso del suelo, así como la metodología desarrollada; el segundo capítulo muestra los resultados obtenidos en desarrollo del estudio: la cuantificación y contribución de las emisiones de GEI calculadas por sectores y subsectores, y en el tercer capítulo se analizan los resultados por cada sector, identificando los principales focos de generación de emisiones y las variables asociadas a la problemática, con la identificación de sectores prioritarios para la implementación de opciones de reducción de emisiones de GEI.



1. RESUMEN EJECUTIVO

En el proceso de la formulación del Plan de Acción de Cambio Climático para el departamento del Huila, conocido como: “Huila 2050: Preparándose para el Cambio Climático”, se determinaron los lineamientos necesarios para la generación del diagnóstico del componente de mitigación¹ al nivel de territorio. Entre estos lineamientos, uno de sus componentes básicos fue la identificación de las fuentes de emisión de Gases Efecto Invernadero (GEI) que contribuye a entender las acciones requeridas para disminuir las emisiones en el departamento tanto a nivel territorial como sectorial.

El estudio se desarrolló de acuerdo con los lineamientos de las Guías Metodológicas para Inventarios Nacionales del Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, versión 2006), utilizando métodos de Nivel 1 y 2, con lo cual se obtuvo el primer inventario desarrollado para la jurisdicción del Huila.

El presente estudio identifica las principales actividades productivas del departamento, con el fin de estimar y caracterizar sus emisiones de GEI en cinco sectores (o categorías):

1. Energía y consumo de combustibles;
2. Procesos industriales y usos de productos;
3. Actividades agrícolas;
4. Usos del suelo y cambio en la cobertura, y
5. Generación y disposición de desechos.

Los resultados de la cuantificación de las emisiones para cada uno de los sectores fueron calculados para los GEI identificados en el territorio y expresados en toneladas (t) de CO₂ equivalente, lo que permite un análisis comparativo de la importancia y la participación de los sectores a nivel regional, así como de la participación de las emisiones del departamento en el contexto nacional.

1 Los procesos de formulación de los Planes Integrales Territoriales de Cambio Climático poseen necesariamente dos componentes: 1. La mitigación, en donde se identifican las medidas para reducir o mitigar las acciones antrópicas frente al cambio climático en una región o territorio, y 2. La adaptación, en donde se establecen los criterios de riesgo, vulnerabilidad y resiliencia de los habitantes del territorio frente a los fenómenos actuales del cambio climático, y se establecen las medidas para afrontar dichos criterios. Las emisiones de los Gases de Efecto Invernadero (GEI) son producto de las actividades antrópicas y el ejercicio de la estimación de tales emisiones en un territorio forma parte de los programas de mitigación frente al cambio climático de un país, una región, un departamento o municipio, etc. Fuente: ONFA.

Por último, se presentan recomendaciones orientadas a la identificación de estrategias de mitigación para el Plan de Acción de Cambio Climático del Huila, con el fin de tener un panorama más completo tanto de mitigación como de adaptación para lograr un desarrollo compatible con el clima.

Para la elaboración de los cálculos y la cuantificación de las emisiones se utilizó la información secundaria disponible en las principales entidades públicas y privadas de la región sobre las características de la producción sectorial y subsectorial para las distintas actividades antrópicas.

Los resultados del estudio para el año base 2011 arrojaron emisiones totales para el departamento de magnitud de 5.317,2 Gigagramos de CO₂ equivalente por año (es decir, 5,32 millones de toneladas de CO₂ equivalente por año –tCO₂ eq/año), los cuales corresponderían al 2,95% de las emisiones totales del país, de acuerdo con las proyecciones realizadas frente al Inventario Nacional de Gases Efectos Invernadero (INGE, 2004)², fundamentadas en la evolución del Producto Interno Bruto (valor agregado) por sector. Los principales sectores emisores fueron el sector energía (34,5%), usos del suelo y cambios de la cobertura (29%), y agricultura (24,5%). Las demás emisiones (12% aprox.) se distribuyen entre los sectores de procesos industriales y en el manejo de los desechos.

2 Para 2004, IDEAM estimó un total de emisiones nacionales de 180 millones de toneladas CO₂ eq (MAVDT –antiguo MADS–, 2010).

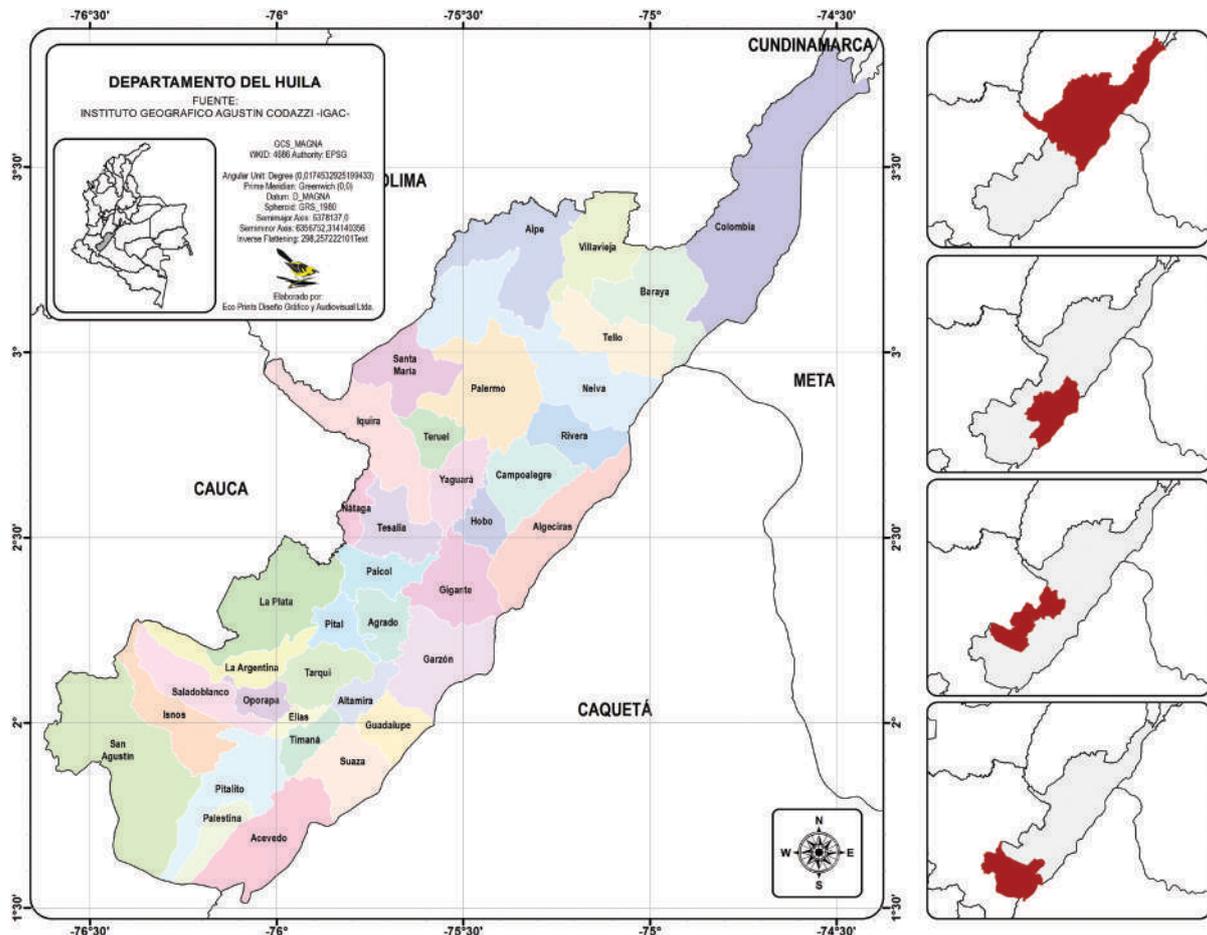


2. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El departamento del Huila tiene una extensión total de 19.890 km², que corresponde al 1,7% del territorio total del país, y se encuentra conformado por 37 municipios distribuidos en cuatro regiones : la Región Norte, que comprende cerca de la mitad del territorio departamental, está conformada por quince municipios; la Zona Sur alberga nueve municipios; la Zona Centro está constituida por ocho municipios, y la Zona Occidente por cinco municipios.

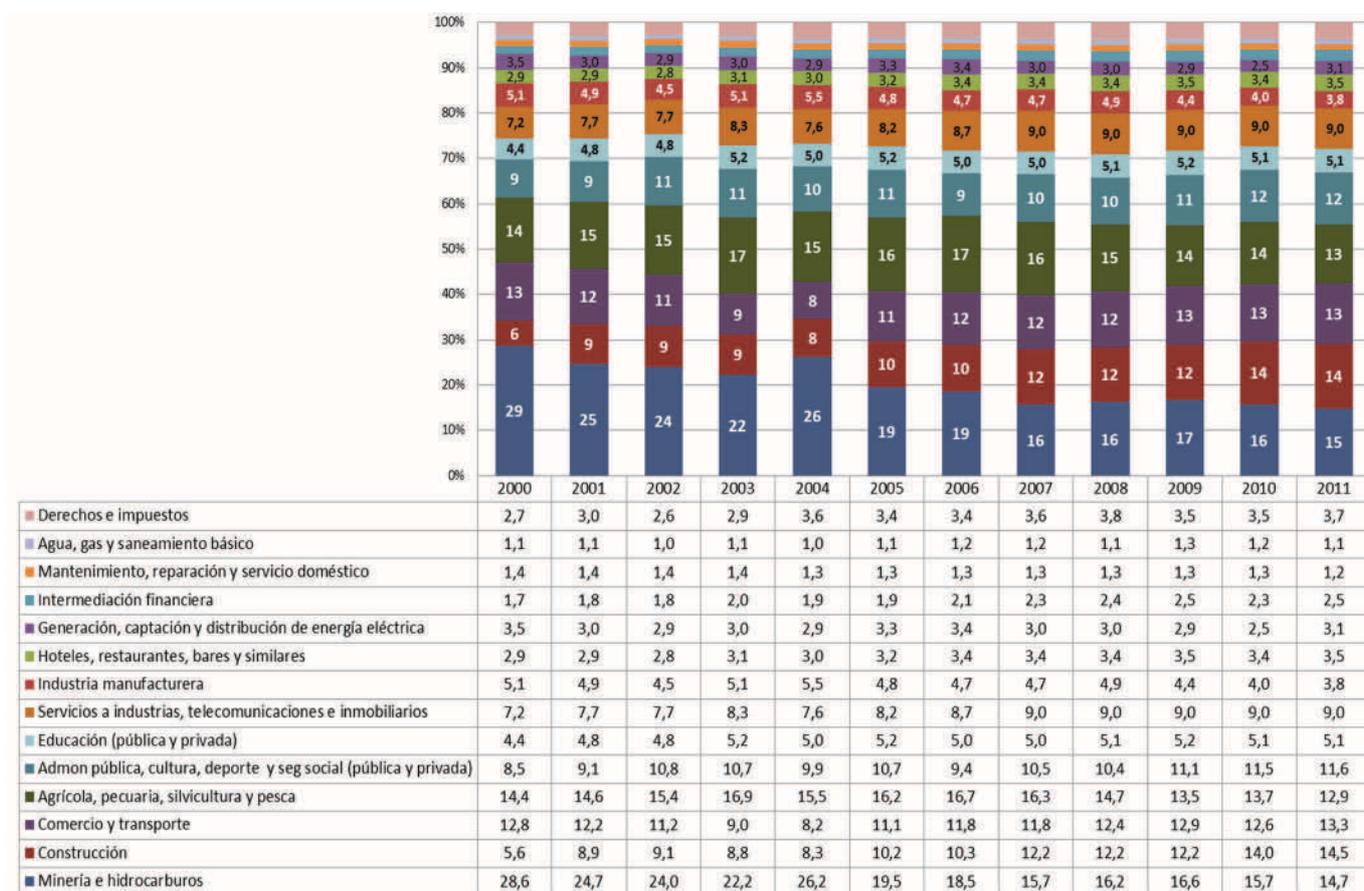
El Huila cuenta con una población aproximada de 1.097.584 habitantes (DANE, 2011), el 59,87% de los cuales habita en la zona urbana y el 40,13% en la zona rural. La mayoría de población del departamento está asentada en el Valle del Río Magdalena debido en especial a las posibilidades que brindan la economía agrícola de tipo comercial, la explotación petrolera, la mejor dotación de servicios y los ejes viales conectados al eje central que bordean el río, cuyos epicentros son Neiva y Garzón. El resto de poblaciones se ubica sobre el cinturón cafetero, donde sobresalen Pitalito y La Plata. La densidad promedio de población en el departamento es de 50 habitantes/km².

Grafico 1. Mapa del departamento del Huila.



Fuente: Instituto Geográfico Agustín Codazzi.

Gráfica 2. Composición del PIB por rama de actividad económica (2000-2011).



Fuente: Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas, DANE. Cuentas Departamentales – Colombia. Valor agregado, por ramas de actividad económica, a precios constantes de 2005 (2000-2011pr).

La economía de la región está fundamentada principalmente en cuatro sectores: minería e hidrocarburos (14,7% del PBI), construcción (14,5%), comercio y transportes (13,3%), y el sector agropecuario, incluida la silvicultura y la pesca (12,9%).

El departamento del Huila ocupa el sexto lugar en la producción de hidrocarburos en el país, con una explotación de 41.911 barriles de crudo por día durante 2011 ¹.

En materia de generación de energía, el embalse de Betania cuenta con una capacidad instalada para la generación de hidroenergía de hasta 540 megavatios; sin embargo, con la construcción del proyecto hidroeléctrico El Quimbo, aguas arriba de Betania, se pretende ampliar la capacidad a 940 megavatios.

En el departamento existen 417 unidades de explotación minera, de las cuales 196 cuentan con título y 137 corresponden a solicitudes de legalización de minería tradicional. El total de la producción se estima en 2.097.325 toneladas de material al año, siendo los minerales más destacados los destinados a la cons-

trucción: calizas dolomita y mármol, además de la extracción de roca fosfórica, la cual representa el 37,6 % de la producción nacional.

El Huila cuenta con un área productiva agropecuaria de aproximadamente 1.028.570 hectáreas, lo cual para el año 2011 le significó transacciones por un valor bruto de \$1.779.959 millones, ubicándose así en el primer lugar en área cultivada de café en el país (139.000 ha)², primer lugar en la producción de frijón (24.671 t/año) y segundo lugar en la producción de arroz (196.509 t/año)³. La extensión de las tierras destinadas a cultivos transitorios ha crecido entre 2003 y 2012 en una escala promedio de 1.274 ha/año, mientras que las destinadas a cultivos de tipo semipermanente y permanente lo han hecho a una escala de 6.126ha/año.

² Cifra 2012, Área cultivada según tecnificación por departamento, anual desde 2007, Federación Nacional de Cafeteros.

³ Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Anuario estadístico.2011.

¹ IEP-ACP (Informes estadístico petrolero de ACP), 20 de junio de 2013.

El subsector pecuario, representado principalmente por la explotación ganadera de tipo extensivo, consolidó un crecimiento de 4.000 cabezas de ganado por año y un incremento en áreas con coberturas de pastos y forrajes dedicados a la ganadería de 2.600 ha/año. La piscicultura es otra de las actividades importantes con una producción anual de 34.061 t, lo cual sitúa al departamento como el principal productor de tilapia, lo que aporta a la economía regional un valor de \$141.065 millones⁴ anuales.

El territorio huilense cuenta con áreas naturales de gran importancia ecosistémica, con una extensión de 592.000 hectáreas de bosque, de las cuales el 19,4% se encuentra conformando por áreas de vegetación continua de gran tamaño que se ubican hacia el Oes-

te, Sur y Este del departamento. El 11,9% de bosques restantes presenta paisajes transformados en forma de fragmentos de distinto tamaño⁵, como consecuencia de las tasas de deforestación, las cuales se encuentran entre 5.000 y 10.000 ha/año.

⁵ Plan General de Ordenamiento Forestal del Huila, Informe final del Convenio 191 de 2007.

⁴ Anuarios Estadístico Agropecuario del Huila, 2011.





3. METODOLOGÍA

El estudio de la estimación de la magnitud de las emisiones de GEI en el Departamento del Huila, que fue la base del presente documento, siguió la metodología del IPCC (2006) para inventarios nacionales de GEI. Con esta metodología (la misma que utilizó el IDEAM para el inventario nacional de GEI 2000-2004), que permite gran flexibilidad en el cálculo de los inventarios dependiendo de la disponibilidad de información y que utiliza métodos con distinto grado de complejidad, se pueden hacer comparaciones con el inventario regional. Así mismo, se considera oportuno aprovechar la experiencia adquirida por las instituciones y actores en la elaboración de los inventarios nacionales.

Para el desarrollo del estudio se usó de referencia el año 2011 debido a su mayor disponibilidad de información. De manera general se utilizaron los niveles 1 y 2 de la metodología IPCC, los cuales se establecen dependiendo de la disponibilidad específica de información para las actividades evaluadas. En todos los casos se utilizaron los factores de emisión por defecto (a nivel regional o nacional) que vienen incorporados en la metodología.

3.1 Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de GEI

Las directrices publicadas por el IPCC durante 2006 mejoraron notablemente la exactitud de los cálculos al compararlas con las directrices de 1996, dado que cubren fuentes y gases nuevos, así como actualizaciones de los métodos de acuerdo con el incremento del conocimiento científico y técnico. La nueva orientación también integra y mejora las buenas prácticas en materia de compilación de inventarios, de modo que las estimaciones finales no son excesivas ni insuficientes y las incertidumbres se reducen en lo posible. Estas directrices tienen como objeto ayudar a los países a compilar inventarios nacionales completos de los GEI, de forma tal que cualquier país, región y/o territorio, independientemente de su experiencia o recursos, pueda producir estimaciones fiables de sus emisiones y absorciones.

El método establece los valores por defecto de los diversos parámetros y factores de emisión necesarios

para todos los sectores, de suerte que, en versión simplificada, un país únicamente debe suministrar los datos de la actividad nacional. Esto permite que los territorios que disponen de mayor información y recursos utilicen metodologías más detalladas específicas del país, a la vez que se conserva la compatibilidad, comparabilidad y coherencia entre los diferentes escenarios. También brinda orientación para identificar las áreas del inventario cuya mejora sería más beneficiosa para el inventario general. En consecuencia, los recursos limitados pueden concentrarse en aquellas áreas que más necesitan mejoramiento para lograr el perfeccionamiento del inventario práctico.

El IPCC gestiona la base de datos de emisiones (Emission Factor Database –EFDB–, 2002), la actualiza con frecuencia y ayuda a crear el depósito de factores de emisión y otros parámetros pertinentes que pueden resultar adecuados para usar metodologías más específicas del país.

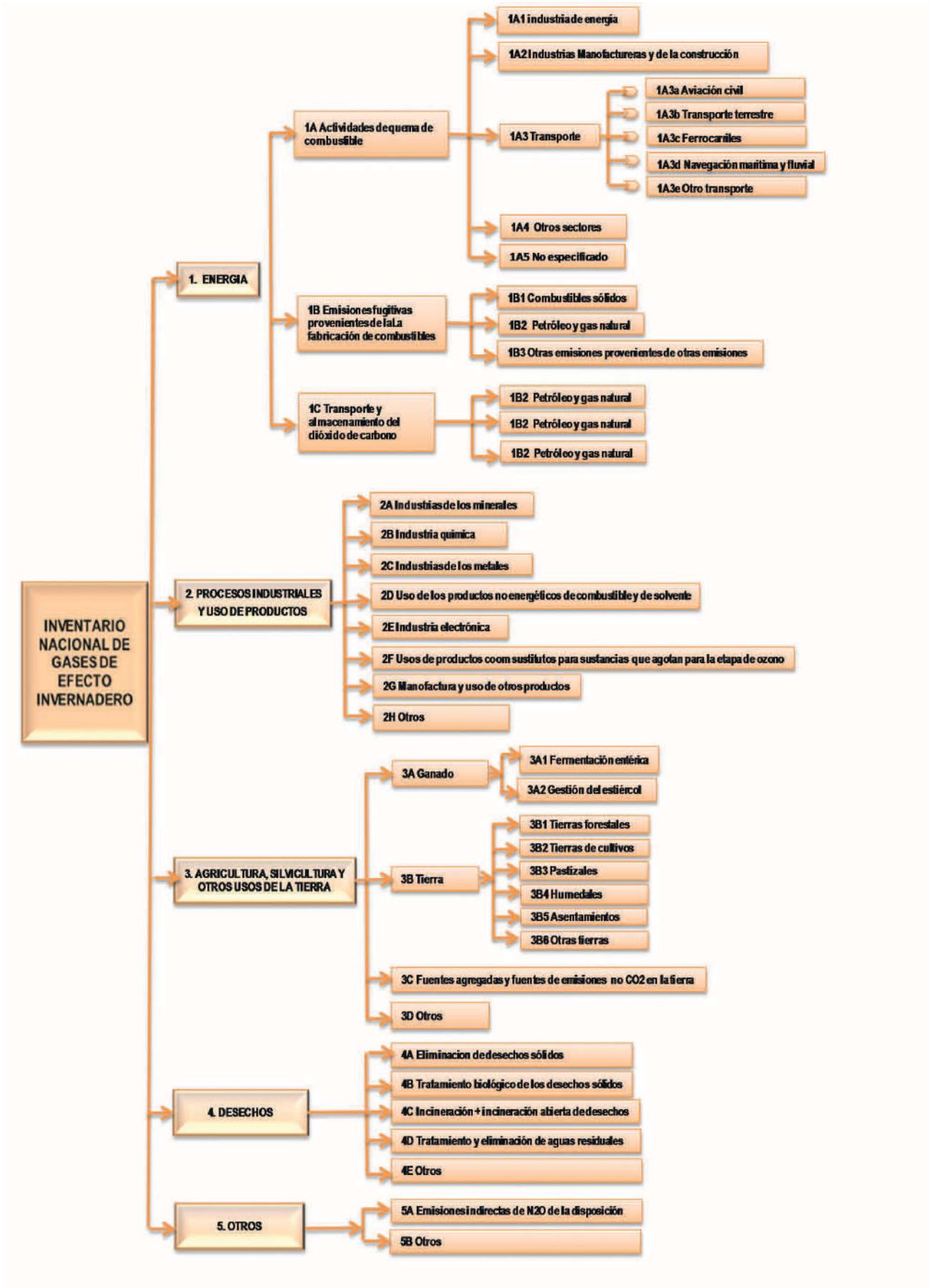
3.2 Pasos metodológicos aplicados

3.2.1 Identificación de fuentes de emisiones GEI, acopio de información y aplicación del método

Sectores y categorías

Para abordar el análisis de los principales sectores y categorías de emisiones y absorciones del departamento del Huila, se tomó como base la propuesta desarrollada por el IPCC a escala nacional, en la cual las estimaciones de emisiones y absorciones de GEI se dividen en sectores principales: grupos de procesos, fuentes y sumideros relacionados (ver Gráfica 2). Cada sector comprende categorías individuales (p. ej. transporte, agricultura, etc.), las cuales se tuvieron en cuenta para realizar el cálculo de la sumatoria de las emisiones totales.

Gráfica 3. Categorías principales de emisiones.



A continuación se presentan los resultados de la identificación previa de las fuentes de emisión de GEI en el Huila, priorizando las actividades productivas de mayor participación del PIB departamental, siguiendo a su vez un índice de las metodologías de trabajo para cada una de las categorías propuestas por el IPCC e identificando las posibles fuentes de información y la disponibilidad de datos requeridos para el cálculo de las emisiones. Es importante aclarar que para la generación

de los cálculos se obtuvo una gran base de datos, de acuerdo con la información secundaria encontrada. Por ejemplo, para el sector “Energía y Consumo de Combustibles”, una de las mayores fuentes de información de donde se tomó la base energética del departamento fue el Balance Energético Nacional (BEN), el cual ha sido desarrollado por la Unidad de Planeación Minero Energética de Colombia (UPME).

Tabla 1. Identificación de fuentes de emisiones GEI, acopio de información y selección del método.

SECTORES	MÉTODO	FUENTE DE INFORMACIÓN
1. Sector energía		
1.A. Actividades de quema de combustibles fósiles		
1.A.1. Consumo de combustibles fósiles en industrias de generación de energía	Nivel 1A-1B	La energía eléctrica generada en el departamento proviene de generadores hidráulicos (Betania, Íquira, etc.) En ellos se estimaron como nulas/no significativas las emisiones por quema de combustibles fósiles.
Actividad principal de producción de energía y calor	N/A	
Refinación de petróleo	N.A	No existen refinerías en el departamento. Emisiones nulas.
1.A.2. Industrias manufactureras y de la construcción	Nivel 1A -1B	
Sector industrial	Nivel 1A -1B	Balance Energético Nacional (BEN) para los sectores industriales y de construcción del departamento del Huila.
Sector construcción	Nivel 1A -1B	
1.A.3. Transporte	Nivel 1A -1B	
Aviación civil	Nivel 1A -1B	Proyección de consumo del BEN (2011) para el sector transporte del departamento del Huila.
Transporte terrestre	Nivel 1A -1B	
1.A.4. Otros sectores	Nivel 1A -1B	
Sector comercial	Nivel 1A -1B	Estimaciones desarrolladas a partir de dos metodologías de proyección de consumo del BEN (2011) para el sector comercial e institucional (público) del departamento del Huila.
Sector residencial	Nivel 1A -1B	
Residencial urbano	Nivel 1A -1B	Estimaciones desarrolladas a partir de dos metodologías de proyección de consumo del BEN (2011) para el sector residencial del departamento del Huila.
Residencial rural	Nivel 1A -1B	
Sector agricultura, silvicultura y pesca	Nivel 1A -1B	Estimaciones desarrolladas a partir de dos metodologías de proyección de consumo del BEN (2011) para el sector agricultura del departamento del Huila.
1.b. Emisiones fugitivas provenientes de la fabricación de combustibles		
1.b.2. Petróleo y gas	Nivel 1A -1B	
Consumo propio	Nivel 1A -1B	Estimaciones desarrolladas a partir de dos metodologías de proyección de consumo del BEN (2011) para los datos de demanda interna del sector hidrocarburos del departamento del Huila.
Transferencia/venteo/quema en tea/pérdida de transferencia	Nivel 1A -1B	
2. Sector procesos industriales y usos de productos		
2.a. Industria de los minerales		
2. A.2. Producción de cal	Nivel 1	Secretaría de Desarrollo Agropecuario y Minero Departamental.
2.a.4. Otros usos de carbonatos en los procesos - cerámicas	Nivel 1	Secretaría de Desarrollo Agropecuario y Minero Departamental.
Extracción de rocas ornamentales	Nivel 1	Secretaría de Desarrollo Agropecuario y Minero Departamental.
3.1. Sector agricultura		
Fermentación entérica	Nivel 1	Secretaría de Agricultura y Minería. Observatorio de Territorios Rurales. Evaluaciones agropecuarias municipales 2011.
Gestión del estiércol	Nivel 1	Secretaría de Agricultura y Minería. Observatorio de Territorios Rurales. Evaluaciones agropecuarias municipales 2012.

SECTORES	MÉTODO	FUENTE DE INFORMACIÓN
Suelos agrícolas gestionados	Nivel 1	Secretaría de Agricultura y Minería. Observatorio de Territorios Rurales. Evaluaciones agropecuarias municipales 2013.
Quemas de cultivos	Nivel 1	Calculadas a partir de estadísticas internacionales FAOSTAT proyectadas para 2011 (arroz y maíz).
3.2. Sector uso del suelo y cambio de cobertura		
Cambio de cobertura forestal a pastos y tierras de cultivo	Nivel 2	*Deforestación. Cartografía bosque y no bosque (IDEAM, 2005-2010). Zonas de vida (tipo de bosque): estimación de las reservas potenciales de carbono almacenadas en la biomasa aérea en bosques naturales de Colombia (IDEAM, 2011). Datos atmosféricos: páginas Web oficiales de las alcaldías municipales del Huila.
4. Sector residuos		
5.1. Disposición de residuos sólidos	Nivel 1	Residuos domésticos e industriales: alcaldías municipales. Residuos peligrosos –RESPEL-IDEAM.
5.2. Tratamiento de aguas residuales	Nivel 1	Cargas contaminantes-CAM

Fuente: Elaboración propia.

Método de las directrices IPCC 2006

El método de estimación de las emisiones del IPCC se subdivide en tres niveles de detalle: el nivel 1 corresponde al método por defecto y el nivel 3 es el más detallado. Para efectos de este estudio, y de acuerdo con sus alcances, se utilizaron los niveles 1 y 2. La información sobre los factores de emisión seleccionados es la que por defecto genera el modelo, la cual, junto con las fuentes de datos de actividad, permite estimar el nivel general de las emisiones netas (emisión por fuentes menos absorciones por sumideros). Para la selección final de los niveles metodológicos se utilizó una estrategia de análisis mediante árboles de decisiones: un árbol de decisión es una guía que permite seleccionar el nivel a utilizar al estimar la categoría que se desea analizar de acuerdo con las circunstancias regionales.

Los niveles utilizados tienen las siguientes condiciones:

- *Nivel 1.* Se usan por defecto aquellos factores de emisión relacionados con la información socioeconómica y con la información general del sector que produce las emisiones.
- *Nivel 2.* Se hace un balance entre la masa y los factores de emisión de procesos a nivel nacional y se investigan las fuentes de emisión y desarrollo tecnológico general a partir de la información obtenida por sectores de desarrollo.

3.2.2 Estimación de los GEI por sectores y subsectores

En el inventario del territorio las estimaciones de las emisiones se clasificaron por categorías, y estas a su vez se subdividieron en sectores y subsectores, lo cual facilitó la ordenación de las principales fuentes de emi-

sión y la selección de variables. Se definieron cinco sectores o categorías principales con el fin de mantener la coherencia con los inventarios nacionales desarrollados por el IDEAM (2000-2004).

La clasificación de los subsectores o subcategorías se hizo a partir del reconocimiento de las principales actividades económicas del territorio. En algunos casos se reportaron actividades que económicamente existen dentro del departamento, pero que no son significativas a nivel de fuentes de emisión; es decir, de acuerdo con el principio de significancia y margen de incertidumbre, y siguiendo los lineamientos de la metodología y de las buenas prácticas de monitoreo y estimación de inventarios de emisiones, no fueron estimadas las emisiones de este tipo de categoría-fuente¹.

A continuación se describen las categorías principales seleccionadas para la definición de fuentes y variables de emisión para el departamento del Huila:

3.2.2.1 Energía - IPCC 2006

Bajo esta metodología se estimaron las emisiones de GEI generadas por consumo y quema de combustibles de origen fósil y biogénico (emisiones directas), así como las emisiones fugitivas producidas por la extracción y comercialización de combustibles o por escapes sin combustión (emisiones indirectas) en las siguientes actividades:

- a) La exploración y explotación de las fuentes primarias de energía;
- b) La transmisión y distribución de los combustibles, y
- c) El uso de combustibles en aplicaciones estacionarias y móviles.

¹ Good Practices GHG Inventory and Uncertainty. IPCC, 2003.

Según las directrices IPCC, el uso de energía para generación de calor o trabajo mecánico es un proceso que consiste en que los componentes de un combustible, principalmente carbono, hidrógeno y azufre, reaccionan con un comburente (comúnmente oxígeno) y se oxidan liberando dióxido de carbono (CO_2) y agua (H_2O), liberación que sólo ocurre en condiciones de combustión incompleta. Sin embargo, existe otro tipo de oxidación que se da cuando no todo el tipo de combustible es quemado y ocasiona la liberación de otros gases como el monóxido de carbono (CO), los óxidos de nitrógeno (NO_x), los dióxidos de azufre (SO_2), el carbono (C), el hidrógeno (H) y las partículas de carbono. Las emisiones fugitivas son gases liberados a la atmósfera de forma imprevista o deliberada en actividades antropogénicas, particularmente provenientes de la producción, procesamiento, transformación, almacenamiento y uso de combustibles. Las emisiones más significativas de GEI en esta categoría son las de dióxido de carbono y metano. Al final del documento, en el Anexo, se encuentra la metodología utilizada.

3.2.2.2 Procesos industriales y uso de productos-IPCC 2006

Esta categoría fue seleccionada como objetivo para la cuantificación de las emisiones de GEI provocadas por procesos industriales en las que no se presenta combustión de hidrocarburos.

Estas emisiones son producidas por una gran variedad de actividades industriales. Las principales fuentes de emisión provienen de los procesos industriales que transforman materias por medios químicos o físicos. También se incluye el uso de GEI de manera directa (p.ej., los refrigerantes) durante las líneas de los procesos industriales. Su clasificación depende tanto de la subcategoría-fuente, es decir, de las subactividades industriales, como del tipo de emisión emitida. Durante estos procesos puede producirse una gran variedad de GEI, incluidos el dióxido de carbono (CO_2), el metano (CH_4), el óxido nitroso (N_2O), los hidrofluorocarbonos (HFC), los perfluorocarbonos (PFC) y el hexafluoruro de azufre (SF_6). En el Anexo 1 se presenta el cuadro con la metodología utilizada.

3.2.2.3 Agricultura silvicultura y otros usos de la tierra – IPCC 2006

Bajo esta metodología se obtuvieron las emisiones y absorciones de GEI para el sector AFOLU², entre las que se incluyeron las siguientes posibles fuentes de emisión, clasificadas en subsectores:

- a) Las emisiones y absorciones de CO_2 resultantes de los cambios en las existencias de carbono en la bio-

masa;

- b) Las emisiones de CO_2 y no- CO_2 producidas por incendios en todas las tierras gestionadas;
- c) Las emisiones de N_2O de todas las tierras gestionadas;
- d) Las emisiones de CO_2 relacionadas con la aplicación de cal y urea en tierras gestionadas;
- e) Las emisiones de CH_4 del cultivo del arroz;
- f) La emisión de CH_4 producida por el ganado (fermentación entérica), y
- g) Las emisiones de CH_4 y N_2O de los sistemas de gestión del estiércol.

En este sector, los GEI que presentan el mayor motivo de preocupación son el CO_2 , el N_2O y el CH_4 . Los flujos de CO_2 entre la atmósfera y los ecosistemas se controlan por captación, mediante la fotosíntesis de las plantas y por liberación, a través de la respiración, la descomposición y la combustión de materia orgánica. Por su parte, la emisión de N_2O se da fundamentalmente en los ecosistemas como subproducto de la nitrificación y la desnitrificación; mientras que se emite el CH_4 mediante metanogénesis en condiciones anaeróbicas en suelos y depósitos de estiércol, a través de la fermentación entérica y durante la combustión incompleta de la quema de materia orgánica. Otros gases que resultan de interés (de la combustión y de los suelos) son el NO_x , el NH_3 , el COVDM y el CO, porque son precursores de la formación de GEI en la atmósfera. La formación de estos gases a partir de precursores se considera una emisión indirecta. Las emisiones indirectas se asocian también con la lixiviación o el escurrimiento de compuestos de nitrógeno, en particular las pérdidas de NO_3 de los suelos, algunos de los cuales pueden convertirse después en N_2O por desnitrificación.

Aunque las actividades tradicionales de la agricultura se definen económicamente dentro de los sectores de ganadería (o cría pecuaria, de cualquier tipo de ganadería), así como de las labores agrícolas de cultivos transitorios, anuales y permanentes, la forma de clasificarlas en diferentes subcategorías de emisiones se definieron por el tipo de origen de las emisiones generadas y por sí mismas, dado el tipo de gas emitido a la atmósfera. En el Anexo 1 se encuentra la metodología utilizada.

3.2.2.4 Desechos- IPCC 2006

En cuanto a los desechos, la estimación de las emisiones se realizó de acuerdo con las siguientes categorías:

² Agricultura, Sector Forestal y Cambio de Uso de Suelo (AFOLU, por sus siglas en inglés).

- a) Eliminación de desechos sólidos;
- b) Incineración e incineración abierta de desechos, y
- c) Tratamiento y eliminación de aguas residuales.

Para este caso se tienen en cuenta el metano originado a través de la descomposición anaeróbica de la materia orgánica contenida en los residuos sólidos y en las aguas residuales domésticas, y las emisiones de óxido nitroso debidas a los procesos de nitrificación y desnitrificación en las excretas humanas. También se consideraron las emisiones de CH₄ procedentes de los sitios de disposición de residuos sólidos, y del tratamiento y la eliminación de aguas residuales. En el Anexo 1 se presenta la metodología utilizada para estimar las emisiones.

3.2.3 Análisis de categorías principales

Con el objetivo de identificar los sectores estratégicos 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 GEI en el Huila y que por lo tanto serían prioritarias en cuanto a reducción de emisiones, se realizó una descripción y análisis de los resultados obtenidos, apoyados en gráficos y cifras estadísticas. Los resultados de este trabajo son el primer insumo importante para la adopción de estrategias de mitigación que se incluirán dentro del Plan de Acción de Cambio Climático del Huila. A continuación se presentan dichos resultados (capítulos 4 y 5).



4. RESULTADOS

4.1 Emisiones de GEI por sectores y subsectores 2011

A partir de la metodología presentada en el capítulo 3 con sus anexos, se estimaron las emisiones por sector y subsector de GEI en el departamento. La tabla 2 presenta estas estimaciones que en su conjunto representan la magnitud de las emisiones de los gases efecto invernadero para el Huila.

4.1.1 Participación de cada sector en las emisiones totales por año

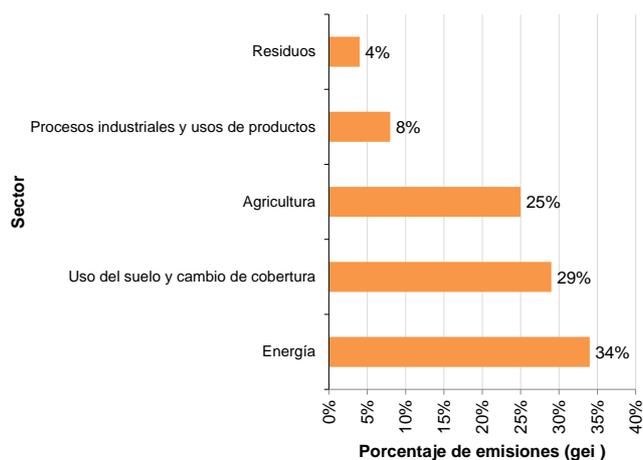
Las emisiones totales de GEI para 2011 en el Huila correspondieron a un total de 5.317 GgCO₂eq .

Los resultados para el departamento muestran en primer lugar las emisiones para el sector energía con un total 1.834 Gg CO₂eq, las cuales representan el 34,51% del total de las emisiones, seguido del sector uso del suelo y cambios de cobertura con el 29% y agricultura con el 24,5%, para finalmente posicionaren un cuarto y quinto lugar los procesos industriales y desechos con el 8 y 4% respectivamente.

Al realizar una proyección de las emisiones totales del país, partiendo del Segundo Inventario Nacional de Gases Efecto Invernadero (INGE, 2004)¹ proyectado para 2011, se tiene que las emisiones del Huila corresponden al 2,95% de las emisiones totales del país. Estas emisiones se consideran altas si se tiene en cuenta que el departamento produce apenas el 1,74% del PBI nacional. Cabe destacar la importancia de las emisiones proporcionales que representan para el Huila la deforestación y la producción de cales y fosfatos.

Sin embargo, si se asocian las emisiones de los sectores de agricultura y uso del suelo-cambio de cobertura, en unidades de CO₂eq, se observa que estas representan más de la mitad con respecto a las emisiones totales del departamento.

Gráfica 4. Porcentaje de emisiones GEI por sectores, Huila, 2011.



Fuente: Elaboración propia.

¹ Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero. Segunda Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas (UNFCCC). República de Colombia. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT), 2010.

Tabla 2. Principales sectores y subsectores/actividades aportantes de GEI en el Huila (2011)

Sectores	emisiones y selección de gas tipo por origen -gg CO ₂ eq						Total co ₂ eq	Participación (%)
	co ₂	ch ₄	n ₂ O	SF ₆	bio			
1. Sector energía	x	x	x		x		1.834,9	34.51
1.a. actividades de quema de combustibles fósiles							1.573,4	29.59
1.a.1. industrias manufactureras y de la construcción							70,6	1.33
Sector industrial	x	x	x		x		65,6	1.23
Sector construcción	x	x	x				5,1	0.10
1.a.2. Transporte							853,03	16.04
Aviación civil	x	x	x				9,9	0.19
Transporte terrestre	x	x	x				843,1	15.86
1.a.3. otros sectores	x	x	x				647,1	12.17
Sector comercial	x	x	x				59,3	1.12
Sector residencial	x	x	x		x		306,2	5.76
-Residencial urbano	x	x	x		x		187,9	3.53
-Residencial rural	x	x	x		x		118,3	2.22
Sector agricultura, silvicultura y pesca	x	x	x		x		281,6	5.30
1.b. emisiones fugitivas provenientes de la fabricación de combustibles	x	x	x				261,49	4.92
1.b.1. Petróleo y gas	x	x	x				261,49	4.92
Consumo propio	x	x	x				66,3	1.25
Transferencia/venteo/quema en tea/pérdida de transferencia	x	x	x				195,1	3.67
2. Sector procesos industriales y usos de productos	x						434,9	8.18
2.a. industria de los minerales							434,9	8.18
2.a.1. Producción de cal	x						409,4	7.70
2.a.2. otros usos de carbonatos en los procesos -cerámicas	x						11,1	0.21
Extracción de rocas ornamentales	x						14,37	0.27
3. Sector agricultura	x	x	x		x		1.303,6	24.52
Fermentación entérica		x					723,1	13.60
Gestión del estiércol		x	x				52,1	0.98
Suelos agrícolas gestionados		x	x				527,3	9.92
Quemas de cultivos	x	x	x		x		1,05	0.02
4. Sector uso del suelo y cambio de cobertura	x						1.542,2	29.01
Cambio de cobertura forestal a pastos y tierras de cultivo	x						1.542,2	29.01
5. Sector desechos		x					201,4	3.79
Disposición de residuos sólidos		x					92,4	1.74
Tratamiento de aguas residuales		x	x				109,0	2.05
Total emisiones de gei en gg co₂eq							5.317,2	100

Fuente: Elaboración propia.

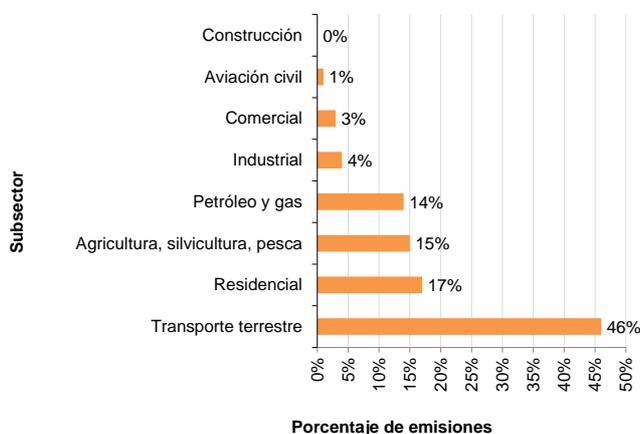


5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1 Sector energía

El sector energía se encuentra en el primer lugar de la generación de emisiones de GEI, con el 34,5% de participación frente al total departamental. Las actividades que más aportan son, en su orden, transporte terrestre (46%), sector residencial (17%), sector agricultura, silvicultura y pesca (15%) y producción e hidrocarburos (14%). Dentro de estos valores vale la pena mencionar el importante incremento que ha tenido la quema de combustible en el sector transporte, al pasar de 33.500.000 galones en 2001, a 61.500.000 galones en 2011 (incremento del 83%).

Gráfica 5. Porcentaje de emisiones de los subsectores del módulo energía (Huila, 2011).



Fuente: Elaboración propia.

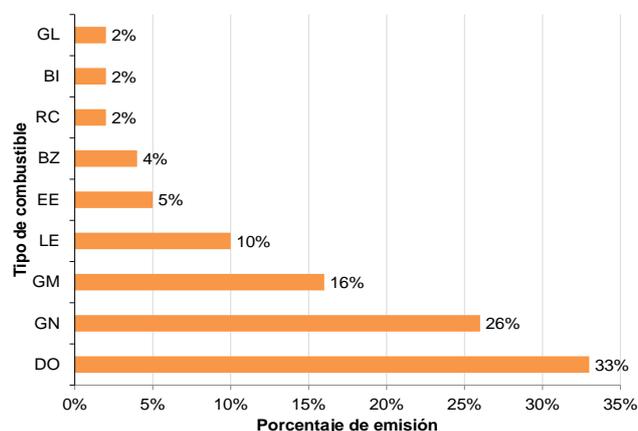
Según cifras del Instituto de Transporte y Tránsito del Huila (2010), el departamento cuenta con un parque automotor de 92.151 vehículos de los cuales el 93% corresponde al servicio particular y 7% al servicio público (6.210 vehículos). En lo correspondiente a la venta de vehículos, según el Comité Automotor Colombiano, desde 2009 a 2011 las ciudades de Neiva y Florencia presentan un crecimiento en las ventas del 89%. Tan sólo en 2011 se vendieron 4.219 vehículos nuevos, lo cual ha sido impulsado fundamentalmente por aspectos económicos como la revaluación del peso o las facilidades de acceso al crédito.

Dentro del ámbito urbano de Neiva, el servicio público (buses y busetas) tiene capacidad para movilizar entre 8 y 19 pasajeros, con un recorrido total de 69.917.973 km al año. En el ámbito departamental, en los últimos años también se ha presentado un importante incremento del transporte pesado por carretera, especialmente el destinado al transporte de petróleo crudo: durante 2012 circularon en promedio 35.896 vehículos de carga por el peaje El Patá (carretera nacional de Neiva al centro del País), cifra que para 2013 se ha incrementado en promedio a 36.766 vehículos por mes.

Según los resultados de los monitoreos realizados por la CAM en 2011, el 90% de los vehículos muestreados no cumplen con los estándares de emisiones obligatorios de la resolución 910 de 2008 (Informe de gestión CAM 2011), incluso a pesar de que el 93% de los automotores revisados cuenta con certificado de revisión técnico-mecánica y de gases. Los monitoreos realizados durante 2012 mostraron que el 30% de los vehículos no cumple con la norma, de manera especial el 75% de los vehículos de transporte público.

Los otros subsectores de energía que representaron mayores emisiones por el consumo de energía eléctrica, gas natural, uso de leña y madera son el residencial con el 17% de participación y el de agricultura con el 15%.

Gráfica 6. Emisiones por tipo de combustible. Categoría principal energía (Huila, 2011).



Fuente: Elaboración propia.

El consumo de energía eléctrica en el departamento es de 599.574.324 kW/h, de los cuales la mayor proporción es consumida a nivel residencial (56%), seguida por porcentajes importantes del sector comercial (19%), industrial (12%) y oficial (8%). El consumo de energía eléctrica por parte del sector oficial alcanza los 47.595.316 kW/h.

Es importante indicar que mientras el Banco Mundial estima para Colombia un consumo per cápita de energía eléctrica de 1.123 kW/h, el departamento del Huila tiene un consumo *per cápita* de apenas 546 kW/h (información obtenida de las bases de datos de la Empresa Electrificadora del Huila para 2011).

El consumo de gas en el departamento alcanza los 40.624.762 m³ por año, destinados principalmente al sector residencial (el 59%) y al sector transporte (27%) (Gas Natural Vehicular). El consumo promedio *per cápita* para Colombia es de 192 metros cúbicos/habitante/año, mientras que en el departamento del Huila es de 41 m³/habitante/año.

Del subsector agricultura vale la pena destacar la importancia relativa del consumo de leña y madera. En el departamento se estima que se consumen 423.742 toneladas por año para hogares, 14.000 t/año para el curado de tabaco, 18.500 t/año para obtención de panela y 16.848 t/año para la producción ladrillera. En cuanto a madera para tutoraje de cultivos y embalaje de productos agrícolas, se estima el uso de 2.529 m³ en tomate de mesa, 16.760 m³ en maracuyá, 19.831 m³ en frijol y 32.750 m³ para granadilla.

Finalmente, las emisiones provenientes del subsector hidrocarburos ocupan el cuarto lugar en importancia (14% de las emisiones totales), como consecuencia de la explotación del petróleo y gas. Estas actividades generan unas emisiones estimadas de 261,49 Ggeq/año. A pesar de que la explotación de crudo ha decrecido en el Huila (en 2004 representaba 50.798 barriles promedio día calendario –BPDC– y en 2011 tan solo 41.911 BPDC), hoy el departamento se consolida en el sexto lugar de importancia a nivel país. La explotación de gas para 2011 alcanzó un total de 9.497,3 millones de pies cúbicos (MPC), de los cuales solamente el 10% fue reinyectado, mientras que el 25%, fue comercializado, el 36% consumido y el 27% quemado. De las emisiones de este sector, el 74% fueron causadas por transferencia, venteo, quema en tea y pérdida por transferencia.

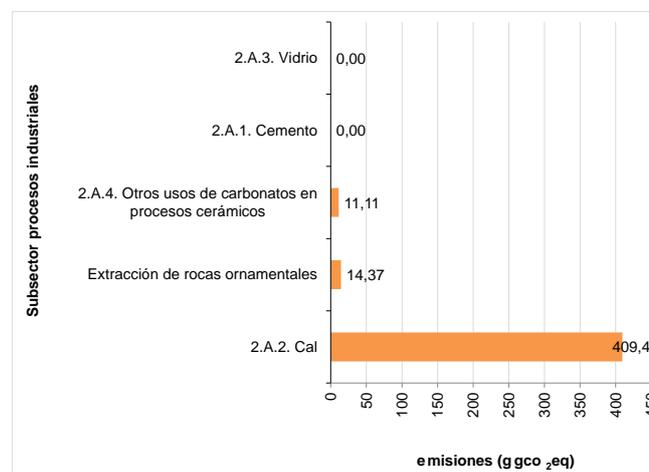
5.2 Sector procesos industriales y uso de productos

Las emisiones de este sector corresponden a aquellas generadas por actividades de la industria de explotación de cales, carbonatos y cerámicas. Las emisiones

totales se estiman en 434,90 Gg CO₂eq (8% de las emisiones totales del departamento).

El mayor aporte lo realiza la producción de cales con 409,4 Gg CO₂eq (94% del sector), dado que el departamento produce 30.027 toneladas mensuales de calizas y 15.062 t/mes de dolomitas (37,6% de la producción nacional de roca fosfórica), como se aprecia en la Gráfica 6. Estos valores cobran mayor importancia, como es de esperarse, por el importante incremento estimado para los próximos años. Este subsector constituye una de las apuestas productivas de la región, con reservas de calizas, mármol y dolomitas por el orden de 1.000.000.000 t y de roca fosfórica de 138.000.000 t, según las cifras del panorama minero departamental de la Secretaría de Agricultura y Minería del Huila.

Gráfica 7. Emisiones de los subsectores de procesos industriales y uso de productos en GgCO₂eq.



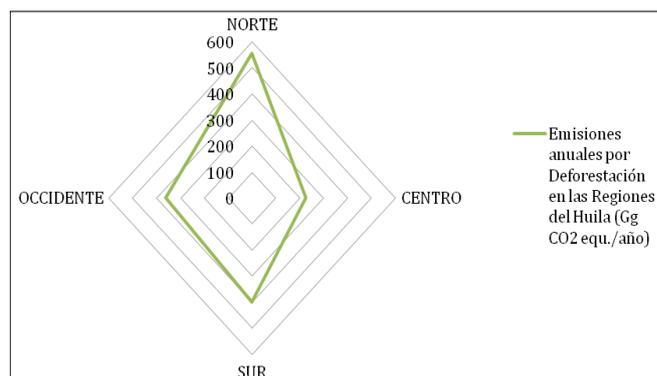
Fuente: Elaboración propia.

5.3 Sector uso del suelo y cambio de cobertura

La contribución a las emisiones de GEI en el departamento por el uso del suelo y cambio de cobertura representa el segundo lugar de importancia con un total 1.542,2 GgCO₂eq/año (el 29% de las emisiones departamentales).

El departamento experimentó un incremento de 34.161 ha en la frontera agropecuaria durante los años 2005 y 2010. De estas áreas, la agricultura ha contribuido a la transformación de 15.333 ha, entre las que cobran principal relevancia están las tierras cafeteras, con un incremento 8.590 ha, seguidas por el cultivo del maíz con 2.243 ha y la granadilla con 1.162 ha; por su parte, el sector pecuario contribuyó con 18.828 ha al incremento de área en pastos. El análisis de esta información, junto con las estadísticas reportadas por el Plan General de Ordenación Forestal y el IDEAM, permite estimar una deforestación que varía entre las 5.000 y 10.000 ha por año. La pérdida de esta cobertura de bosque es la primera razón de generación de emisiones para este sector.

Gráfica 8. Emisiones del sector uso del suelo y cambios de la cobertura en Gg CO₂eq/año, (Huila, 2011).



Fuente: Elaboración propia.

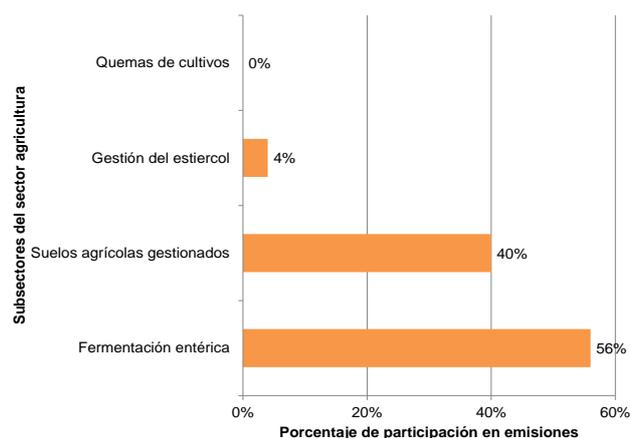
Según los anuarios estadísticos agropecuarios de 2011 las áreas de extensión cafetera de mayor concentración se hallan en la zona sur del departamento (47.677 ha), con focos centralizados en los municipios de Pitalito y Acevedo; la sigue la zona centro con 29.457 ha agrupadas en su gran mayoría en Garzón y Gigante. Por su parte, las áreas de maíz se concentraron en zonas más bajas como la región norte, en especial los municipios de Neiva y Colombia. Las áreas cosechadas en granadilla se localizan en zonas más altas, en los municipios de Palestina y Pitalito. Los pastos y forrajes se ubican principalmente en la zona norte y centro del Huila con 408.453 y 140.959 ha respectivamente. La deforestación (años 2005 y 2010) se focaliza principalmente en las zonas norte y sur del departamento. Siguiendo el orden de las áreas con mayores pérdidas de bosque a nivel municipal, de acuerdo con su orden de relevancia, se hallan los municipios de la Plata, Colombia, Íquira, San Agustín, Pitalito y Rivera, con paradojas importantes como que aquellos municipios que tienen menor área de bosque, Yaguará, Altamira y Nátaga, son los que presentan las más altas tasas de deforestación.

5.4 Agricultura

La agricultura representa el tercer lugar en importancia en cuanto a la generación de emisiones de GEI, con 1.304 GgCO₂eq. De estas emisiones, la fermentación entérica aporta el 56%, dado que el departamento albergó durante 2011 un total de 479.306 cabezas de ganado, con un crecimiento anual para el periodo 2003-2011 de 4.260 cabezas. Esta ganadería se desarrolla en sistemas de producción de doble propósito de tipo extensivo, distribuida especialmente en los municipios de Neiva, Palermo, Gigante, Garzón y Pitalito.

Los suelos agrícolas gestionados a consecuencia del uso de fertilizantes con compuestos nitrogenados y sales, en especial cultivos de arroz y café, representan el 40% de las emisiones del sector.

Gráfica 9. Porcentaje de participación en emisiones de los subsectores del sector agricultura (Huila, 2011).



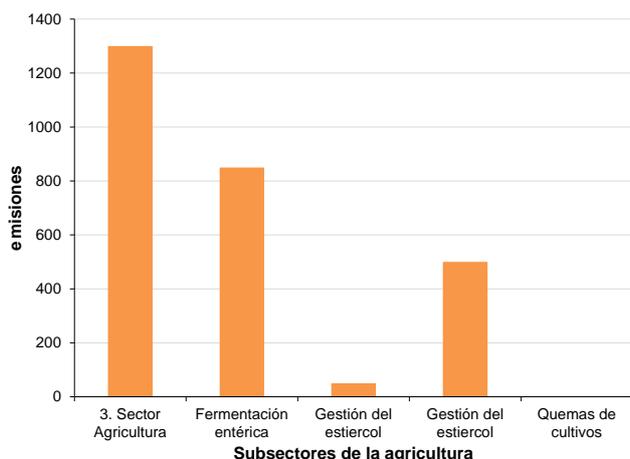
Fuente: Elaboración propia.

El café demanda en promedio entre 405 y 295 kg de fertilizantes simples y compuestos y 3 litros de agroquímicos por hectárea, lo que significa que para las 117.224 ha de 2011, se requirió una demanda total de 82.056.800 kg de fertilizantes y 351.672 litros de agroquímicos.

Para una hectárea de arroz se requieren 450 kg de urea y 29,5 litros de distintos herbicidas, fungicidas e insecticidas, por lo cual en 2011 las áreas de arroz (32.611 ha) requirieron una suma aproximada de 14.674.950 kg de urea y 962.024 litros de agroquímicos. Es importante resaltar la ubicación de mayor extensión de tierras para el cultivo de arroz en la región, las cuales se centralizan en la zona norte, en especial en los municipios de Campoalegre, Palermo y Villavieja.

La gestión del estiércol, especialmente del ganado vacuno, mediante la disposición en pasturas de ganadería, porcicultura y aves de engorde en establos, con lo cual se produce gallinaza y abonos orgánicos, representa el 4% de las emisiones de GEI departamentales. Las quemadas agrícolas, en especial las de cultivos de arroz y maíz, aportan 1GgCO₂eq.

Gráfica 10. Emisiones de subsectores de la agricultura.



Fuente: Elaboración propia.

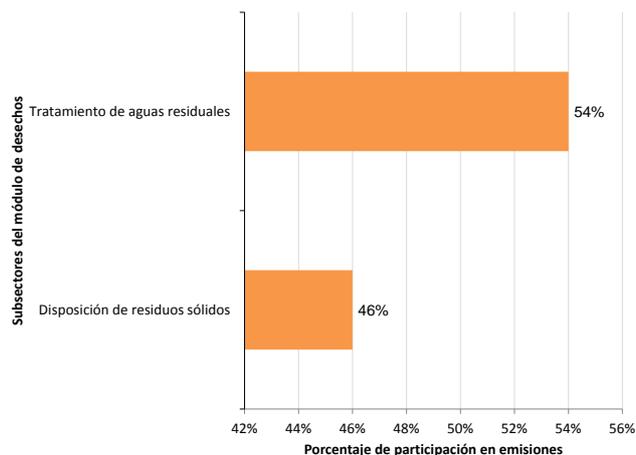
5.5 Desechos

Las emisiones por desechos consolidaron el último lugar por sectores en el departamento con el 3,79 % del total, equivalente a 201,4 GgCO₂eq, representadas en el 54% por el tratamiento de aguas residuales, principalmente de uso doméstico, y el 46% restante lo ocupó la disposición de residuos sólidos en rellenos sanitarios, plantas integrales y procesos de incineración.

Según cifras de 2010 reportadas por las alcaldías municipales el Huila produce un estimado de 458 t de basuras al día, para una población de 1.083.000 personas, cuya disposición final se reparte en sistemas de relleno sanitarios (70%) y en plantas integrales (27,9%). El 1,8% de los residuos presentan disposición no adecuada según el Informe nacional de disposición final 2012.

El departamento cuenta con los rellenos sanitarios de Los Ángeles y del municipio de Guadalupe y, a su vez, con tres plantas integrales de aprovechamiento de residuos sólidos, en las cuales disponen sus residuos 21 municipios, nueve de ellos en Biorgánicos del Sur, siete en Biorgánicos del Centro y cinco en Biorgánicos del Páez; adicionalmente cuenta con un botadero a cielo abierto para las basuras del municipio de Yaguará.

Gráfica 11. Participación de subsectores del módulo de desechos (Huila, 2011).



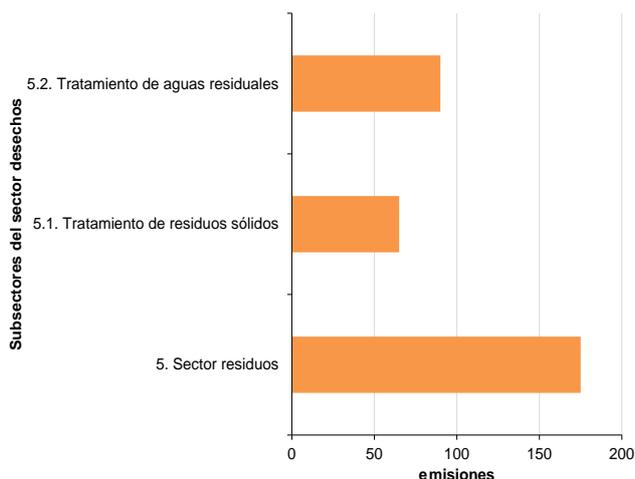
Fuente: Elaboración propia.

Dados los malos manejos y las limitaciones en la capacidad de disposición, la autoridad ambiental CAM ha expedido notificaciones de suspensión de recepción y disposición final de residuos sólidos para dos plantas integrales de aprovechamiento de residuos.

Neiva, la capital, representa el 60% (270 t/día) de la producción total de residuos del departamento con 83.123 suscriptores en el servicio de recolección de basuras, las cuales finalmente dispone en el relleno sanitario Los Ángeles. En el segundo lugar de mayor generación de residuos se encuentra Pitalito, con 41 t/día, seguido por los municipios de Garzón y Campoalegre con 19 y 12 t/día respectivamente.

Parte de la carga contaminante que reciben las fuentes hídricas proviene de la disposición de aguas residuales de origen doméstico, agropecuario y agroindustrial sin tratamiento. La disposición mediante sistemas de tratamiento de aguas residuales tiene una cobertura cercana al 51% del total de municipios. No obstante, la infraestructura existente permite la remoción de menos del 15% de la carga contaminante generada en las áreas urbanas del departamento, determinando que los principales centros poblados, como Neiva, Garzón, Pitalito y La Plata, no cuentan con Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR). A lo anterior hay que agregar la contaminación por aguas servidas en las áreas rurales que aún no disponen de soluciones en saneamiento básico.

Gráfica 12. Emisiones del los subsectores del sector desechos (Huila, 2011).



Fuente: Elaboración propia.

Por su parte, dentro del sector agropecuario el café es el cultivo predominante (con más de 100.000 ha sembradas y cerca de 76.000 productores) y el principal factor de contaminación hídrica. Cultivos como el arroz, el tabaco, el lulo, la granadilla y el tomate son intensivos en el uso de agroquímicos de alto grado de toxicidad y, por tanto, contribuyen a la contaminación del suelo y las aguas. Finalmente, aunque el sector industrial es incipiente en el Huila, se estima que produce cerca del 5% de la contaminación hídrica.

5.6 Participación de sectores en el contexto nacional

De acuerdo con lo expuesto en el numeral 4.1.1. las emisiones totales de GEI del departamento para los cinco sectores (categorías principales) identificados consolida un valor de 5.317,2Gg CO₂eq, las cuales representan el 2,95% de la emisiones totales del país. Las distribuciones de participación porcentual frente al contexto nacional presentaron algunas variaciones, como se observa en la gráfica 13.

De acuerdo con su orden de importancia, la categoría de uso de los suelos y sus causas de generación de emisiones presenta una gran diferencia frente al contexto nacional; sin embargo, se puede evidenciar que es un componente importante para el caso regional, que se explica por el cambio de las coberturas de bosque con la deforestación generada durante la ampliación de la frontera agrícola y pecuaria que ha afrontado el departamento.

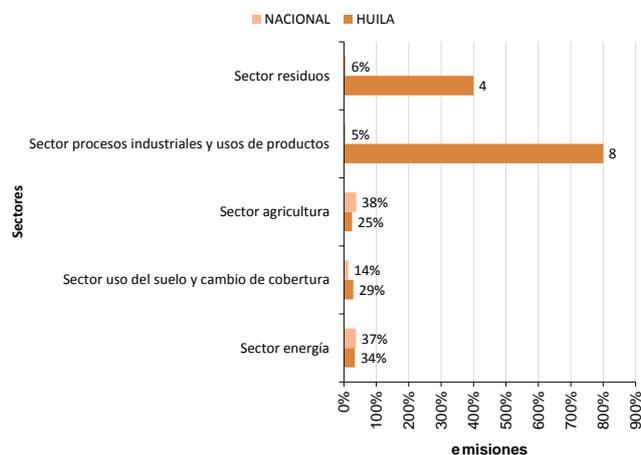
A nivel del consumo de combustibles fósiles, dentro de la categoría energía para el departamento, se observa que la proporción es similar al comportamiento a nivel país, por lo que se podría estimar que una futura es-

trategia de mitigación, a partir de políticas generales a nivel nacional y específicas para este sector, será homogénea en la reducción de las emisiones de este componente.

Un sector que es necesario evaluar detenidamente es el de la categoría agricultura. Como se observa en la Gráfica 12, se evidencia una menor proporción de emisiones respecto a las tasas nacionales lo cual puede llegar a generar confusión respecto de los resultados obtenidos, dado que parecería que el departamento no es un alto generador de emisiones. Sin embargo, no sólo es necesario revisar detenidamente que la agricultura forma parte activa y ocupa un lugar importante dentro de la economía de la región, sino que además es posible que por falta de información se estén dejando de captar fuentes puntuales de las emisiones.

Otro sector que muestra una fuerte aportación es el de procesos industriales y usos de productos, con tres puntos de participación porcentual por encima del contexto nacional. Esto se debe a actividades como la extracción de calizas, utilizadas frecuentemente para producir cemento y fertilizantes agrícolas. Tales emisiones fueron ubicadas en esta categoría debido al desconocimiento puntual de los porcentajes de esta materia prima destinados a los diferentes sectores de la economía.

Gráfica 13. Participación de las emisiones por sector en el regional y nacional.



Fuente: Elaboración propia.



6. CONCLUSIONES

- Las emisiones totales de GEI del departamento para las cinco categorías identificadas (1. Energía, 2. Procesos industriales y usos de productos, 3. Agricultura, 4. Uso del suelo y cambio de la cobertura, y 5. Desechos) consolidan un valor de 5.317,2 GgCO₂eq, las cuales corresponden al 2,95% de las emisiones totales del país de acuerdo con las proyecciones del inventario de GEI realizado por el IDEAM en 2004, fundamentado en la evolución del PIB departamental.
- El sector de mayor importancia es el de energía con 1.834,4 GgCO₂eq (34%) y su principal fuente de emisión son las quemaduras de combustible del transporte terrestre, que corresponden al 16% de las emisiones totales del departamento.
- En segundo grado de importancia se encuentra el uso del suelo y el cambio de cobertura con el 29%, correspondiente a un total de 1.542,2 GgCO₂eq, como consecuencia de la expansión de la frontera agrícola y la alta tasa de deforestación experimentada en el departamento.
- La agricultura se posiciona en tercer lugar con el 24,5% de las emisiones equivalentes, es decir, un total de 1.303,7 GgCO₂eq. De estas, a nivel departamental, el 13,6% se da por procesos de fermentación entérica y el 9% por los suelos agrícolas gestionados.



7. RECOMENDACIONES

7.1 Generales

Se considera relevante establecer herramientas que contribuyan a crear sistemas de información base para el desarrollo de nuevos inventarios de GEI, de forma que sea posible comparar los resultados años tras año y fijar estrategias y metas para el seguimiento de las emisiones.

7.2 Sector energía

Para este sector se recomienda desarrollar estudios de investigación que permitan evaluar las potencialidades y la viabilidad de los siguientes aspectos:

- El uso de biocombustibles;
- Los sistemas de transporte masivo;
- Las campañas de concientización ambiental;
- La promoción del uso de la bicicleta como medio de transporte;
- Las medidas de regulación del transporte;
- El uso de energías renovables;
- La clasificación energética a nivel territorial para las zonas urbanizadas, y
- Las estrategias de uso eficiente de la energía en los sectores residenciales de la región.

7.3 Sector procesos industriales y uso de productos

Para este sector se recomienda el desarrollo de nuevos estudios que permitan evaluar la viabilidad de la modernización tecnológica y el mejoramiento de las prácticas de producción; también, el fortalecimiento de incentivos que fomenten una producción más limpia y un desarrollo bajo en carbono, la utilización de energías alternativas y mecanismos de pagos por servicios ambientales. En general, se requiere una participación más activa de los sectores industriales en la temática

medioambiental y de cambio climático, reforzando así las variables de los inventarios de GEI a nivel local y apoyando los sistemas de bases de datos a nivel de municipios y departamentos, como complemento de los Sistemas de Gestión Ambiental Integral Territorial (SIGAM).

7.4 Sector uso del suelo y cambios de la cobertura

Las acciones prioritarias para la mitigación de las emisiones de este sector deben ser evaluadas desde la definición de políticas de regulación de los usos del suelo y su optimización, la adopción de buenas prácticas para el manejo de fertilizantes, el control de la erosión de suelos, la rotación de cultivos y la transferencia de tecnología para la optimización de la producción.

Dentro de las estrategias de adaptación es necesario considerar acciones encaminadas a la conservación de los reservorios de carbono existentes, entre otras, el fomento al decreto de Áreas Naturales Protegidas, el manejo de los recursos naturales, la protección del bosque, la reducción de las tasas de deforestación y el ordenamiento ecológico). Se requiere, además, fortalecer las áreas y coberturas con mayor potencial de captación de carbono, aumentando el tamaño de los reservorios e incluyendo la protección de las cuencas, la restauración de los suelos degradados, el desarrollo de plantaciones forestales, el establecimiento de sistemas agroforestales y la sustitución de productos biológicos.

De igual manera, es necesario perfeccionar la información base de los inventarios forestales y de cambio de uso de suelo a nivel local, regional (departamental) y nacional, con el fin de disminuir los porcentajes de incertidumbre presentes en las estimaciones. Esto se puede lograr a partir de la elaboración de una cartografía específica de coberturas con un mayor nivel de detalle de estratificación de los diferentes territorios.

7.5 Sector agricultura

Para la reducción de las emisiones de la fermentación entérica se considera relevante investigar las estrategias tendientes a mejorar la digestibilidad del ganado frente a las pasturas. El mejoramiento de la producti-

vidad y la eficiencia en el manejo del ganado se logra mediante el uso de técnicas de mejora genética y de nutrición, el establecimiento de sistemas agroforestales y la optimización de pasturas sostenibles. Por esto, las prácticas de ganadería silvopastoril se convierten en una de las estrategias más importantes para el departamento.

Para el sector agrícola se recomienda incorporar estrategias de transferencia de tecnología tales como la adopción de buenas prácticas agrícolas y de manejo de cultivos, la optimización del suelo (rotación de cultivos), la disminución en el uso de fertilizantes y la incorporación de la agricultura orgánica.

Igualmente es conveniente desarrollar estrategias sectoriales de autogeneración de energía, a partir de la transformación de los residuos y subproductos de la agricultura por medio de la implementación de biodigestores capaces de emitir gases utilizados en la generación de energía eléctrica y calor.

7.6 Sector desechos

- Se recomienda evaluar las oportunidades y viabilidades de las siguientes estrategias:
- Disminuir la cantidad de residuos orgánicos enviados a disposición final;
- Introducir nuevas tecnologías para la disposición final que sustituyan los rellenos sanitarios existentes, y
- Estudiar el potencial aprovechamiento del gas generado en los rellenos sanitarios.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACRE. (2008). Diagnóstico socio-económico. Departamento de Huila. Presidencia de la República, Bogotá D.C.
- Alcaldías Municipales. Aspectos generales y recolección del servicio de aseo en las cabeceras de los municipios en el Departamento 2010-2011, Huila.
- Alcanos de Colombia S.A. E.S.P. (2011). Usuarios, consumo y promedio/consumo de gas natural en el Departamento 1998-2011, Neiva.
- ARCO. (2008). Plan general de ordenamiento forestal del Huila. Informe final del Convenio 191 de 2007. Bogotá.
- Asociación Colombiana de Petróleo (ACP). (2013). Informe estadístico petrolero, ACP.
- Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena. (2011). Informe de Gestión 2011. Camilo Augusto Agudelo Perdomo, Alaín Hoyos Hernández, Carlos Alberto Cuéllar Medina(eds.). Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena, Neiva.
- Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena. (2011). Plan de Gestión Ambiental Regional del Departamento del Huila, 2011-2023. Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena. Neiva.
- Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena. (2012). Plan de Acción 2012-2015, Alto Magdalena: territorio verde y climáticamente inteligente. Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena. Neiva.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), ICER. (2011). Informe de coyuntura económica regional. Convenio interadministrativo No. 111.DANE-Banco de la República, noviembre de 2012, Bogotá. Electrificadora del Huila S.A. E.S.P. (2011). Consumo de energía eléctrica por sectores y municipios en el Departamento 2011, Neiva.
- Federación Nacional de Cafeteros. (2012). Área cultivada según tecnificación por departamento, anual desde 2007-2012. Federación Nacional de Cafeteros, Chinchiná.
- Garay Suaza, J. (2011). Sistema de información departamental 2013. Departamento Administrativo de Planeación, Neiva.
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. (2006). Directrices del IPCC 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. H.S., Eggleston, L. Buendía, K. Miwa, T. Ngaray K. Tanabe(eds.). Programa de inventarios nacionales de gases de efecto invernadero del IPCC, 2.ª ed.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). (2012). Segunda Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático. Mauricio Cabrera Leal, Martha Duarte Ortega, María Margarita Gutiérrez Arias, Pedro Simón Lamprea Quiroga (eds.), 2.ª ed., Bogotá D.C.
- Instituto de Transporte y Tránsito del Huila. (2010). Parque automotor de vehículos según clase y tipo de servicio en el Departamento. Instituto de Transporte y Tránsito del Huila, Neiva.
- Ministerio de Minas y Energía. (2011). Boletín estadístico de minas y energía, 2007-2011, Oliver Díaz Iglesias (ed.), Bogotá.
- Ministerio de Minas y Energía. (2011). Anuario estadístico minero colombiano 2011. Juan Camilo Gómez Guzmán y Claudia Noreña Botero (eds.), Bogotá.
- Ministerio de Minas y Energía. (2011). Censo minero departamental colombiano, Ministerio de Minas y Energía, Bogotá.
- Observatorios de Territorios Rurales. (2011). Evaluación agropecuaria del departamento del Huila años 2004-2012. Gobernación del Huila. Neiva.
- Secretaría de Agricultura y Minería Gobernación del Huila. (2011). Expectativas del negocio minero en el territorio departamental. Secretaría de Agricultura y Minería Gobernación del Huila, Neiva.



ANEXO

Metodología de estimación de gases por sector

1. Categoría principal 1: Sector energía

**Metodología: categoría de fuentes nivel 1
Top-down**

ecuación general:

$$E_{Energía} = \sum_{T.Comb} [(C.A_{subcategoría} \times F.C.E_{T.Comb} \times F.E_{T.Comb:subcategoría})] \quad \text{1}$$

descripción de variables

$E_{ENERGÍA}$ = Emisiones de $CO_2eq/año$ (t, Gg, kg, calculado con la integración de los diferentes GEI (CO_2 , CH_4 , N_2O , SF_6 , PFC , HFC , otros CFC y NF_3)).

$C.A_{Subcategoría}$ = Consumo Aparente de combustibles por subcategoría identificada como fuente significativa de emisiones en el departamento del Huila; ya sean fuentes móviles o estacionarias, producto de la quema de combustibles y/o emisiones fugitivas provenientes de la fabricación de combustibles (m^3 , kg, t, gal, barril, TJ, kW/h, GJ, MJ, Tcal) por año.

$F.C.E_{T.Comb}$ = Factor de Conversión a una unidad Energética definida en Tera Joules o TJ; a partir de un contenido calorífico, dependiendo del tipo de combustible (m^3 , kg, t, gal, barril/TJ, entre otros). En caso de que la unidad de consumo de combustible se presente como unidad energética, se utiliza un factor de conversión a TJ (ej.: $1 \text{ kW/h} = 3,6 \times 10^{-6} \text{ TJ}$).

$F.E_{T.Comb:subcategoría}$ = Factor de Emisión por tipo de combustible y para cada subcategoría con representación de significancia en el departamento del Huila.

etapas de cálculo

Paso 1. estimación del consumo de combustible por sector:

Para la estimación de las emisiones del sector se desarrollaron dos metodologías de aproximación de arriba hacia abajo (*Top-down*), con el fin de generar un control de la calidad y un margen comparativo de las incertidumbres en los resultados obtenidos. Ambas metodologías se basaron en la información secundaria obtenida de los valores de consumo de combustible reportados por los Balances Energéticos Nacionales (BEN) publicados a nivel nacional por la Unidad de Planeación Minero Energética-Sistema de Información Minero Energético Colombiano (UPME-SIMEC) y los datos de valor agregado aplicados al Huila, reportados por el DANE, Dirección de Síntesis y Cuentas Nacionales, Cuentas Nacionales y Departamentales, para 2010 y 2011.

- **Metodología 1 de estimación:**

En esta primera metodología se desarrolló una proyección a 2011 de los consumos finales de todos los tipos de combustible a nivel nacional, a partir de la aplicación de datos históricos de crecimiento de consumo de combustibles, en cada uno de los sectores (o subsectores) evaluados, durante un periodo de diecisiete años, desde 1993 hasta 2010. Los sectores evaluados fueron: residencial (urbano y rural), comercial y público, industrial, transporte, agropecuario y minero, construcciones, y valores no identificados en sectores (estos se clasifican por su falta de correspondencia con los sectores tradicionalmente identificados).

Particularmente se obtuvo una aproximación de la metodología *Bottom-up* a partir de valores puntuales de consumo de gasolina y diesel para el sector transporte del sistema de Información Departamental de la Gobernación del Huila y la Secretaría de Hacienda Departamental. Igualmente se obtuvieron a nivel local los valores de consumo de energía eléctrica¹ por sectores en el departamento, con los datos de las empresas de transmisión de energía eléctrica (Electrificadora del Huila y EMGESA S.A.), así como el total de gas quemado en tea para la producción de petróleo y gas natural.

¹ En los presentes cálculos de emisiones, se contabilizó la información de consumo de energía eléctrica de los diferentes sectores seleccionados del departamento. Esto, debido a que se tuvieron en cuenta las emisiones de GEI por consumo de la energía eléctrica como producto de la generación y transmisión compartida de la Red Interconectada Nacional y las generadoras locales, las cuales se integran para la entrega del servicio de energía en el departamento del Huila.

Esta información fue disgregada a nivel de sectores y se segmentó a partir de los datos de valor agregado aportados para el Huila, con información obtenida en el DANE. Con ello, se realizó el siguiente cálculo para la obtención de los consumos regionales de combustible.

$$C.A_{2011\text{proyectado}HUILA,i,n} = \frac{C.A_{2011\text{proyectado}NACIONAL,i,n} \times Valor\ agregado_{2011HUILA,n}}{Valor\ agregado_{2011NACIONAL,n}} \quad \text{2}$$

En donde:

$C.A_{2011\text{proyectado}HUILA,i,n}$ = Consumo Aparente proyectado durante 2011 a partir de valores agregados para el departamento del Huila, para cada tipo de combustible i y de subsector n (Kt , MPC , $KBarril$, $Tcal$, GW/h).

$C.A_{2011\text{proyectado}NACIONAL,i,n}$ = Consumo Aparente proyectado durante 2011 a nivel nacional, para cada tipo de combustible i y de subsector n (Kt , MPC , $KBarril$, $Tcal$, GW/h).

$Valor\ agregado_{2011\ NACIONAL,n}$ = Valor Agregado de 2011 a nivel nacional, para cada tipo de subsector n representativo (Adim. %).

$Valor\ agregado_{2011\ HUILA,n}$ = Valor agregado de 2011 para el departamento del Huila, para cada tipo de subsector n representativo (Adim. %).

$Tipo\ de\ combustible$ = i .

$Tipo\ de\ Sector\ o\ subsector$ = n .

Estos valores fueron convertidos a valores energéticos a partir de su valor calorífico (poder calorífico) obtenido para cada uno de los combustibles evaluados. Finalmente, estos se multiplicaron a un factor de emisión específico para cada combustible y para cada sector.

- **Metodología 2 de estimación:**

Para la segunda metodología se emplearon los valores de consumo de combustibles de 2010 para el departamento (segregando la información de ese mismo año de los datos de valor agregado para el Huila) y se proyectaron a 2011, a partir de las tasas de crecimiento respectivo para cada subsector del departamento del Huila. Los sectores (o subsectores) evaluados fueron: residencial (urbano y rural), comercial y público, industrial, transporte, agropecuario y minero, construcciones, y valores no identificados en sectores (estos se clasifican por su falta de correspondencia con los sectores tradicionalmente identificados). Por lo tanto se utilizó inicialmente una operación similar a la metodología 1.

$$C.A_{2011\text{proyectado}HUILA,i,n} = \frac{C.A_{2011\text{proyectado}NACIONAL,i,n} \times Valor\ agregado_{2011HUILA,n}}{Valor\ agregado_{2011NACIONAL,n}} \quad \text{3}$$

Seguidamente se proyectó a partir del crecimiento anual:

$$C.A_{2011\text{proyectado}HUILA,i,n} = C.A_{2011\text{huila},i,n} \times Tasa\ de\ crecimiento\ valor\ agregado_{2010-2011HUILA,n} \quad \text{4}$$

A continuación se presenta un esquema de las dos metodologías de estimación:

Paso 2. conversión a una unidad común de energía:

La información sobre consumo de combustibles para todos los sectores se convirtió a Tera Joules (TJ) a partir de datos de los poderes caloríficos de cada tipo de combustible, y se ingresó, en ambas metodologías, en la unidad de combustible consumida en el departamento del Huila para 2011.

Paso 3. uso del factor de emisión y la unidad CO_2 equivalente:

En las dos metodologías se seleccionaron los diferentes factores de emisión respectivos para el cálculo por tipo de combustible y por sector a evaluar. A continuación se presenta un resumen de la clasificación general de los factores

de emisión por defecto propuestos por el IPCC (2006).

Los gases de GEI más comúnmente presentes en la categoría principal (sector energía) son el CO_2 , CH_4 y N_2O . Cada gas de GEI posee una tasa de emisión a nivel individual, expresado para cada combustible y sector existente, y es emitido a la atmósfera a nivel molecular; además, tienen la capacidad de descomponerse en moléculas de carbono a nivel de estequiometría. Sin embargo, es posible obtener una expresión estándar para las emisiones de cada uno de estos gases de GEI con una unidad general de emisión como el dióxido de carbono equivalente (CO_2eq). Esto se logra al multiplicar el factor de emisión individual del gas por su respectivo potencial de cambio climático² (*Global Warming Potential*–GWP–por sus siglas en inglés).

Sector	Factores de emisión		
Fuentes estacionarias	co ₂	ch ₄	n ₂ o
Sector residencial	F.E. ₄	F.E. ₄	F.E. ₄
Sector industria	F.E. ₁	F.E. ₁	F.E. ₁
Sector minería	F.E. ₅	F.E. ₅	F.E. ₅
Sector agricultura	F.E. ₄	F.E. ₄	F.E. ₄
Sector comercio	F.E. ₃	F.E. ₃	F.E. ₃
Sector público	F.E. ₃	F.E. ₃	F.E. ₃
Sector construcciones	F.E. ₁	F.E. ₁	F.E. ₁
Móviles	co ₂	ch ₄	n ₂ o
Transporte terrestre	F.E. ₂	F.E. ₂	F.E. ₂
Transporte aéreo	F.E. ₂	F.E. ₂	F.E. ₂
gWP (iPcc, 2007) 100 yrs.	1	25	298

Clasificación de los factores de emisión utilizados en el sector energía.

Fuentes: IPCC 2006, Capítulo 4.2. Volumen 2, F.E.₁: Cuadro 2.3, F.E.₃: Cuadro 2.4, F.E.₄: Cuadro 2.5, F.E.₅: Cuadro 2.1; Capítulo 4.3. Volumen 2, F.E.₂: Cuadro 3.2.1 y Cuadro 3.2.2.

Paso 4. comparación de metodologías:

Los resultados de ambas metodologías presentaron un margen de diferencia de un 13%, valor aceptable, bajo una incertidumbre de un 20% para el total de cálculos de la categoría principal. Se seleccionó el mayor resultado de las metodologías.

² El Potencial de Cambio Climático (GWP) es un índice que sirve para convertir diferentes gases a dióxido de carbono equivalente (CO_2eq) a partir de la multiplicación de cada gas por un factor específico. Este factor específico es incluso un buen indicador que describe la capacidad de impacto en el cambio climático (daño o beneficio) en la atmósfera de cada GEI existente en un tiempo determinado (diez, cincuenta, cien o miles de años).

2. Categoría principal 2: Sector procesos industriales y uso de productos

Metodología: categoría de fuentes nivel 1.

Bottom-up

Ecuación general:

$$E_{\text{Procesos IND}} = P_i \times F \cdot E_i \quad \text{5}$$

descripción de variables

$E_{\text{PROCESOS IND}}$ = Emisiones de CO_2 eq/año (*t, Gg, kg*, calculado con la integración de los diferentes GEI (CO_2 , CH_4 , N_2O , SF_6 , PFC , HFC , otros CFC y NF_3).

P_i = Producción anual en el sector industrial *i*.

En el caso particular del presente estudio se tuvieron en cuenta dos sectores (*t/año*):

Industria de los minerales (producción de clínquer y cemento, cal, piedra caliza y piedra dolomita, carbonato de sodio y usos de carbonato de sodio), y

Manufactura y utilización de otros productos (por la utilización de SF_6 en la industria eléctrica o prestación de servicios de energía eléctrica).

EE_i = Factor de Emisión por tipo de sector industrial *i* de significancia en el departamento del Huila (*t, Gg, kg*, de CO_2 eq/*t de producción/año*).

etapas de cálculo

Paso 1. datos de producción:

Se recolectó información específica mensual de producción industrial durante 2004; esta información fue suministrada por el Sistema de Información Departamental de la Gobernación del Huila y la Secretaría de Desarrollo Agropecuario y Minero. Dada la falta de información para 2011, se practicó una proyección de los datos disponibles al periodo del estudio, a partir de las tasas de crecimiento del valor agregado del sector de extracción de minerales no metálicos (ni ferrosos), sección cantería. Esta es la industria más significativa del Huila, con el proceso de *producción de cal* para otros procesos industriales como el cemento y algunos agroinsumos. La ecuación usada fue:

$$P_{2011\text{proyectado HUILA},i} = P_{2004\text{HUILA},i} \times \text{Tasa de crecimiento valor agregado}_{2004-2011\text{Huilla},n} \quad \text{6}$$

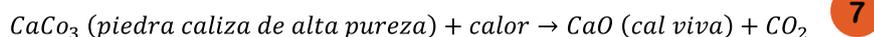
Las actividades seleccionadas de producción fueron las siguientes:

- Productos mineros de calcáreos
 - Producción de calizas
 - Producción de dolomita
- Extracción de rocas ornamentales y para la construcción
 - Mármol
 - Granito
 - Roca ornamental
 - Roca de río
 - Roca de peña
- Arcillas especiales
 - Arcilla miscela
 - Arcilla bauxita

Paso 2. Selección del factor de emisión:

La selección del factor de emisión proviene tanto de las listas por defecto de las Guías del IPCC (capítulo 5.2., del volumen 3), como de bibliografía especializada de los factores de emisión para procesos de las materias primas del *Bilan carbone Versión 6*.

En cuanto a las cuestiones metodológicas de los procesos de extracción de este tipo de minerales, el principio de contabilización de las emisiones se crea en el momento de la descomposición de los carbonatos para la fragmentación y posterior extracción de la roca. El óxido de calcio (CaO o cal viva) se forma al calentar la piedra caliza para descomponer los carbonatos. Se hace generalmente en hornos de biocombustibles como aquellos donde se procesa la caña, en donde se libera CO_2 a partir de la siguiente relación:



Paso 3. estimación de emisiones:

Es entonces necesario reconocer los porcentajes de carbonatos en cada uno de los productos extraídos en este sector industrial; por ejemplo, se conoce por defecto que las arcillas poseen en promedio el 10% de contenido de carbonatos. En los casos en los que no se disponía de un factor de emisión directo en relación con la producción de estos minerales, se desarrolló la siguiente ecuación:

$$E_{\text{procesosIND}} = P_{\text{extrac}} \times \text{Cont Carbonato} \times \text{Porción}_{\text{calcita,dolomita}} \quad 8$$

En donde:

$E_{\text{PROCESOS IND}}$ = Emisiones de $CO_2eq/año$ (t , Gg , kg , calculado con la integración de los diferentes GEI (CO_2 , CH_4 , N_2O , SF_6 , PFC , HFC , otros CFC y NF_3).

P_{extrac} = Producción anual en el sector industrial extraído ($t/año$).

Cont Carbonato = Porcentaje de contenido de carbonato del mineral (Adim. %).

$E_{\text{PROCESOS IND}}$ = Emisiones de CO_2eq (t , Gg , kg , calculado con la integración de los diferentes GEI (CO_2 , CH_4 , N_2O , SF_6 , PFC , HFC , otros CFC y NF_3).

$\text{Porción}_{\text{calcita,dolomita}}$ = Proporción de emisiones de CO_2 por producto extraído, en su fracción/contenido de carbonatos ($t CO_2/t$ producto con contenido carbonato).

3. Categoría principal 3 : Sector agricultura

Metodología: categoría de fuentes nivel 1.
Bottom-up

categoría 3.1: emisiones de metano por fermentación entérica y manejo del estiércol del ganado doméstico
ecuaciones generales:

Fermentación entérica

- Emisiones por fermentación entérica de una categoría de ganado

$$E_{\text{emisiones}} = EF_{(r)} \times \left(\frac{N_{(r)}}{10^6} \right) \quad \mathbf{9}$$

Donde:

emisiones = Emisiones de metano por fermentación entérica, $Gg \text{ CH}_4 \text{ año}^{-1}$.

$EF_{(r)}$ = Factor de emisión para la población de ganado definida, $kg \text{ CH}_4 \text{ cabeza}^{-1} \text{ año}^{-1}$.

$N_{(r)}$ = Cantidad de cabezas de ganado de la especie/categoría T del país.

T = Especie/categoría de ganado.

- Emisiones totales por fermentación entérica de ganado

$$TOTAL \text{ CH}_{4eNTERICA} = \sum_i E_i \quad \mathbf{10}$$

Donde:

$TOTAL \text{ CH}_{4eNTERICA}$ = Emisiones totales de metano por fermentación entérica, $Gg \text{ CH}_4 \text{ año}^{-1}$.

E_i = Emisiones de la, categorías y subcategorías de ganado.

Manejo del estiércol

Emisiones de CH_4 por gestión del estiércol

$$\text{CH}_{4\text{Entérica}} = \sum_{(r)} \frac{(EF_{(r)} \times N_{(r)})}{10^6} \quad \mathbf{11}$$

Donde:

$\text{CH}_{4\text{Entérica}}$ = Emisiones de por la gestión del estiércol, para población definida, $Gg \text{ CH}_4 \text{ año}^{-1}$.

$EF_{(r)}$ = Factor de emisión para la población de ganado definida, $kg \text{ CH}_4 \text{ cabeza}^{-1} \text{ año}^{-1}$.

$N_{(r)}$ = Cantidad de cabezas de la especie/categoría de ganado T del país.

T = Especie/categoría de ganado.

etapas de cálculo

Emisiones de metano por fermentación entérica

Paso 1. Clasificación por tipo de ganado por especie/categoría del departamento:

A partir de la información suministrada la Gobernación del Huila en el *Anuario Estadístico del Huila* para 2011 se pudo distribuir el ganado por especie o por categoría así:

- Ganado bovino, lechero, ceba y doble propósito, búfalos;
- Ganado porcino;
- Otras categorías (caballar, asnar, mular, cunícola, cuyícola, ovina y caprina), y
- Aves de corral.

Paso 2. Selección y utilización de los factores de emisión por fermentación entérica:

A partir del Cuadro 10.A.2 de las Guías Metodológicas del IPCC se escogieron valores por defecto. Estos datos fueron seleccionados a nivel de las condiciones tecnológicas y de desarrollo agropecuario de las naciones de latinoamericanas.

Paso 3. cálculo de emisiones y conversión:

Para esta categoría las emisiones de GEI se dan por la fermentación de los alimentos dentro del sistema digestivo del animal; el gas de mayor emisión será entonces el metano (CH_4). Al igual que los demás GEI, el metano posee un valor GWP que equivale, en términos sencillos, a su capacidad de impacto en la atmósfera frente al dióxido de carbono. El IPCC en su cuarta evaluación (IPCC *FourthAssesment*, 2007) declaró un factor de 25 para la capacidad de calentamiento global del metano. Este valor será el factor sustituyente para contabilizar las emisiones por fermentación entérica del metano, usando la ecuación 10.20 de las Guía Metodológica del IPCC, expresadas en CO_2eq .

Emisiones de metano por gestión del estiércol

Paso 1. Clasificación por tipo de ganado por especie/categoría del departamento:

Del mismo modo que para los cálculos de determinación de fermentación entérica, a partir de la información suministrada por parte de la Gobernación del Huila en el *Anuario Estadístico del Huila* para 2011 se pudo distinguir una clasificación por especie o por categoría de ganado, teniendo en cuenta los pesos promedio y su generación de estiércol sólido y líquido.

Paso 2. Selección y utilización de los factores de emisión para el cálculo de emisiones por fermentación entérica:

La selección del factor de emisión, al igual que para la fermentación entérica, se hizo por defecto para América Latina a partir del Cuadro 10.14 de las Guías Metodológicas del IPCC. Se tuvo en cuenta la cantidad de estiércol producido y la porción que se descompone anaeróbicamente; se incluyeron además las temperaturas promedio de 37 municipios del departamento y se procedió a cuantificar las emisiones de esta categoría.

categoría 3.2: emisiones directas e indirectas de N_2O en el manejo del estiércol del ganado doméstico

ecuaciones generales:

Para el cálculo global de emisiones directas de N_2O por gestión del estiércol se incluyen los factores por defecto de las Guías Metodológicas para Inventarios Nacionales del IPCC (2006).

- Emisiones directas de N_2O por la gestión del estiércol

$$N_2O_{D(mm)} = \left[\sum_S \left[\sum_T N_{(T)} \times Nex_{(T)} \times MS_{(T,S)} \right] EF_{3(s)} \right] \times \frac{44}{28} \quad 12$$

Donde:

$N_2O_{D(mm)}$ = Emisiones de N_2O por gestión del estiércol, $Gg CH_4 año^{-1}$

- $NEX_{(T)}$ = Promedio anual de excreción de N por cabeza de especie/categoría T en el país⁻¹
- $MS_{(T,S)}$ = Fracción de la excreción total anual de nitrógeno de cada especie/categoría de ganado T que se gestiona en el sistema de estiércol en el país, sin dimensión.
- $EF_{s(S)}$ = Factor de emisión para N_2O por emisiones directas producto de la gestión del estiércol en el país. En kg de $N_2O - N/kg$ N en el sistema de gestión del estiércol.
- S = Sistema de gestión de estiércol.
- T = Especie/categoría de ganado.
- 44/28 = Conversión de emisiones de $(N_2O - N)_{(mm)}$ a emisiones de $N_2O_{(mm)}$.

Tasas de excreción anual por categoría de ganado

$$Nex_{(T)} = N_{indice(T)} \times \frac{TAM}{1000} \times 365 \quad \mathbf{13}$$

Donde:

$Nex_{(T)}$ = Excreción anual de N para la categoría de ganado T , kg $animal^{-1}$ $anó^{-1}$.

$N_{INDICE(T)}$ = Tasa de excreción de N por defecto, kg N $(1000$ kg $masa$ $animal)^{-1}$ $día^{-1}$.

$TAM_{(T)}$ = Masa animal típica para la categoría de ganado T , kg $animal^{-1}$.

Procedimiento de cálculo

De igual manera que en los cálculos anteriores, para la estimación de metano es necesario, inicialmente, seleccionar los tipos de ganado, con el propósito de conocer el sistema de manejo del estiércol que no es depositado en las praderas (a nivel de pastoreo en tierras agrícolas y pasturas).

En este caso, los tipos de ganado seleccionados para la gestión del estiércol son el porcícola y la crianza de aves (de engorde y ponedoras). De acuerdo con la información suministrada por representantes del gremio pecuario de la región del Huila, para el manejo de estiércol en la porcicultura los sistemas de engorde más conocidos en la región son en corral y en manejo de fangos. En la avicultura la gestión de la gallinaza normalmente se hace a nivel de corrales con o sin hojarasca. Se estimó, de acuerdo con la bibliografía encontrada (CAM), que el 100% del estiércol de estas especies se aprovecha en la gestión del estiércol.

Las tasas de excreción se tomaron de datos por defecto encontrados en la bibliografía del IPCC para cada especie de la región de Latinoamérica ($N_{indice(T)}$).

La masa promedio seleccionada (TAM) para cada especie se identificó a partir de las estadísticas dadas por la encuesta a plantas de beneficio de pollo de la Corporación Colombia Internacional (CCI), para 2011 en Colombia (MADR 2011A- Sistema de información agropecuaria).

La fracción de excreción total anual de nitrógeno para cada especie ($MS_{(TS)}$) se calculó con base en los cuadros 10A-4 a 10A-8, del Anexo 10A.2., de las Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de GEI.

Los factores de emisión seleccionados para esta estimación de N_2O , se ubican en el mismo capítulo de las Directrices del IPCC referentes a la gestión del estiércol (capítulo 10, cuadro 10.21), y las variables encontradas son el tipo de ganado y el tipo de gestión del cual se producen estas emisiones.

En el caso de la gestión del estiércol de porcinos las emisiones indirectas de N_2O representan el 48% de pérdidas por volatilización, mientras que en el caso de la cría de aves corresponden al 55%. Estos valores fueron utilizados a partir de la bibliografía recomendada por las Directrices del IPCC (2006).

Para el caso de las emisiones de N_2O por volatilización (emisiones indirectas) es necesario tener presente que una buena porción del total de nitrógeno excretado por los animales en los sistemas de gestión de suelos (es, decir, todo el ganado a excepción de aquel en condiciones de pasturas y pastoreo) tiene una pérdida de N antes de la aplicación final en el suelo. La ecuación que se siguió para este cálculo se basó en las Guías Metodológicas del IPCC.

- Pérdida de N por volatilización de la gestión del estiércol

$$N_2O_{D(mm)} = \left[\sum_S \left[\sum_T N(T) \times Nex(T) \times MS_{(T,S)} \right] EF_{3(s)} \right] \times \frac{44}{28} \quad \text{14}$$

Donde:

“N”_{volatilización-MMS} = Cantidad de nitrógeno del estiércol que se pierde debido a la volatilización

$N(T)$ = Cantidad de cabeza de ganado de la especie/categoría T del país.

$NEX_{(T)}$ = Promedio anual de excreción de N por cabeza de especie/categoría T en el país¹, kg N animal¹ año⁻¹.

$MS_{(T,S)}$ = Fracción de la excreción total anual de nitrógeno de cada especie/categoría de ganado T que se gestiona en el sistema de estiércol en el país, sin dimensión.

$Frac_{GasMS}$ = Porcentaje de nitrógeno de estiércol gestionado para la categoría de ganado T que volatiliza como NH_3 y NO_x en el sistema de gestión del estiércol, %.

Para la estimación de las emisiones, se desarrolló con la siguiente ecuación:

Emisiones indirectas de N_2O por volatilización de (n) en la gestión de estiércol

$$N_2O_{G(mm)} = \left[\sum_S \left[\sum_T N(T) \times Nex(T) \times MS_{(T,S)} \right] EF_{4(s)} \right] \times \frac{44}{28} \quad \text{15}$$

Donde:

N_2O_{GMM} = Emisiones indirectas de N_2O debidas a la volatilización de N de la gestión del estiércol del país, kg N_2O año⁻¹.

$EF_{4(s)}$ = Factor de emisión para emisiones directas de N_2O resultantes de la deposición atmosférica de nitrógeno en la superficie del suelo o del agua.

categoría 3.3: emisiones directas e indirectas de N_2O en los suelos gestionados

ecuaciones generales:

Para el cálculo global de emisiones directas de N_2O de la gestión del suelo se incluyen los factores por defecto de las Guías Metodológicas para Inventarios Nacionales del IPCC (2006).

- Emisiones directas de N_2O de suelos gestionados nivel 1

$$N_2O_{directas} - N = N_2O - N_{N\text{ aportes}} + N_2O - N_{OS} + N_2O - N_{PRP}$$

$$N_2O - N_{N\text{ aportes}} = \left[(F_{SN} + F_{ON} + F_{CR} + F_{SOM}) \times EF_1 \right] + \left[(F_{SN} + F_{ON} + F_{CR} + F_{SOM}) \times EF_{1FR} \right]$$

$$N_2O - N_{OS} = [(F_{OS.CG.Temp} \times EF_{2CG.Temp}) + (F_{OS.CG.Trop} \times EF_{2CG.Trop}) + (F_{OS.F.Temp.NR} \times EF_{2F.Temp.NR}) + (F_{OS.F.Temp.NP} \times EF_{2F.Temp.NP}) + (F_{OS.F.tROP} \times EF_{2f.tROP})]$$

$$N_2O - N_{PRP} = [(F_{PRP.CPP} \times EF_{3PRP.CPP}) + F_{PRP.SO} \times EF_{3PRP.SO}]$$

Donde:

$N_2O_{directas-N}$ = Emisiones directas anuales de N_2O-N producidas a partir de suelos gestionados, kg N_2O-N año⁻¹.

$N_2O-N_{aportes N}$ = Emisiones directas anuales de N_2O-N producidas por aportes de N a suelos gestionados de kg N_2O-N año⁻¹.

N_2O-N_{OS} = Emisiones directas anuales de N_2O-N de suelos orgánicos gestionados, kg N_2O-N año⁻¹.

N_2O-N_{PRP} = Emisiones directas anuales de por aportes de orina y estiércola tierras depastoreo, kg N_2O-N año⁻¹.

F_{SN} = Cantidad anual de N aplicado a los suelos en forma de fertilizante sintético, kg N_2O-N año⁻¹.

F_{ON} = Cantidad anual de estiércol animal, compost, lodos cloacales y otros aportes de N aplicado a los suelos (nota: si se incluye los barro cloacales, realizar una verificación cruzada con el sector de desechos para asegurarse de que no hay cómputo doble de N_2O del N emisiones de contenido en los barro cloacales), kg N_2O-N año⁻¹.

F_{CR} = Cantidad anual de N en los residuos agrícolas (aéreos y subterráneos), incluyendo los cultivos fijadores de N y la renovación de forraje/pastura que se regresan a los suelos, kg N_2O-N año⁻¹.

F_{SOM} = Cantidad anual de N en suelos minerales que se mineraliza, relacionada con la pérdida de C de la materia orgánica del suelo como resultado de cambios en el uso o la gestión de la tierra, kg N_2O-N año⁻¹.

F_{OS} = Superficie anual de N en suelos orgánicos gestionados/drenados, ha (nota: los subíndices CG, F, Temp, Trop, NR y NP se refieren a tierras de cultivo y pastizales, tierras forestales, templado, tropical, rico en nutrientes y pobre en nutrientes respectivamente).

F_{PRP} = Cantidad anual de N de orina y estiércol depositada por los animales en pastoreo sobre pasturas, prados y praderas, kg N_2O-N año⁻¹ (nota: los subíndices CPP y SO se refieren a vacunos, aves de corral y porcinos, y a ovinos y otros animales, respectivamente).

EF_i = Factor de emisión para emisiones de N_2O de aportes de N , kg N_2O-N (kg aporte de N)⁻¹.

Cuando se conoce la cantidad total anual de N aplicada al arroz bajo fanguero, el aporte de N puede multiplicarse por el factor de emisión por defecto más bajo aplicable a este cultivo, EF_{IFR} (Cuadro 11.1, en Akiyama et, al., 2005) o donde se haya determinado un factor de emisión específico en el país, por este factor en lugar de aquél. Aunque existe cierta evidencia de que las inundaciones intermitentes (según lo descrito en el capítulo 5.5) pueden incrementar las emisiones de N_2O , los datos científicos actuales señalan que el factor EF_{IFR} se aplica también en situaciones de inundaciones intermitentes.

EF_{IFR} = Factor de emisión para emisiones de N_2O , de aportes de N en plantaciones de arroz inundadas, N_2O-N (kg aporte de N)⁻¹.

EF_2 = Factor de emisión para emisiones de N_2O de suelos orgánicos drenados/gestionados de kg N_2O-N ha año⁻¹ (nota: los subíndices CG, F, Temp, Trop, NR y NP se refieren a tierras de cultivos y pastizales, tierras forestales, templado, tropical, rico en nutrientes y pobre en nutrientes, respectivamente).

EF_{SPRP} = Factor de emisión para emisiones de N_2O del N de la orina y el estiércol depositados en pasturas, prados y praderas por animales en pastoreo, $kg\ N_2O-N\ (kg\ aporte\ de\ N)^{-1}$ (nota: los subíndices CPP y SO se refieren a vacunos, aves de corral y porcinos, y a ovinos y otros animales, respectivamente).

Para el cálculo global de emisiones indirectas de N_2O de la gestión del suelo, en donde se incluyen los factores por defecto (Nivel 1) de las Guías Metodológicas para Inventarios Nacionales del IPCC (2006).

- N_2O producido por deposición atmosférica de N volatilizado de suelos gestionados nivel 1

$$N_2O_{ATD} - N = [(F_{SN} \times Frac_{GAS}) + ((F_{ON} + F_{PRP})) \times Frac_{GASM}] \times EF_4 \quad 17$$

Donde:

$N_2O_{(ATD)-N}$ = Cantidad anual de N_2O-N producida por disposición atmosférica de N volatilizado de suelos gestionados de, $kg\ N_2O-N$ año⁻¹.

F_{SN} = Cantidad anual de N fertilizante sintético aplicado a los suelos, $kg\ N_2O-N$ año⁻¹.

$Frac_{GASF}$ = Fracción de N de fertilizantes sintéticos que se volatiliza como NH_3 y NO_x , $kg\ N$ volatilizado ($kg\ de\ N\ aplicado$)⁻¹.

FON = Cantidad anual de estiércol animal gestionado, compost, lodos cloacales y otros agregados de N orgánico aplicadaa los suelos, $kg\ N_2O-N$ año⁻¹.

$Frac_{GASM}$ = Fracción de materiales fertilizantes de N orgánico (F_{ON}) y de N orina y estiércol depositada por animales de pastoreo (F_{PRP}) que se volatiliza como NH_3 y NO_x , $kg\ N$ volatilizado ($kg\ de\ N\ aplicado\ o\ depositado$)⁻¹.

EF_4 = Factor de emisión correspondiente a las emisiones N_2O de la disposición atmosférica de N en los suelos y en la superficies del agua [$kg\ N - N_2O\ (kg\ NH_3 - N + NO_x - N\ volatilizado)$]⁻¹.

La conversión de emisiones de en emisiones de a los efectos de la declaración se realiza empleando la siguiente ecuación:

$$N_2O_{ATD} - N_2O_{ATD} - N \times \frac{44}{28} \quad 18$$

Procedimiento de cálculo

Para la subcategoría de gestión de suelos las fuentes de N aplicado o depositado en los suelos se hacen con el fin de mejorar la nutrición de los cultivos. Sin embargo, un incremento de nitrógeno (N) disponible aumenta las tasas de nitrificación y desnitrificación, que a su vez incrementan la producción del N_2O que se emite a la atmósfera.

La aplicación de fertilizantes para el mejoramiento de los suelos en los tipos de cultivos provienen tanto del estiércol de bovinos y otros domésticos utilizados en el pastoreo, como de la aplicación de fertilizantes simples y compuestos para cada paquete tecnológico en las prácticas agrícolas tradicionales del departamento.

De esta manera, a partir de los datos solicitados a la CAM sobre los diferentes cultivos transitorios, anuales y permanentes, se extrajo el paquete tecnológico de productos para fertilización y, posteriormente, se desagregaron los componentes nitrogenados de estos productos para conocer los contenidos de N de cada uno de ellos.

Puntualmente se evaluaron los cultivos con mayores coberturas de producción del departamento del Huila y se analizaron en detalle sus componentes de fertilización. Así, el arroz y el café¹ fueron los cultivos principales del estudio y se aplicaron al detalle sus componentes de fertilización. Aunque también se tomaron en cuenta todas las coberturas de cultivo, debido a la falta de datos se generó una aproximación de los contenidos de nitrógeno de los fertilizantes

1 Las características de fertilización del café se adoptaron a partir de la información facilitada por la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia; Comité Departamental de Cafeteros del Huila.

a partir de estadísticas por cultivo y cantidades de fertilizantes generales aplicados durante las prácticas de establecimiento.

Acorde con las ecuaciones previamente ejecutadas en la sección 3.2. "Emisiones directas e indirectas de N_2O en el manejo del estiércol del ganado doméstico", se calculó la participación de la fertilización en la gestión de los suelos, exclusivamente para ganado de pastoreo (ganado bovino lechero, de ceba y doble propósito, búfalos, caballar, asnar, mular, ovino y caprino).

En resumen, la estimación de las emisiones directas e indirectas de N_2O en la gestión de los suelos incluyeron las siguientes fuentes de N:

- Fertilizantes de N sintético (F_{SN}): fertilizantes simples o compuestos;
- N de la orina y estiércol depositado en las pasturas, praderas y prados por animales de pastoreo (F_{SN});
- Uso de urea para cultivos, y
- Quemadas de cultivos.

Las estimaciones de las emisiones de CO_2 equivalente por la quema en cultivos fue proyectada a partir de la información secundaria extraída de los índices históricos de emisiones, por prácticas de quemas en áreas agrícolas para los años 2008 a 2010 y su proyección a 2011, a partir de la producción por hectárea de arroz en el departamento del Huila.

Debido a la falta de información no se tuvo en cuenta la mineralización de N relacionada con la pérdida de materia orgánica del suelo como resultado de cambios de uso del suelo o la gestión de suelos, ni tampoco los procesos de la gestión de suelos orgánicos de clasificación histosoles. Este último debido a que no se reportó significancia de este tipo de suelo en el departamento.

No se tuvieron en cuenta las emisiones indirectas de lixiviación de N en suelos drenados.

Las emisiones de GEI para esta categoría principal, relacionadas con emisiones de N_2O , fueron computadas a un factor de conversión de 298 con el fin de expresarlas en términos de CO_2eq . Este factor representa un valor de GWP bajo una permanencia de vida de 100 años de este GEI en la atmósfera. Este valor fue seleccionado en la bibliografía del IPCC, cuarta evaluación (IPCC *FourthAssesment*, 2007) para la capacidad de calentamiento global del óxido nitroso (también conocido como óxido de nitrógeno).

4. Categoría especial principal 4: Cambio de uso de la tierra-suelos forestales a otras coberturas - AFOLU

Metodología: categoría de fuentes nivel 2. bottom-up

Ecuación general:

- Cambio anual en la existencia de carbono en biomasa de tierra convertida a otra categoría.

$$\Delta C_B = \Delta C_G + \Delta C_{CONVERSIÓN} - \Delta C_L \quad 19$$

ΔC_B = Cambio anual en la S existencias del carbono de la biomasa en la tierra convertidas a otra categoría de uso de la tierra, en $t C año^{-1}$.

ΔC_G = Incremento anual de las existencias de carbono de la biomasa debido a crecimiento en tierras convertidas a otra categoría de uso de la tierra, en $t C año^{-1}$.

$\Delta C_{conversión}$ = Cambio inicial en las existencias de carbono de la biomasa en tierras convertidas a otra categoría de uso de la tierra, en $t C año^{-1}$.

$\Delta C_{conversión}$ = Reducción anual en la existencia de carbono de la biomasa debida a pérdidas producidas por cosechas, recogida de madera combustible y perturbaciones en tierras convertidas a otra categoría de uso de la tierra, en $t C año^{-1}$.

etapas de cálculo

El bosque tropical húmedo montano bajo es el de mayor cubrimiento en el departamento. Algunos de estos bosques están incluidos dentro de los de mayor diversidad en Colombia, como sucede con el Macizo Colombiano, el cual representa una región que integra valiosos ecosistemas de flora, fauna, recursos hídricos y paisajísticos que albergan gran parte de la riqueza biológica del país. Paradójicamente, las áreas con mayor riqueza en ecosistemas y diversidad biológica son las que enfrentan la presión antrópica más fuerte. Esto ha generado la fragmentación del bosque y la consecuente alteración y pérdida de ecosistemas y de especies de flora y fauna silvestres, manteniendo de esta manera la tendencia de deforestación de los bosques andinos de las cordilleras y del Macizo Colombiano.

A partir de los estudios adelantados por IDEAM (2005) y la ONF Andina se empezó a construir la base de datos en el departamento, teniendo en cuenta la información cartográfica y la verificación *in-situ* de los factores, regímenes y áreas que han sido deforestadas en la región. Para ello se generó, durante un periodo de cinco años, el monitoreo de las coberturas de bosque y no bosque, representadas a nivel de imágenes satelitales exclusivas para la región. A partir de este insumo esencial se hizo la estimación del cambio de las coberturas boscosas y la respectiva estratificación del bosque, de las pasturas y de los diferentes cultivos del departamento.

El cambio anual de las existencias de carbono en la biomasa aérea (IDEAM. 2011)¹, principalmente de las coberturas forestales, representa los contenidos más altos de carbono de las diferentes zonas naturales del territorio. Es por ello que sólo se estimó la variación del bosque en contraposición a cualquier otro tipo de cobertura, y a partir de allí se realizó la aproximación de la cuantificación de la biomasa.

Debido a la falta de información no se pudo estimar la variación anual de las existencias de carbono por incremento de la biomasa en las coberturas de bosque, ni tampoco la pérdida de carbono por degradación natural, hojarasca y aprovechamiento de madera del bosque. Para este caso se estimaron como nulas dentro de la ecuación.

Con posterioridad a la cuantificación de las áreas de bosque inventariadas para los años 2005 y 2010, se procedió a estratificar las áreas de bosque según la clasificación de las zonas de vida de Holdrige, por municipio en el departamento del Huila; finalmente se procedió a clasificar las áreas deforestadas. La conclusión muestra que existe una tasa de deforestación anual de bosque de aproximadamente de 5.000 ha (sin clasificar por estrato); es decir, cada año desaparecen 5.000 ha hectáreas de cobertura de bosque para convertirse en otro tipo de cobertura como pastos o tierras agrícolas.

1 IDEAM-MAVDT. Estimación de las reservas potenciales de carbono almacenadas en la biomasa aérea en bosques naturales de Colombia. 2011.

A renglón seguido se calculó el contenido de biomasa de aquellas coberturas cuyas áreas para 2005 existían como bosque y para 2010 habían cambiado a NO bosque. A partir de allí se calcularon los contenidos de biomasa según el tipo de bosque y el contenido de carbono por tipo de cobertura, según la estratificación previa, de acuerdo con la bibliografía consultada del IDEAM.

La siguiente ecuación expresa las emisiones AFOLU:

Ecuación 4.2

$$\Delta C_{\text{conversión bosque-no bosque}} = \sum_i^n \left[\frac{(A \cdot D_{2005-2010,i,m} \times B \cdot C_i) \times C \cdot C_i}{\Delta T} \right] \times \frac{44}{12} \quad \text{20}$$

Donde:

$A.C.$ CONVERSIÓN bosque-no bosque = Cambio inicial en las existencias de carbono de la biomasa en tierras convertidas de bosque a no bosque, en tCO₂eqaño⁻¹.

$A.D.$ 2005-2010,i,m = Incremento de la deforestación presentada durante una permanencia de tiempo, en este caso de 2005 a 2010, en ha.

$B.A.$ _{*i*} = Promedio de biomasa aérea, en t Biomasa/ha.

$C.C.$ _{*i*} = Existencias de carbono de la biomasa, en t C. Valor por defecto: 0,5.

Δt = Variación de tiempo de cambio de uso del suelo, en años.

i = tipo de cobertura estratificada.

m = municipio.

Se calculó el factor de conversión por estequiometría de 44/12 para convertir los contenidos de carbono en CO₂eq.

5. Categoría principal 5: Sector residuos

Metodología: categoría de fuentes nivel 1. bottom-up

Ecuación general:

- Emisiones por disposición de residuos sólidos

$$E_{RESIDUOS} = \left\{ \sum_M [(D_M * F * E_M)] \right\} - A_{prov} \quad 21$$

- Emisiones por manejo de aguas residuales.

$$E_{A.R.} = \left[\left(\sum_M [COT_M(DBO_M) * F * E_{CH_4}] \right) * 25 \right] + \left[[N_{EF} * F * E_{N_2O}] * 298 \right] \quad 22$$

descripción de variables

$E_{RESIDUOS}$ = Emisiones de CO_2 equivalentes por año (t , Gg , kg , de CO_2eq) calculadas con la integración de los diferentes GEI (CO_2 , CH_4 , N_2O , SF_6 , PFC , HFC , otros CFC y NF_3) producto de la disposición de residuos del territorio.

D_M = Producción anual de desechos enviados a un tipo específico de disposición, M, en t de residuos*año⁻¹.

$F \cdot E_M$ = Factor de Emisión por tipo de manejo de residuos en el territorio (t , Gg , kg , de CO_2eq/t de producción), ya sea por manejo en rellenos sanitarios o destinados a incineración.

$E_{A.R.}$ = Emisiones de CO_2 equivalentes por año (t , Gg , kg , de CO_2eq) calculadas con la integración de los diferentes GEI (CO_2 , CH_4 , N_2O , SF_6 , PFC , HFC , otros CFC y NF_3) producto de aguas residuales en el territorio.

$COT_M(DBO_M)$ = Total de contenido orgánico en las aguas tratadas de manera anaeróbica, los vertimientos tipo M, ya sea de materia orgánica industrial posterior al tratamiento, agua de origen agrícola que se vierte a reservorios y/o aguas estancadas, y vertimientos agroindustriales en kg DBO por año.

N_{EF} = Nitrógeno total en los efluentes del territorio en kg N por año.

$F \cdot E_{CH_4}$ = Factor de Emisión de metano por el manejo de BDO en las aguas residuales. $kgCH_4/kg$ DBO.

$F \cdot E_{N_2O}$ = Factor de Emisión para el manejo de N en las aguas residuales. kgN_2O/kg N.

$A_{prov.}$ = Cantidad de emisiones utilizadas para el aprovechamiento en la generación de energía. Para el caso Huila este valor es 0.

etapas de cálculo

Paso 1. Clasificación de los residuos por tipo de disposición:

La información suministrada por la CAM y la Gobernación del Huila mostró las cantidades en $kg/año$ de los residuos destinados a rellenos sanitarios en el departamento del Huila para el 2011, distribuidos por 37 municipios.

Los datos faltantes fueron estimados a partir de proyecciones de datos históricos de años anteriores en la entrega del servicio.

La información mostró no sólo las cantidades de residuos dispuestos, sino también los diferentes módulos de manejo y disposición de los residuos del departamento. Para 2011 se reportó manejo de residuos en rellenos sanitarios y

materiales destinados a incineración.

Como se explicó en capítulos anteriores, la metodología seleccionada sirvió para estimar las emisiones de GEI relacionadas con el tratamiento final de vida de los residuos banales o peligrosos. No se tuvieron en cuenta los desplazamientos requeridos a las centrales de disposición de residuos con el fin de garantizar que no hubiera doble contabilidad frente a otras categorías (energía y transportes).

De igual manera, para la selección de los residuos se tuvieron en cuenta los conceptos de residuos banales y residuos peligrosos. Esta diferenciación se realizó con el fin de entender más a fondo las necesidades de disposición de los residuos en un territorio.

Los residuos banales pueden originar emisiones de GEI de dos formas distintas:

- Mediante la fermentación de los residuos orgánicos, y
- Mediante la combustión de plásticos, algo que produce emisiones de CO₂ fósil (el plástico es petróleo o gas transformado).

Los residuos banales pueden ser:

- Envases de las compras de la entidad (forros plásticos, cajas viejas, vidrio, cartones, etc.);
- Residuos de fabricación (virutas que no se recuperan in situ, papeles viejos, etc.);
- Restos alimenticios (comedor del personal, etc.);
- Algunos consumibles tras su uso (papeles viejos, vasos de plástico, etc.), y
- Ocasionalmente, residuos vegetales (hierba cortada, etc.).

Los residuos peligrosos no generan emisiones a causa de su toxicidad, sino de la cantidad de energía fósil utilizada para su transporte, confinamiento, almacenamiento o tratamiento.

Actualmente el método sólo ofrece un factor de emisión medio para los residuos que simplemente se estabilizan y luego se almacenan en superficie; sin embargo, lo más normal es que para calcular los factores de emisión adaptados a sus propios residuos peligrosos se debe preguntar a quien los gestiona.

Por su parte las aguas residuales pueden emitir metano, que es uno de los GEI que figuran en el Protocolo de Kioto, cuando se vierten en el entorno natural sin depurar, y contienen carga orgánica. Si estas aguas permanecen mucho tiempo (varios meses o más) en condiciones anaerobias su carga orgánica se descompone y produce metano. Las emisiones serán tanto más altas cuanto mayor sea la carga de materias orgánicas en las aguas vertidas en el entorno natural.

Por tanto, deben darse tres condiciones:

- Una carga orgánica significativa en las aguas residuales;
- La inexistencia de depuración antes del vertido al entorno natural, y
- Unas condiciones anaerobias tras el vertido.

Paso 2. Selección y utilización de los factores de emisión para emisiones por fermentación entérica:

De acuerdo con la metodología, para la estimación de las emisiones producto del manejo y disposición de residuos se escogieron valores de las Bases de Datos de Factores de Emisión de Bilan Carbone® adaptados al contexto en Colombia. De igual manera se usaron estas bases de datos para calcular las emisiones producto de las cargas de DBO de las aguas residuales. En cuanto a las estimaciones de N₂O en el manejo de las aguas residuales, se utilizaron valores por defecto publicados en las Guías Metodológicas para Inventarios Nacionales del IPCC (2006).

Paso 3. cálculo de emisiones y conversión:

Las sumatorias de las emisiones por el manejo de residuos sólidos, se computan directamente en unidades de CO_2eq , mientras que las emisiones producto de las aguas residuales deben ser convertidas a esta unidad. Al igual que los demás GEI, el metano posee un valor de GWP. El IPCC, en su cuarta evaluación (IPCC Fourth Assesment, 2007), declaró un factor de 25 para la capacidad de calentamiento global del metano expresada en CO_2eq . Para el N_2O se encontró un factor de 298, para una duración de vida de 100 años.

Preparándose para el cambio climático



GOBERNACIÓN DEL HUILA



EMPRESA PÚBLICA DE ECONOMÍA MIXTA
¡Cuida tu naturaleza!



USAID FROM THE AMERICAN PEOPLE
FCMC Forest Carbon Markets and Communities



Secretaría Colombiana de ONF Internacional
www.onfinternational.org



Ecología, Economía y Ética