



# Inventario de Gases de Efecto Invernadero

Año Base 2010

Municipio de Palmira  
Valle del Cauca



Copia No Controlada CVC

**CIAT**

El Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) —miembro del Consorcio CGIAR— desarrolla tecnologías, métodos innovadores y nuevos conocimientos que contribuyen a que los agricultores, en especial los de escasos recursos, logren una agricultura eco-eficiente —es decir, competitiva y rentable así como sostenible y resiliente. Con su sede principal cerca de Cali, Colombia, el CIAT realiza investigación orientada al desarrollo en las regiones tropicales de América Latina, África y Asia.

[www.ciat.cgiar.org](http://www.ciat.cgiar.org)

CGIAR es una alianza mundial de investigación para un futuro sin hambre. Su labor científica la llevan a cabo los 15 centros de investigación que integran el Consorcio CGIAR, en colaboración con cientos de organizaciones socias.

[www.cgiar.org](http://www.cgiar.org)

**CVC**

La Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca es la entidad encargada de administrar los recursos naturales renovables y el medio ambiente del Valle del Cauca, que como máxima autoridad ambiental y en alianza con actores sociales propende por un ambiente sano, contribuyendo al mejoramiento de la calidad de vida de la población y la competitividad de la región en el marco del desarrollo sostenible.

[www.cvc.gov.co](http://www.cvc.gov.co)



# Inventario de Gases de Efecto Invernadero

Año Base 2010

Municipio de Palmira  
Valle del Cauca



Copia No Controlada CVC

Esta es una publicación de la **Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC)**, con el apoyo del **Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT)**, a través del Convenio Interadministrativo No. 033 de 2014: "Aunar esfuerzos y recursos humanos, económicos y técnicos para desarrollar acciones en el marco de la mitigación y adaptación al cambio climático en el Valle del Cauca".

Ubeimar Delgado Blandón  
Gobernador del Valle del Cauca

Rubén Darío Materón Muñoz  
Director, CVC

Ruben Echeverría  
Director General, CIAT

#### **Comité Técnico del Convenio**

Jeimar Tapasco, CIAT  
Coordinador del Convenio

Andrés Carmona Tobar, CVC  
Supervisor del Convenio

Carlos Arturo Hoyos Gómez  
Profesional Especializado, CVC

#### **Compilación, orientación y edición técnica**

Samy Andrés Mafla  
Economista, CIAT

José Guido Morán Burgos  
Geógrafo, CIAT

Julián Barrios  
Ingeniero Sanitario y Ambiental, CIAT

Brayan Valencia  
Consultor

#### **Asesoría técnica**

Clima Soluciones S.A.S.

## **Agradecimientos**

Este documento cuenta con los valiosos aportes técnicos de las siguientes personas, a las cuales agradecemos su participación, aportes en talleres y reuniones, así como el tiempo, interés y motivación dedicados a la construcción de este instrumento.

Iván Darío López  
Secretaría de Salud, Alcaldía de Palmira

Juan Pablo González  
Fundación Progresamos

José Norbey Ospina  
CVC DAR Sur-Oriente

Asimismo, un agradecimiento especial a todas las personas de las diferentes dependencias administrativas de la Alcaldía de Palmira y el Consejo Territorial de Salud Ambiental de Santiago de Cali (COTSA) por su participación en la elaboración de esta importante herramienta.

# Contenido

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Introducción.....</b>   | <b>1</b>  |
| <b>Guía para inventarios de gases de efecto invernadero .....</b>  | <b>2</b>  |
| Gases de efecto invernadero .....  | 2         |
| Sectores considerados para estimación de GEI.....  | 3         |
| Métodos de estimación .....  | 4         |
| Desarrollo del inventario .....  | 5         |
| <b>Circunstancias municipales .....</b>  | <b>7</b>  |
| Ubicación.....   | 7         |
| Geografía.....   | 7         |
| Clima .....  | 7         |
| Hidrografía.....   | 7         |
| Población.....   | 7         |
| Economía .....   | 7         |
| <b>Módulo energía .....</b>  | <b>10</b> |
| Generación de energía: (1A1) Industrias de la energía.....   | 11        |
| Quema de combustibles fósiles: (1A2) Industrias manufactureras y de la construcción;<br>(1A4) Otros sectores ..... | 11        |
| Transporte: (1A3b) Transporte terrestre.....   | 13        |
| Análisis de resultados sector energía.....   | 16        |
| <b>Procesos industriales .....</b>   | <b>17</b> |
| <b>Módulo agricultura .....</b>  | <b>19</b> |
| Ganadería .....  | 20        |
| Tierras.....   | 24        |
| Fuentes agregadas .....  | 28        |
| Emisiones indirectas de óxido nitroso por suelos gestionados.....  | 30        |
| <b>Módulo residuos .....</b>   | <b>32</b> |
| Generación de residuos sólidos (4A) .....  | 33        |
| Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas (4D1) .....   | 34        |
| Agua residual industrial (4D2) .....   | 34        |
| Análisis de resultados sector residuos.....  | 37        |
| <b>Emisiones de GEI consolidadas para el municipio de Palmira, año 2010 .....</b>                                  | <b>37</b> |
| Resultados por sector .....  | 37        |
| Identificación de categorías principales.....  | 39        |
| <b>Acciones para la mitigación .....</b>   | <b>41</b> |
| <b>Conclusiones .....</b>  | <b>44</b> |
| <b>Anexos .....</b>  | <b>46</b> |
| <b>Bibliografía .....</b>  | <b>47</b> |

## Cuadros

|            |   |    |
|------------|---|----|
| Cuadro 1.  | Potencial de calentamiento global.....  | 6  |
| Cuadro 2.  | Plantas de generación de EPSA.....  | 8  |
| Cuadro 3.  | Fuentes de emisión sector energía.....  | 10 |
| Cuadro 4.  | Datos de consumo de gas natural – Sector industrial.....  | 12 |
| Cuadro 5.  | Datos de consumo de gas natural - Sector residencial y comercial.....   | 12 |
| Cuadro 6.  | Factores de emisión por defecto.....  | 12 |
| Cuadro 7.  | Resultados de las emisiones de industrias manufactureras y de la construcción y Otros sectores.....                         | 12 |
| Cuadro 8.  | Parque automotor 2010.....  | 14 |
| Cuadro 9.  | Datos de actividad sector transporte terrestre.....   | 15 |
| Cuadro 10. | Factores de emisión para el sector transporte.....  | 15 |
| Cuadro 11. | Resultados de las emisiones sector transporte.....  | 15 |
| Cuadro 12. | Resultados estimación emisiones totales sector energía.....   | 16 |
| Cuadro 13. | Fuentes de emisión sector AFOLU.....  | 19 |
| Cuadro 14. | Población de diferentes especies ganaderas registradas, Palmira, año 2010.....  | 20 |
| Cuadro 15. | Utilización de diferentes sistemas de gestión de estiércol, Palmira, año 2010.....  | 22 |
| Cuadro 16. | Tasa de excreción de nitrógeno y peso tipo para especies domésticas registradas,<br>municipio de Palmira.....               | 23 |
| Cuadro 17. | Resultados emisiones de actividades ganaderas, Palmira, año 2010.....   | 24 |
| Cuadro 18. | Superficie de la tierra y tasa anual de cambio, municipio de Palmira.....   | 25 |
| Cuadro 19. | Superficie de las categorías de cambio evaluadas en el inventario GEI de Palmira.....                                       | 25 |
| Cuadro 20. | Emisiones/absorciones del sector 3B Tierras.....  | 28 |
| Cuadro 21. | Valores de factores de emisión para quema de caña de azúcar, municipio de Palmira, 2010.....                                | 28 |
| Cuadro 22. | Área total de histosoles en el municipio de Palmira.....  | 30 |
| Cuadro 23. | Emisiones totales del sector fuentes agregadas.....   | 32 |
| Cuadro 24. | Factores de emisión sector residuos.....  | 32 |
| Cuadro 25. | Cantidad total de residuos sólidos en el municipio de Palmira.....  | 33 |
| Cuadro 26. | Composición porcentual de residuos sólidos por vivienda en Palmira.....   | 33 |
| Cuadro 27. | Factores por defecto, IPCC 1996.....  | 33 |
| Cuadro 28. | Resultados de emisiones por generación de residuos sólidos.....   | 34 |
| Cuadro 29. | Factor de emisión, IPCC 2006.....   | 34 |
| Cuadro 30. | Resultados de emisiones por tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas.....                                   | 34 |
| Cuadro 31. | Resultados de emisiones por tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales.....                                 | 36 |
| Cuadro 32. | Resultados de emisiones de GEI en el sector residuos.....   | 37 |
| Cuadro 33. | Resultados del análisis de costo-efectividad.....   | 42 |
| Cuadro 34. | Camino de la agricultura orgánica para reducir directa o indirectamente las emisiones de gas<br>de vestigios agrícolas..... | 43 |

## Figuras

|            |  |    |
|------------|--|----|
| Figura 1.  | Jerarquización de los niveles de estimación de emisiones de GEI.....   | 4  |
| Figura 2.  | Etapas de desarrollo para un INGEI.....  | 6  |
| Figura 3.  | Beneficios adicionales del desarrollo del inventario de GEI municipal.....   | 6  |
| Figura 4.  | Mapa del municipio de Palmira.....   | 7  |
| Figura 5.  | Centrales de EPSA en Colombia.....   | 8  |
| Figura 6.  | Participación de la industria por tamaño.....  | 9  |
| Figura 7.  | Empresas por actividad económica 2013.....   | 9  |
| Figura 8.  | Cantidad de vehículos matriculados en el año 2010 - Municipio de Palmira.....  | 13 |
| Figura 9.  | Emisiones de CO <sub>2</sub> eq por categoría fuente para el año 2010.....   | 16 |
| Figura 10. | Emisiones de CO <sub>2</sub> eq por categoría para el año 2010.....  | 17 |
| Figura 11. | Porcentaje de participación de emisiones de CH <sub>4</sub> por fermentación entérica de diferentes especies ganaderas, Palmira, 2010 (IPCC, 2006).....            | 21 |
| Figura 12. | Porcentaje de participación de emisiones de CH <sub>4</sub> por gestión de estiércol de diferentes especies ganaderas, Palmira, 2010 (IPCC, 2006).....             | 21 |
| Figura 13. | Porcentaje de participación de emisiones directas de N <sub>2</sub> O por gestión de estiércol, municipio de Palmira, 2010 (IPCC, 2006).....                       | 23 |
| Figura 14. | Porcentaje de participación de emisiones brutas para uso y cambio de uso de la tierra, Palmira, 2010, metodología IPCC guías 2006.....                             | 27 |
| Figura 15. | Emisiones/absorciones del sector 3B Tierras.....   | 27 |
| Figura 16. | Emisiones de metano y óxido nitroso provenientes de la quema de caña de azúcar, Palmira, 2010 (IPCC, 2006).....  | 29 |
| Figura 17. | Porcentaje de participación de emisiones directas de N <sub>2</sub> O por suelos gestionados, Palmira, 2010 (IPCC, 2006).....                                      | 30 |
| Figura 18. | Porcentaje de participación de emisiones indirectas de N <sub>2</sub> O por gestión de estiércol, Palmira, 2010 (IPCC, 2006).....                                  | 31 |
| Figura 19. | Porcentaje de participación de emisiones de gases de efecto invernadero de los módulos Energía, AFOLU y Desechos, Palmira, Valle del Cauca, 2010 (IPCC, 2006)..... | 39 |
| Figura 20. | Emisiones de las categorías calculadas, Palmira, Valle del Cauca, año base 2010 (IPCC, 2006).....  | 40 |

## Acrónimos

|               |  |
|---------------|--|
| ACOPI         | Asociación Colombiana de Medianas y Pequeñas Industrias  |
| AFOLU         | Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra<br><i>[Agriculture, Forestry and Other Land Use]</i>             |
| ANDI          | Asociación Nacional de Empresarios de Colombia   |
| CARDER        | Corporación Autónoma Regional de Risaralda   |
| CIAT          | Centro Internacional de Agricultura Tropical   |
| CMNUCC        | Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático  |
| CVC           | Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca  |
| DAGMA         | Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente  |
| DANE          | Departamento Administrativo Nacional de Estadística  |
| ECDBC         | Estrategia Colombiana de Desarrollo Bajo en Carbono  |
| EPSA          | Empresa de Energía del Pacífico S.A. E.S.P.  |
| FAO           | Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura  |
| FONADE        | Fondo Financiero de Proyectos de Desarrollo  |
| GEI           | Gases de efecto invernadero  |
| HFC           | Hidrofluorocarbonos  |
| IIAP          | Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico  |
| INGEI         | Inventario de Gases de Efecto Invernadero  |
| IPCC          | Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático<br><i>[Intergovernmental Panel on Climate Change]</i> |
| MADS          | Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible   |
| MinCIT        | Ministerio de Comercio, Industria y Turismo  |
| MinTransporte | Ministerio de Transporte   |
| PCG           | Potencial de calentamiento global  |
| PFC           | Perfluorocarbonos  |
| PGIRS         | Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos   |
| SGE           | Sistemas de gestión de estiércol   |
| UPME          | Unidad de Planeación Minero Energética   |





## Introducción

Dentro de los compromisos que tiene Colombia frente a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), se encuentra la elaboración de los Inventarios de Gases de Efecto Invernadero (INGEI). En este sentido, el país ha realizado dos reportes y actualmente se encuentra en la elaboración del INGEI a nivel nacional para el año 2010. Las metodologías allí utilizadas se rigen bajo los parámetros establecidos por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC).

En concordancia con las acciones realizadas a la fecha, se han generado esfuerzos a nivel regional en lo relacionado con la estimación de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), con el objetivo de identificar los impactos generados por las diferentes actividades económicas desarrolladas a nivel local y regional. Este tipo de documentos pretende, entre otras cosas, dar las herramientas necesarias para abordar lo relacionado con la mitigación de esas emisiones de GEI identificadas en los diferentes niveles de desagregación (municipal o local), con la finalidad de promover sectores productivos sostenibles.

El presente Inventario regional de GEI para el municipio de Palmira permite identificar los aportes en emisiones de GEI generados a partir de las diferentes actividades desarrolladas en el municipio. Para dar desarrollo al documento, en la primera sección encontramos las generalidades descritas en torno a los INGEI. Los gases evaluados en este documento, los sectores para los cuales se considera el proceso de estimación de emisiones a nivel general, los métodos de estimación desarrollados a lo largo del documento, así como las etapas principales que contempla la elaboración de un INGEI.

Seguido a lo anterior, se presenta la caracterización del municipio objeto del presente inventario, describiendo características, tales como su geografía, clima, hidrografía, población, entre otros aspectos. Finalmente, y a partir de la dinámica productiva del municipio, se generan y presentan los cálculos estimados para cada uno de los sectores seleccionados como fuente de emisión en el municipio de Palmira.

# Guía para Inventarios de Gases de Efecto Invernadero

La función principal de un informe de gases de efecto invernadero (GEI) es determinar la magnitud de las emisiones y absorciones por sumidero nacionales de GEI que son directamente atribuibles a la actividad humana (actividades antropogénicas).

## Gases de efecto invernadero

Los GEI son aquellos que tienen la capacidad de absorber y re-emitir radiación infrarroja, lo cual produce un cambio en la irradiación neta vertical sobre la tierra, al que se le denomina forzamiento radiativo. A mayor forzamiento radiativo de un GEI, mayor su potencial de calentamiento.

### GEI directos

De acuerdo con la guía del IPCC para los inventarios, son aquellos gases que inducen directamente al forzamiento radiativo y al calentamiento global. Son:

- Dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ )
- Metano ( $\text{CH}_4$ )
- Óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ )
- Hidrofluorocarbonos (HFC)
- Perfluorocarbonos (PFC)
- Hexafluoruro de azufre ( $\text{SF}_6$ )

Dentro de los GEI directos de mayor interés, considerados bajo las guías del IPCC, encontramos: *el dióxido de carbono, el metano y el óxido nitroso*. En ese sentido, estos son los gases contemplados en este inventario regional.

#### ✓ Fuentes de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ )

La mayor fuente a nivel mundial es la combustión de combustibles fósiles. El cambio de uso del suelo y las actividades de silvicultura también son importantes, tanto para las emisiones de  $\text{CO}_2$  por deforestación como por captura de  $\text{CO}_2$  por medio de sumideros forestales. Algunos procesos de producción industrial también emiten  $\text{CO}_2$ , pero estas fuentes son menos participativas dentro del inventario. En Colombia, la principal fuente de

emisión de este gas son las categorías de quema de combustibles fósiles, en especial por el sector transporte.

#### ✓ Fuentes de metano ( $\text{CH}_4$ )

Las fuentes más importantes a nivel mundial son la producción de ganado, el cultivo del arroz inundado, la producción de combustibles fósiles, el procesamiento y el transporte (sobre todo la producción de carbón y la producción y transporte de gas natural). En Colombia, este gas es uno de los más importantes, dado que su principal fuente de emisión se atribuye a procesos de fermentación entérica, con una participación a nivel nacional significativa sobre las emisiones totales del país (IDEAM y PNUD, 2010).

#### ✓ Fuentes de óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ )

Las emisiones de  $\text{N}_2\text{O}$  son más significativas en aquellas regiones con un sector agrícola y ganadero importante, ya que provienen principalmente de la aplicación de fertilizante, la quema de biomasa y el manejo de estiércol animal.

Los demás GEI directos, hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y hexafluoruro de azufre ( $\text{SF}_6$ ), denominados a su vez gases fluorados, cuentan con un alto potencial de calentamiento; sin embargo, su aporte a las emisiones de GEI globales son muy pequeñas. Sus fuentes principales son la transmisión y distribución eléctricas, y varios procesos de producción industrial, como el aluminio, la producción y procesamiento de magnesio y la manufactura de semiconductores.

### GEI indirectos

Por medio del impacto en la química de la atmósfera, estos gases pueden modificar la vida atmosférica de los GEI directos o contribuir a la formación de aerosoles. Son:

- Monóxido de carbono (CO)
- Óxidos de nitrógeno ( $\text{NO}_x$ )

- Compuestos orgánicos volátiles distintos del metano (COVDM)
- Dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>)

## Sectores considerados para estimación de GEI

Para la estimación de emisiones de GEI de una determinada región o territorio, el IPCC define cuatro sectores:

### Energía

Se cuantifican las emisiones de GEI generados por las actividades antrópicas relacionadas con la quema, extracción y manipulación de combustibles fósiles (carbón, gas natural, petróleo y sus derivados). El sector energético comprende principalmente:

- La exploración y explotación de las fuentes primarias de energía
- La conversión de las fuentes primarias de energía en formas más utilizables en refinerías y centrales eléctricas
- La transmisión y distribución de los combustibles
- El uso de combustibles en aplicaciones estacionarias y móviles. Las emisiones surgen de estas actividades por combustión y como emisiones fugitivas, o por escape sin combustión.

### Procesos industriales

Para este sector, se cuantifican las emisiones de GEI provocadas por los procesos industriales, por el uso de GEI en los productos y por los usos no energéticos del carbono contenido en los combustibles fósiles.

Las emisiones de GEI son producidas por una gran variedad de actividades industriales. Las principales fuentes de emisión son las descargas provenientes de los procesos industriales, las cuales generan la transformación de materia prima a partir de procesos tanto físicos como químicos en productos donde han sido usados GEI. De la misma manera contempla los usos no energéticos del carbono contenido en los combustibles fósiles.

## AFOLU - Sector agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra

El uso y la gestión de la tierra tienen su influencia sobre una diversidad de procesos del ecosistema que afectan a los flujos de los GEI, tales como la fotosíntesis, la respiración, la descomposición, la nitrificación/desnitrificación, la fermentación entérica y la combustión. Estos procesos incluyen transformaciones del carbono y del nitrógeno provocadas por los procesos biológicos (actividad de microorganismos, plantas y animales) y físicos (combustión, lixiviación y escurrimiento).

Al identificar los GEI de mayor interés, como el CO<sub>2</sub>, el N<sub>2</sub>O y el CH<sub>4</sub>, tenemos que en el caso del CO<sub>2</sub>, los flujos de este entre la atmósfera y los ecosistemas se controlan fundamentalmente por captación, mediante la fotosíntesis de las plantas; y por liberación, a través de la respiración, la descomposición y la combustión de materia orgánica.

Los ecosistemas emiten N<sub>2</sub>O como subproducto de la nitrificación y la desnitrificación. En el caso del CH<sub>4</sub>, este es principalmente emitido por metanogénesis en condiciones anaeróbicas en suelos y depósitos de estiércol, a través de la fermentación entérica y durante la combustión incompleta de la materia orgánica.

### Residuos

Para este sector, las emisiones estimadas se realizan en las siguientes categorías:

- Eliminación de desechos sólidos
- Tratamiento biológico de los desechos sólidos
- Incineración<sup>1</sup> e incineración abierta de desechos<sup>2</sup>
- Tratamiento y eliminación de aguas residuales.

1 La incineración se define como la combustión de los desechos sólidos y líquidos en instalaciones de incineración controladas (IPCC, 2006).

2 La incineración abierta de desechos puede definirse como la combustión de materiales combustibles no deseados, tales como papel, madera, plástico, textiles, caucho, desechos de aceites y otros residuos al aire libre o en vertederos abiertos, donde el humo y otras emisiones se liberan directamente al aire, sin pasar por una chimenea o columna. La incineración abierta también puede incluir dispositivos de incineración que no controlan el aire de combustión para mantener una temperatura adecuada y no garantizan el tiempo de residencia necesario para una combustión completa (IPCC, 2006).



En ellas se cuantificará la emisión ( $\text{CO}_2$ ), emitido para este sector en mayor medida a partir de la incineración y la incineración abierta de desechos que contienen carbono fósil,  $\text{CH}_4$ , el cual se emite principalmente en los sitios de eliminación de desechos sólidos, además del tratamiento y la eliminación de aguas residuales y  $\text{N}_2\text{O}$ , el cual se produce en la mayoría de los tratamientos abordados en este sector, donde sus emisiones varían dependiendo del tipo de tratamiento y las condiciones presentes en el mismo.

### Métodos de estimación

Básicamente, el método usado para estimar una emisión de una fuente específica es el siguiente:

**Estimación de la emisión** = Datos de actividad x Factor de emisión

Donde,

- Datos de actividad: Describen la magnitud anual de una actividad (p. ej., número de cabezas de ganado).
- Factor de emisión: Es la masa de los GEI emitidos por unidad de actividad. Un ejemplo sería:  $T_n \text{CH}_4 \times \text{cabeza de ganado}$ .

Para el caso en el cual el dato de actividad no sea el adecuado según el factor de emisión a utilizar, se requiere usar los “factores de conversión”. Lo anterior dará como resultado:

**Estimación de emisiones** =  
[datos de actividad estimados x factor(es) de conversión] x Factor de emisión

Dentro de las directrices del IPCC, se presenta una jerarquización según la información de factores de emisión con las que se cuentan de la región para la que se desarrolla el INGEI.



**Figura 1.** Jerarquización de los niveles de estimación de emisiones de GEI.

### Serie de tiempo

Para que este inventario regional sea comparable con datos de los inventarios nacionales, se seleccionó el año 2010 como el período base para la estimación de emisiones. Actualmente Colombia desarrolla el inventario nacional para este mismo período de tiempo, y se continuará presentando ante la CMNUCC cada 2 años.

### Buenas prácticas

Se definen como un conjunto de principios metodológicos, acciones y procedimientos que se deben seguir para la estimación de emisiones, con el fin de lograr un inventario altamente confiable. Estas se implementarán desde la recopilación de datos hasta la generación de informes.

- **Transparencia:** Documentación clara para que las personas o los grupos que no sean los compiladores del inventario entiendan cómo se compiló el inventario.
- **Exhaustividad:** Incluir las estimaciones para todas las categorías pertinentes de fuentes y sumideros, y de gases.
- **Coherencia:** Las estimaciones deben calcularse para diferentes años, gases y categorías del inventario. De esta manera, se obtienen las diferencias reales en las emisiones entre los años y categorías trabajados. Los inventarios deben elaborarse, en lo posible, por el mismo método y las mismas fuentes de datos en todos los años, para así obtener la variación de las emisiones en el tiempo, sin que sean afectadas por un posible cambio en la metodología aplicada.
- **Comparabilidad:** Entre regiones del país.
- **Exactitud:** Las estimaciones realizadas en el INGEI no deben ser excesivas ni insuficientes, en relación con las estimaciones reales.

## Desarrollo del inventario

El primer paso que debe generarse para la elaboración del INGEI es la revisión de las metodologías del IPCC, las cuales brindan una orientación respecto a los diferentes métodos de cálculo, así como las variables requeridas en cada uno de los sectores analizados, y con esto conocer el tipo de resultado que se obtendrá.

Posteriormente, y después de identificadas las fuentes de emisión por sector contempladas en las directrices del IPCC, el o los compiladores de la información seleccionan aquellas fuentes que se analizarán en el inventario. Para lo anterior, es necesario conocer la zona de estudio y así lograr identificar aquellas actividades que se desarrollan en la región y que generan emisiones de GEI.

Es así como el equipo coordinador del inventario inicia la consolidación de la información sectorial, actividad denominada como “consolidación de datos de actividad”, según las directrices del IPCC, en la cual se solicita el apoyo de los expertos sectoriales y de las entidades competentes para gestionar y

administrar la información de los sectores de energía, procesos industriales, agricultura y servicios públicos domiciliarios.

Después de la solicitud de información correspondiente a los datos de actividad a los diferentes sectores, se da inicio a la compilación, selección y tabulación de la información a usar en la cuantificación de emisiones.

En las situaciones bajo las cuales no se cuente con los datos de actividad medidos (ej., cantidad de combustible usado en el sector transporte), se puede estimar el dato por medio de consulta a expertos o por medio de cálculos previos (ej., número de vehículos por la cantidad de kilómetros recorridos para obtener la cantidad de combustible requerido). Ante este escenario, es necesario generar la respectiva documentación, dando correspondencia a las orientaciones brindadas por el módulo de *orientaciones generales y generación de informes* del IPCC. Lo anterior con el objetivo de que, al realizar un próximo inventario, se tenga un punto de comparación adecuado a la metodología aplicada para el cálculo.

Adicionalmente a lo anterior, la documentación permite identificar los vacíos de información existentes en los diferentes sectores, generando la necesidad de establecer mecanismos que permitan la consolidación de información más completa a futuro, permitiendo optimizar la compilación de información para próximos inventarios, así como para el bienestar del sector. Paralelo a este proceso, se debe trabajar en la selección de los factores de emisión.

Como se mencionó anteriormente, las directrices del IPCC presentan tres niveles metodológicos para estimar emisiones de GEI. Para la elaboración del INGEI del municipio de Palmira, se seleccionó el nivel 1 (dado que no existen factores de emisión estimados en la región), el cual presenta los factores de emisión por defecto. En la mayoría de los casos, el IPCC presenta factores de emisión por regiones y rangos, que deben ser seleccionados por el equipo coordinador del INGEI.

El informe final es aquel en el que se consolidan las emisiones cuantificadas por tipo de fuente y por



GEI generado, como resultado de la estimación de emisiones a partir de la implementación de las ecuaciones presentadas en las directrices del IPCC, una vez se hayan definido tanto los datos de actividad como los factores de emisión.

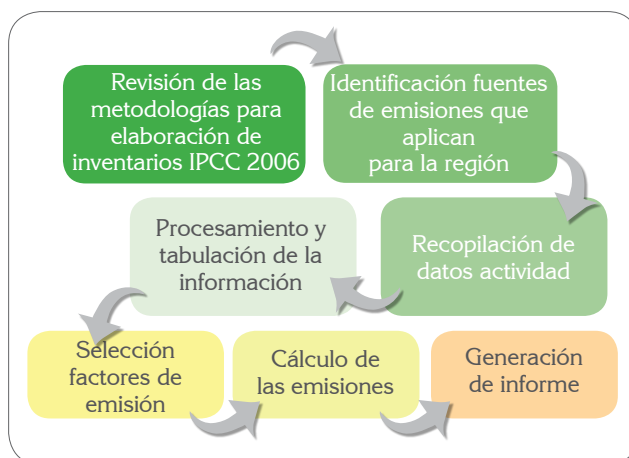
En el proceso requerido para identificar las categorías claves o las principales fuentes de emisión, así como para poder realizar una comparación de las emisiones estimadas, estas últimas (emisiones de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O) son convertidas a CO<sub>2</sub> equivalente (CO<sub>2</sub> eq). Dicha transformación se realiza a partir del potencial de calentamiento global (PCG), el cual se define como el efecto de calentamiento integrado a lo largo del tiempo que produce hoy una liberación instantánea de 1 kg de un GEI, en comparación con el causado por el CO<sub>2</sub>.<sup>3</sup>

A continuación, se relaciona el PCG según el IPCC para los GEI que se contemplan en el inventario de Palmira.

**Cuadro 1.** Potencial de calentamiento global.

| Gas efecto invernadero | Potencial de calentamiento global (PCG) |
|------------------------|---|
| CO <sub>2</sub>        | 1                                       |
| CH <sub>4</sub>        | 21                                      |
| N <sub>2</sub> O       | 310                                     |

Fuente: IPCC (2013).



**Figura 2.** Etapas de desarrollo para un INGEI.

### Inventarios de GEI municipales

El objetivo principal de este tipo de inventarios es identificar las principales fuentes de emisión de GEI en una región determinada, siendo este el insumo técnico que oriente la toma de decisiones más acertada, a nivel local y regional en materia de proyectos y políticas de mitigación del cambio climático.



**Figura 3.** Beneficios adicionales del desarrollo del inventario de GEI municipal.

<sup>3</sup> www.greenfacts.com.co

## Circunstancias Municipales

### Ubicación

El municipio de Palmira se encuentra localizado en la región sur del departamento del Valle del Cauca, al suroeste del país. Su cabecera municipal está situada a 3° 31' 48" de latitud norte y 76° 81' 13" de longitud occidental. Topográficamente se diferencian la zona plana o ligeramente ondulada, ubicada al occidente del municipio, así como la zona montañosa al oriente y la cual corresponde a la vertiente occidental de la Cordillera Central; su altura es de 1.001 msnm.



**Figura 4.** Mapa del municipio de Palmira.

Fuente: Página web Alcaldía Municipal de Palmira.

Para el año 2011, contaba con una superficie urbana de 20,49 km<sup>2</sup> y 1007,51 km<sup>2</sup> en su zona rural, para un total de 1028 km<sup>2</sup> (Alcaldía Municipal de Palmira, 2014). De esta manera, Palmira se convierte en el segundo municipio del Valle del Cauca con mayor población, después de Santiago de Cali, y el tercero con mayor extensión, después de los municipios de Buenaventura y Darién.

### Geografía

El municipio de Palmira tiene como límites: por el norte, el municipio de El Cerrito; por el sur, los municipios de

Pradera y Candelaria; por el oriente, el departamento del Tolima; y por el occidente, los municipios de Santiago de Cali, Yumbo y Vijes (Alcaldía Municipal de Palmira, 2012).

### Clima

Presenta variedad de pisos térmicos en las zonas rural y urbana del municipio, que varían desde el clima frío en el páramo con una extensión de 298 km<sup>2</sup>, frío 239 km<sup>2</sup>, medio 242 km<sup>2</sup> y cálido 383 km<sup>2</sup>.

### Hidrografía

El municipio abarca las cuencas de los ríos Nima, Amaime, Aguaclara y Bolo. Además de ser reservas hidrológicas, estas cuencas son reserva productiva para Palmira. Las cuencas del ríos Nima y Amaime se caracterizan por presentar una pendiente pronunciada, así como la mayor extensión en el municipio de Palmira, respectivamente.

### Población

En relación con el comportamiento demográfico de Palmira, este se ha visto influenciado por el desarrollo económico del municipio, principalmente por el desarrollo de la industria de la caña de azúcar, el cual ha generado desplazamientos hacia dentro o fuera de ella.

En ese sentido, y según los datos estadísticos obtenidos por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE, 2005), a partir del censo realizado en el 2005, la población para el año 2010 (para el cual se realiza el correspondiente inventario) era de 294.580 habitantes, los cuales pueden aumentar en la medida en que se genere mayor expansión en lo relacionado a proyectos de inversión en vivienda.

### Economía

Dentro de las principales actividades económicas del municipio de Palmira se encuentran: la agricultura, la ganadería, la industria, el comercio y la minería.

Aun cuando la siembra de caña de azúcar representa una de las mayores y más marcadas actividades productivas implementadas en la región, con alrededor de 40.000 hectáreas sembradas, este negocio ha ido decreciendo por razones como la revaluación del peso. Contrario a esto, se han desarrollado nuevas actividades como la producción de etanol para mezclar con gasolina, pero que no es tasado con ella (FONADE, 2012).

## Generación de energía

Empresa de Energía del Pacífico S.A. E.S.P. (EPSA), distribuida en los municipios de Palmira, Dagua, Darién, Suárez, Cali, Prado, Tuluá, Buga y San Pedro. Tal como se muestra en el Cuadro 2, para el municipio de Palmira, se identifican las plantas y su capacidad en MW, además de su ubicación geográfica (Figura 5).

**Cuadro 2.** Plantas de generación de EPSA.

| Planta | Tipo de planta | Ubicación       | Capacidad en MW |
|--------|----------------|-----------------|-----------------|
| Nima   | Hidroeléctrica | Palmira (Valle) | 6,7             |
| Amaime | Hidroeléctrica | Palmira (Valle) | 19,9            |

Fuente: Información suministrada por la Empresa de Energía del Pacífico S.A. E.S.P. (EPSA).

Como se puede observar en la Figura 5, los proyectos desarrollados en el municipio de Palmira corresponden a Amaime y Nima 1-2, los cuales se describen de manera general a continuación:

- ✓ **Nima 1:** Ubicada sobre la Cordillera Central colombiana en el departamento del Valle del Cauca, aproximadamente a 13 km del centro de la ciudad de Palmira, inició sus operaciones en 1914. Cuenta con una capacidad de generación de 2,5 MW.  
La laguna Santa Teresa, ubicada en el Parque Natural Nacional Las Hermosas a 3800 msnm, surte de agua a Nima I para la generación de energía.
- ✓ **Nima 2:** Ubicada en inmediaciones de la planta de generación, Nima I inició operaciones en 1942 y cuenta con una capacidad instalada de 4,7 MW.

Además de generar energía a partir del recurso hídrico, Nima I y II le entregan agua a 400.000 palmiranos a través de Aquaoccidente.

- ✓ **Amaime:** Certificada bajo mecanismos de desarrollo limpio (MDL) en el año 2009, permite generar energía eléctrica a través de fuente hidroeléctrica, evitando la quema de combustibles



**Figura 5.** Centrales de EPSA en Colombia.

Fuente: <http://www.epsa.com.co/>

fósiles, lo cual arrojaría a la atmósfera cerca de 25.000 t de CO<sub>2</sub> al año (EPSA, 2015).

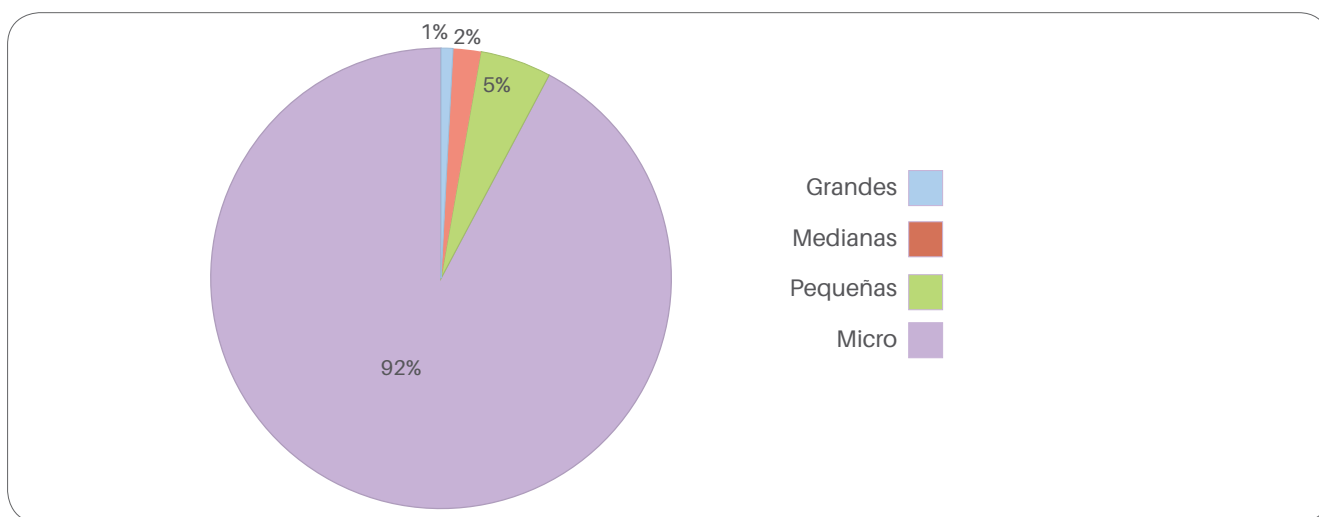
### Caracterización de la industria

La información relacionada con la actividad industrial desarrollada en el municipio de Palmira es muy limitada. Sin embargo, en la documentación recopilada, se puede observar que la actividad manufacturera (según la información arrojada por la Cámara de Comercio de Palmira), relacionada con la producción de ladrillo es una de las industrias con marcada presencia en el municipio.

Según la Cámara de Comercio de Palmira, en el año 2010 en su jurisdicción había un total de

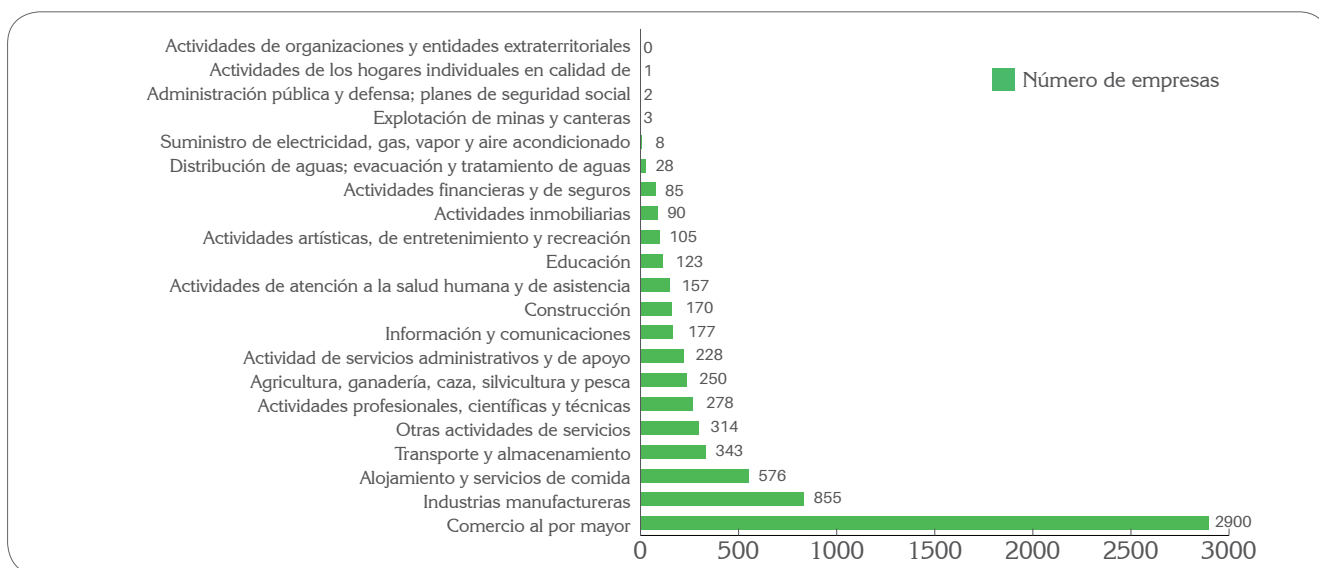
6.019 empresas matriculadas en el municipio, de las cuales 2.928 se dedicaban al comercio y servicios de reparación, seguido por la industria con 762 empresas matriculadas en el año 2010. De ese total de empresas el 92,1% son microempresas, y solamente el 0,8% son empresas grandes.

Según información presentada en el Anuario Estadístico para el año 2014, el municipio de Palmira cuenta con la presencia de 6.693 empresas, distribuidas entre micro, pequeñas, medianas y grandes empresas (Figura 6), dedicadas a diversas actividades económicas, tal como lo muestra la Figura 7.



**Figura 6.** Participación de la industria por tamaño.

Fuente: A partir de información del Anuario Estadístico de Palmira, 2014.



**Figura 7.** Empresas por actividad económica 2013.

Fuente: Registro Mercantil - Cámara de Comercio de Palmira - A Diciembre 31 de 2013.

De igual manera, la inversión de capital por actividad económica en el municipio de Palmira para los años 2012-2013 muestra que las actividades objeto de mayor inversión son el comercio, la industria, la agricultura, la distribución de agua y las actividades relacionadas con la salud humana (Alcaldía Municipal de Palmira, 2014).

Es importante destacar el sector socioeconómico con el que cuenta en su zonificación, tanto rural como

urbana. En este sentido, el sector agroindustrial es considerado como el principal factor de desarrollo socioeconómico regional, ya que este abarca actividades del sector primario y secundario (agrario e industrial). Esta actividad agroindustrial se encuentra representada por ingenios azucareros y, en menor escala, ingenios paneleros (Alcaldía Municipal de Palmira, 2012).

## Módulo Energía

**Cuadro 3.** Fuentes de emisión sector energía.

| 1. Sector Energía  | Estado de avance |
|--|------------------|
| <b>1A1. Industrias de la energía</b>                       |                  |
| 1A1ai Generación de electricidad                           | NA               |
| 1A1aii Generación combinada por calor y energía            | NA               |
| 1A1aiii Centrales de carbón                                | NA               |
| 1A1b Refinación de petróleo                                | NA               |
| 1A1ci Fabricación de combustibles sólidos                  | NA               |
| 1A1cii Otras industrias de la energía                      | NA               |
| <b>1A2. Industrias manufactureras y de la construcción</b> |                  |
| 1A2a Hierro y acero  | NA               |
| 1A2b Metales no ferrosos                                   | NA               |
| 1A2c Productos químicos                                    | NA               |
| 1A2d Pulpa papel e imprenta                                | NA               |
| 1A2e Procesamiento de alimentos, bebidas y tabaco          | II               |
| 1A2f Minerales no metálicos                                | NA               |
| 1A2g Equipos de transporte                                 | NA               |
| 1A2h Maquinaria  | NA               |
| 1A2i Minería (excepción de combustibles) y cantería        | NA               |
| 1A2j Madera y productos de madera                          | NA               |
| 1A2k Construcción  | NA               |
| 1A2l Textiles y cuero                                      | NA               |
| 1A2m Industria no especificada                             | NA               |
| <b>1A4. Otros sectores</b>                                 |                  |
| 1A4a Comercial/institucional                               | EC               |
| 1A4b Residencial   | EC               |
| 1A4ci Agricultura estacionaria                             | II               |
| 1A4cii Pesca   | NA               |



| 1. Sector Energía   | Estado de avance |
|---|------------------|
| <b>1A3b Transporte terrestre</b>                            |                  |
| 1A3bi Automóviles   | EC               |
| 1A3bii Camiones para servicio ligero                        | EC               |
| 1A3biii Camiones para servicio pesado y autobuses           | EC               |
| 1A3biv Motocicletas   | EC               |
| 1A3c Ferrocarriles  | NA               |
| 1A3di Navegación marítima fluvial internacional             | NA               |
| 1A3dii Navegación marítima fluvial nacional                 | NA               |
| 1A3e Otro tipo de transporte                                | NA               |
| <b>1B Emisiones fugitivas</b>                               |                  |
| 1B1ai Emisiones fugitivas por minería subterránea de carbón | NA               |
| 1B1aii Emisiones fugitivas por minería terrestre de carbón  | NA               |

Fuente: Estimaciones para el municipio de Palmira, Valle del Cauca año base 2010 (IPCC, 2006).

NA= No aplica: Son actividades que no se desarrollan en el municipio.

II= Información insuficiente: No se contó con el mínimo de información de datos de la actividad que permiten estimar emisiones de GEI con nivel 1 de IPCC 2006.

EC= Emisión calculada: Actividad que se desarrolla en la región y que contó con la información suficiente para estimar las emisiones de GEI generadas.

### Generación de energía: (1A1 Industrias de la energía)<sup>4</sup>

En la sección inicial, se realiza una descripción general del sector energético en el municipio de Palmira, seguido del análisis de los resultados obtenidos. Para este sector, solo se tendrán en cuenta las emisiones de los GEI generados por la quema de combustibles fósiles, en relación con la industria manufacturera y de la construcción (fuentes fijas) y el transporte terrestre (fuentes móviles).

La energía eléctrica en el municipio de Palmira se genera principalmente por fuente hidroeléctrica; sin embargo, se reportó la existencia de plantas termoeléctricas, de las cuales no se logró recopilar información sobre su consumo de combustibles fósiles, por cuestiones de privacidad de la información.

Es importante tener en cuenta esta fuente de emisión para la elaboración de próximos inventarios y así contar con la información requerida.

### Quema de combustibles fósiles: (1A2) Industrias manufactureras y de la construcción; (1A4) Otros sectores

En esta categoría, se estiman emisiones de GEI derivadas de la quema de combustibles fósiles dentro de las industrias manufactureras y de la construcción, contemplando fuentes de emisiones tales como industria de hierro y acero, metales no ferrosos, productos químicos, pulpa y papel, alimentos y bebidas, minerales no metálicos, equipos de transporte, maquinaria, minería, madera, textiles, construcción e industria no especificada.

En la consulta de información relacionada con consumo de gas natural, esta fue suministrada por Gases de Occidente S.A. E.S.P.; y para otros tipos de combustibles, se consolidó a partir de información suministrada por la CVC. Estos datos de consumo son datos agregados y no permiten reconocer el consumo por tipo de industria.

Para el caso de combustibles fósiles consumidos por otros sectores, se contemplan los consumos del sector comercial y sector residencial del municipio de Palmira.

<sup>4</sup> Nomenclatura IPCC (2006).

La información respecto a estas fuentes de emisión se consolidó a partir de la Empresa de Servicios Públicos Gases de Occidente S.A.

### Datos de actividad

En el Cuadro 4, se presentan los datos de consumo de combustibles fósiles (datos de actividad) suministrados por el equipo del CIAT y consolidados a partir de la Empresa de Servicios Públicos Gases de Occidente S.A.

**Cuadro 4.** Datos de consumo de gas natural - Sector industrial.

| Variable               | Cantidad <sup>a</sup>    | Fuente  |
|------------------------|--------------------------|---|
| Consumo de gas natural | 2.741.356 m <sup>3</sup> | Empresa de Servicios Públicos Gases de Occidente S.A. |

a. En esta columna, se referencian las cantidades originales en que fueron reportados los datos de actividad por las diferentes fuentes de información.

En la Cuadro 5, se presentan los datos de consumo de gas natural en el sector residencial y comercial del municipio de Palmira. Estos datos fueron suministrados por el equipo del CIAT a partir de la información solicitada a la empresa de servicios públicos.

**Cuadro 5.** Datos de consumo de gas natural - Sector residencial y comercial.

| Variable                                    | Cantidad                 | Fuente  |
|---|--------------------------|---|
| Consumo de gas natural - Sector residencial | 8.569.606 m <sup>3</sup> | Empresa de Servicios Públicos Gases de Occidente S.A. |
| Consumo de gas natural - Sector comercial   | 1.786.244 m <sup>3</sup> |   |

### Factores de emisión

Debido a que no se tienen factores de emisión regionales estimados, se toman los referenciados en las guías del IPCC (2006).

**Cuadro 6.** Factores de emisión por defecto.

| GEI              | Factor de emisión             | Fuente  |
|------------------|-------------------------------|---|
| CO <sub>2</sub>  | 56.100 kg CO <sub>2</sub> /TJ | IPCC, 2006 - Capítulo de energía - Cuadro 2.2. al 2.5 |
| CH <sub>4</sub>  | 5 kg CH <sub>4</sub> /TJ      |   |
| N <sub>2</sub> O | 0,1 kg N <sub>2</sub> O/TJ    |   |

### Resultados - Quema de combustibles fósiles: (1A2) Industrias manufactureras y de la construcción; (1A4) Otros sectores

De acuerdo con la metodología empleada, correspondiente a las directrices IPCC 2006, versión revisada del 2006, se estimaron las emisiones de los gases CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O, generados por el sector industrial de Palmira y otros sectores (residencial y comercial). Los resultados se consolidan en el Cuadro 7.

**Cuadro 7.** Resultados de las emisiones de Industrias manufactureras y de la construcción y Otros sectores.

| 1       | Sector   | Emisiones netas de GEI (t) |                 |                  | CO <sub>2</sub> eq |
|---------|--|----------------------------|-----------------|------------------|--------------------|
|         |  | CO <sub>2</sub>            | CH <sub>4</sub> | N <sub>2</sub> O |                    |
| 1.A.2   | Industrias manufactureras y de la construcción | 25.421,1                   | 1,9             | 0                | 25.474,8           |
| 1.A.2.a | Quema de combustibles sector industrial        | 5.320,9                    | 0,1             | 0                | 5.325,8            |
| 1.A.4   | Otros sectores                                 |                            |                 |                  |                    |
| 1.A.4.a | Quema de combustibles sector comercial         | 3.467,0                    | 0,3             | 0                | 3.475,4            |
| 1.A.4.b | Quema de combustibles sector residencial       | 16.633,2                   | 1,5             | 0                | 16.673,6           |

Fuente: Estimaciones para el municipio de Palmira, Valle del Cauca, año base 2010 (IPCC, 2006).

## Transporte: (1A3b) Transporte terrestre

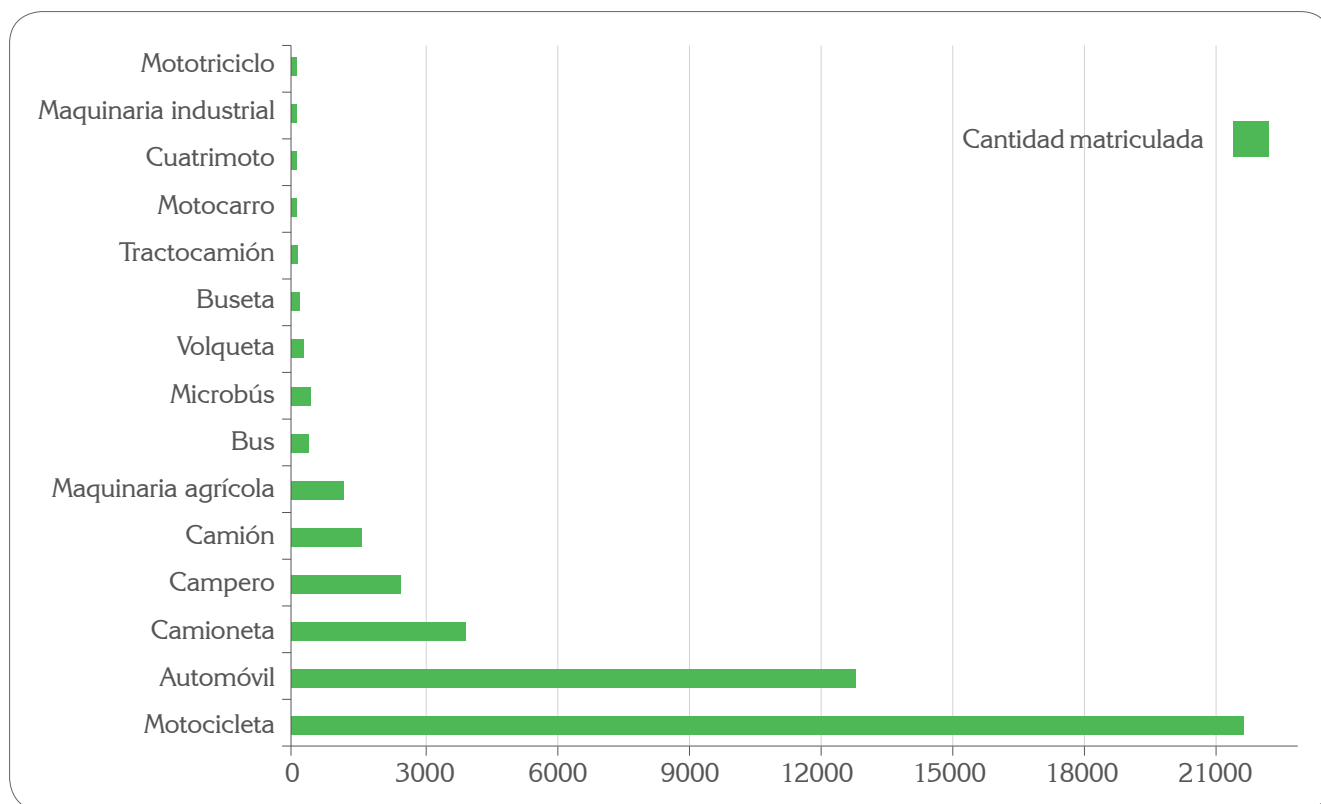
En esta categoría, se estiman emisiones de GEI generadas por el consumo de combustibles fósiles en el sector de transporte. Para el municipio de Palmira, se estimaron emisiones de GEI generadas por el consumo de gasolina en el transporte terrestre. Para lograr realizar esta estimación, el CIAT facilitó información sobre el parque automotor al año 2010, a partir de los documentos generados por la Secretaría de Movilidad Municipal.

A partir de información obtenida a través de la Secretaría de Movilidad de Palmira, se estima que el medio de transporte más comúnmente utilizado son las motos. El aumento en su circulación se debe en mayor parte a que este vehículo promueve la actividad de transporte informal mediante el mototaxismo.

En el caso de las rutas de transporte público colectivo urbano y suburbano, el municipio tiene alrededor de 705 unidades vehiculares registradas, entre buses (en

mayor cantidad) y algunos microbuses, todos ellos para atender la demanda de la ciudad.

Como lo muestra la Figura 8, a partir de la información presentada por la Secretaría de Movilidad Municipal, para el año 2010, el tipo de vehículo con mayor circulación en el municipio de Palmira, independientemente del tipo de servicio prestado (oficial, particular o público), fue la motocicleta, con 21.643 unidades matriculadas; seguido del automóvil, con 12.824 unidades; medios de transporte designados a cumplir actividades específicas (mototriciclo y maquinaria industrial) presentaron menos de 10 unidades matriculadas cada uno, en el caso de la buseta, en donde el número de unidades matriculadas fue menos de la mitad registrada por los buses y microbuses (152 unidades). Esto, de alguna manera, puede relacionarse con la cobertura del servicio que prestan cada uno de estos vehículos en jurisdicción de Palmira (urbanos y/o suburbanos).



**Figura 8.** Cantidad de vehículos matriculados en el año 2010 - Municipio de Palmira.

Fuente: Secretaría de Movilidad Municipal, 2015.

## Datos de actividad

El principal dato de actividad requerido para estimar emisiones de GEI en el sector de transporte es el consumo de combustibles fósiles. Dado que el municipio no cuenta con este dato consolidado anualmente, y con el fin de lograr cuantificar las emisiones generadas

por esta categoría, se consultó el parque automotor municipal al año 2010. Por medio del CIAT, se solicitó la información a la Secretaría de Movilidad, la cual aportó la información consolidada en el Cuadro 8.

**Cuadro 8.** Parque automotor 2010.

| Tipo de vehículo      | Total         | Homologación con categorías del IPCC              |        |
|-----------------------|---------------|---|--------|
| Automóvil             | 12.824        | 1A3bi Automóviles                                 | 15.184 |
| Campero               | 2.360         |   |        |
| Camioneta             | 3.906         | 1A3bii Camiones para servicio ligero              | 3.906  |
| Motocicleta           | 21.643        | 1A3biv Motocicletas                               | 21.732 |
| Motocarro             | 57            |   |        |
| Mototriciclo          | 4             |   |        |
| Cuatrimoto            | 28            |   |        |
| Maquinaria agrícola   | 1.174         | 1A3biii Camiones para servicio pesado y autobuses | 3.848  |
| Bus                   | 358           |   |        |
| Buseta                | 152           |   |        |
| Camión                | 1.443         |   |        |
| Microbús              | 347           |   |        |
| Tractocamión          | 126           |   |        |
| Volqueta              | 241           |   |        |
| Maquinaria industrial | 7             |   |        |
| <b>Total</b>          | <b>44.670</b> |   |        |

Fuente: A partir de información de la Secretaría de Movilidad Municipal. Datos 2010.

Adicionalmente se requieren datos de actividad sobre los kilómetros recorridos en un año para cada modo de transporte y el consumo total de gasolina consumido. Debido a que el municipio no cuenta con estudios de consumo de combustibles en el parque automotor, se consultaron estimaciones nacionales.

Para este caso en particular, se utilizó la información generada por la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) y publicada en el documento “Proyección de demanda de combustibles líquidos y GNV en Colombia”,

revisión octubre de 2010. A partir de la gráfica 3.11 (distancia típica recorrida según modos de transporte de servicio interurbano en Colombia en el año 2009), se estima la información correspondiente a la distancia típica recorrida en un año por modo de transporte.

Adicionalmente con la información referenciada en la gráfica 3.12 (Distancia Típica Recorrida según modos de transporte de servicio urbano en Colombia en el año 2009) se estimó la distancia promedio recorrida por modo de transporte, como se observa en el Cuadro 9.

**Cuadro 9.** Datos de actividad del sector transporte terrestre.

| Clase de vehículo                                 | Número de vehículos | km recorridos/año por vehículo | Consumo en galones de combustible - total (gasolina) |
|---|---------------------|--------------------------------|--|
| 1A3bi Automóviles                                 | 15.184              | 17.885                         | 8.860.223  |
| 1A3bii Camiones para servicio ligero              | 3.906               | 18.141                         | 3.596.891  |
| 1A3biii Camiones para servicio pesado y autobuses | 3.848               | 31.147                         | 10.021.209   |
| 1A3biv Motocicletas                               | 21.732              | 11.370                         | 1.733.947  |

Fuente: A partir de información de la UPME. Ver Anexos 1 y 2.

### Factores de emisión

Debido a que no se tienen factores de emisión regionales estimados, se toman los referenciados en las guías del IPCC.

**Cuadro 10.** Factores de emisión para el sector transporte.

| GEI              | Factor de emisión             | Fuente   |
|------------------|-------------------------------|--|
| CO <sub>2</sub>  | 69.300 kg CO <sub>2</sub> /TJ | IPCC, 2006 - Capítulo de energía - Cuadros 3.2.1 y 3.2.2 |
| CH <sub>4</sub>  | 33 kg CH <sub>4</sub> /TJ     |  |
| N <sub>2</sub> O | 3,2 kg N <sub>2</sub> O/TJ    |  |

### Resultados - Transporte (1A3b): Transporte terrestre

De acuerdo con la metodología empleada, correspondiente a las directrices IPCC 2006, versión

revisada del 2006, se estimaron las emisiones de los gases CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O para el sector de transporte terrestre.

**Cuadro 11.** Resultados de las emisiones sector transporte.

| 1           | Sector                                    | Emisiones netas de GEI (t) |                 |                  | CO <sub>2</sub> eq |
|-------------|---|----------------------------|-----------------|------------------|--------------------|
|             |   | CO <sub>2</sub>            | CH <sub>4</sub> | N <sub>2</sub> O |                    |
| <b>1A3b</b> | <b>Transporte terrestre</b>               | <b>204.145,7</b>           | <b>97,2</b>     | <b>9,4</b>       | <b>209.109,5</b>   |
| 1A3bi       | Automóviles                               | 74.705,0                   | 35,6            | 3,4              | 76.521,4           |
| 1A3bii      | Camiones para servicio ligero             | 30.327,2                   | 14,4            | 1,4              | 31.064,6           |
| 1A3biii     | Camiones para servicio pesado y autobuses | 84.493,8                   | 40,2            | 3,9              | 86.548,3           |
| 1A3biv      | Motocicletas                              | 14.619,8                   | 7,0             | 0,7              | 14.975,2           |

Fuente: Estimaciones para el municipio de Palmira, Valle del Cauca, año base 2010 (IPCC, 2006).



## Análisis de resultados sector energía

**Cuadro 12.** Resultados estimación emisiones totales sector Energía.

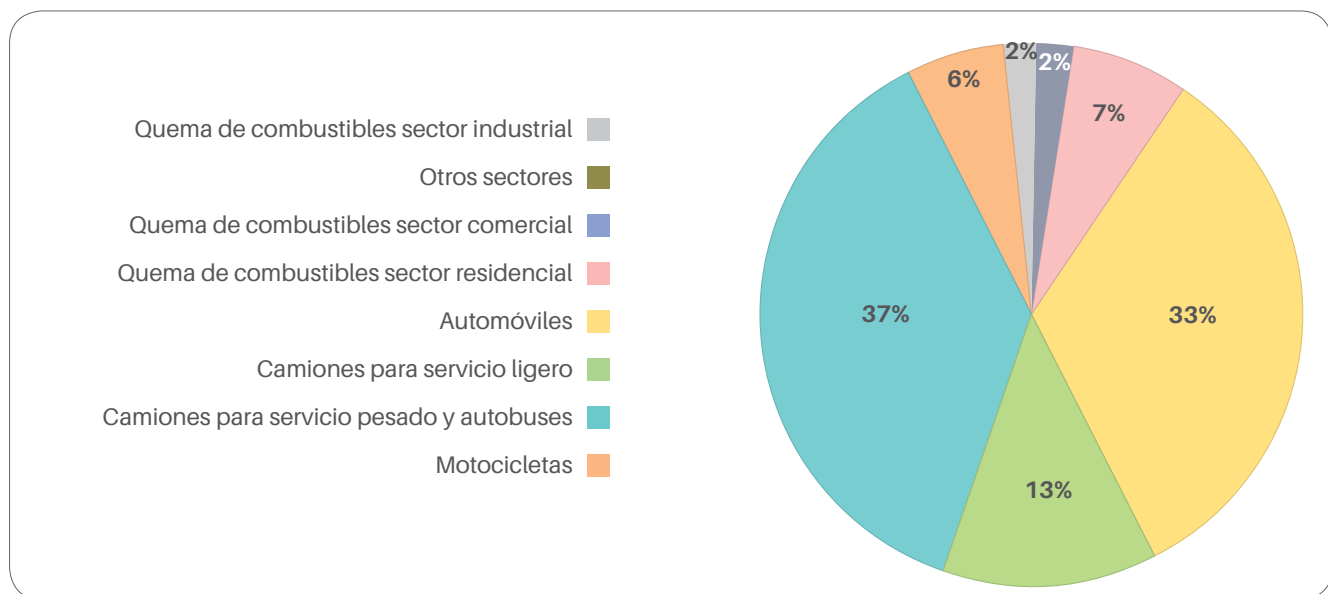
| 1       | Sector  | Emisiones netas de GEI (t) |                 |                  | CO <sub>2</sub> eq |
|---------|---|----------------------------|-----------------|------------------|--------------------|
|         | Energía   | CO <sub>2</sub>            | CH <sub>4</sub> | N <sub>2</sub> O |                    |
| 1.A.2   | <b>Industrias manufactureras y de la construcción</b> | 25.421,1                   | 1,9             | 0                | 25.474,8           |
| 1.A.2.a | Quema de combustibles sector industrial               | 5.320,9                    | 0,1             | 0                | 5.325,8            |
| 1.A.4   | Otros sectores  |                            |                 |                  |                    |
| 1.A.4.a | Quema de combustibles sector comercial                | 3.467,0                    | 0,3             | 0                | 3.475,4            |
| 1.A.4.b | Quema de combustibles sector residencial              | 16.633,2                   | 1,5             | 0                | 16.673,6           |
| 1A3b    | <b>Transporte terrestre</b>                           | 204.145,7                  | 97,2            | 9,4              | 209.109,5          |
| 1A3bi   | Automóviles   | 74.705,0                   | 35,6            | 3,4              | 76.521,4           |
| 1A3bii  | Camiones para servicio ligero                         | 30.327,2                   | 14,4            | 1,4              | 31.064,6           |
| 1A3biii | Camiones para servicio pesado y autobuses             | 84.493,8                   | 40,2            | 3,9              | 86.548,3           |
| 1A3biv  | Motocicletas  | 14.619,8                   | 7,0             | 0,7              | 14.975,2           |
|         | <b>Total sector energía</b>                           | <b>229.566,87</b>          | <b>99,10</b>    | <b>9,47</b>      | <b>234.584,25</b>  |

Fuente: Estimaciones para el municipio de Palmira, Valle del Cauca, año base 2010 (IPCC, 2006).

A partir de los resultados obtenidos sobre las emisiones totales estimadas para el sector energía (Cuadro 12), en la Figura 9, se puede observar la participación porcentual de cada una de las fuentes de emisión incluidas en el presente inventario, en donde la categoría correspondiente a camiones para servicio pesado y autobuses es identificada como la principal

fuente de emisión, con una participación del 37% del total de las emisiones del sector, seguido de la categoría automóviles, con un 33%.

Dentro de la categoría de quema de combustibles por fuentes fijas, se observa que el sector industrial genera el 11% del total de las emisiones estimadas.

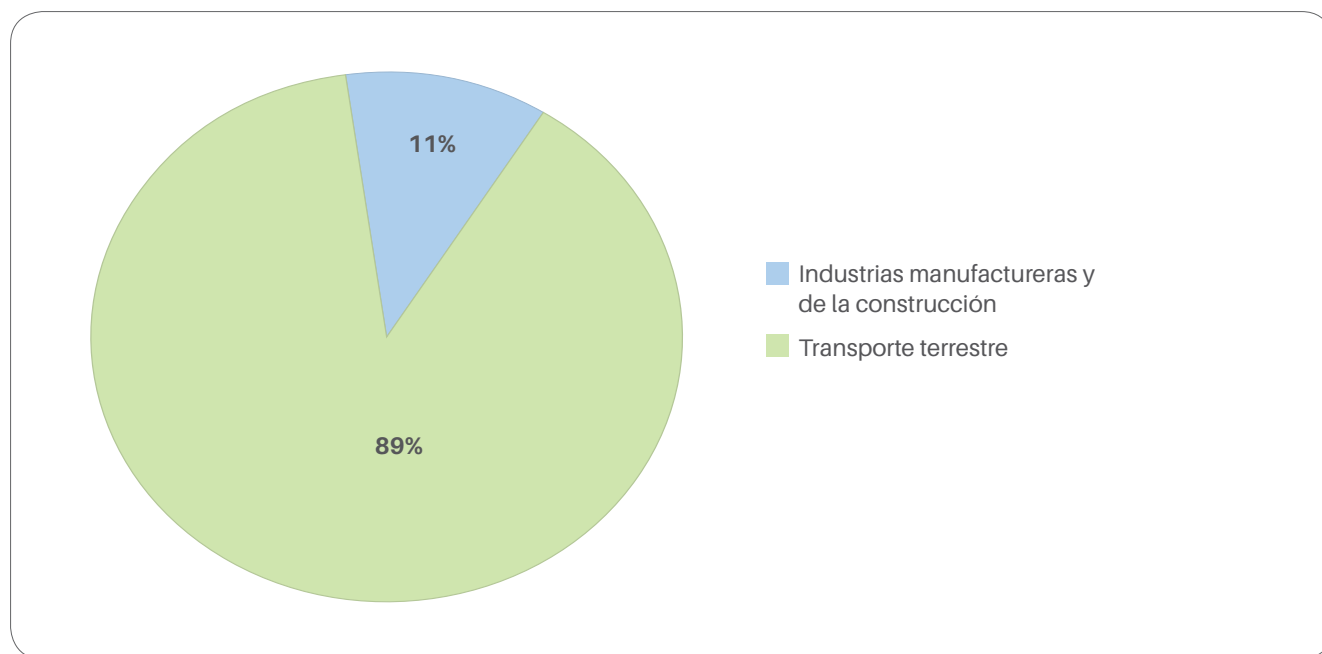


**Figura 9.** Emisiones de CO<sub>2</sub> eq por categoría fuente para el año 2010.

Fuente: Estimaciones para el municipio de Palmira, Valle del Cauca, año base 2010 (IPCC, 2006).

Según los resultados agregados por cada categoría, fuentes fijas y fuentes móviles, se observa que esta última es la principal fuente de emisión del sector energía en el

municipio de Palmira, con una participación del 89% de las emisiones totales (Figura 10).



**Figura 10.** Emisiones de CO<sub>2</sub> eq por categoría para el año 2010.

Fuente: Estimaciones para el municipio de Palmira, Valle del Cauca, año base 2010 (IPCC, 2006).

## Procesos Industriales

Para la estimación de emisiones generadas por este sector, el CIAT hizo la correspondiente solicitud de datos de actividad, tanto al sector privado como al sector público responsable del control y monitoreo de la industria en la región. Como resultado se obtuvo información correspondiente al uso de combustibles fósiles, datos usados para las estimaciones por quema de combustibles del sector energía (según clasificación

IPCC). Respecto a los datos específicos de la transformación de materia prima, no se logró consolidar la información mínima requerida para estimar emisiones de GEI que son incluidas según las directrices IPCC en el sector industrial. En el siguiente cuadro, se resumen los datos que se obtuvieron.

| Fuente de emisión  | Presencia de la industria en la región | Datos consolidados   |
|--|--|--|
| Producción de cemento  | No aplica para la región               |  |
| Producción de cal  | No aplica para la región               |  |
| Producción de vidrio   | No aplica para la región               |  |
| Otros usos de carbonatos en los procesos<br><br>Ladrillos, tejas, tuberías de arcilla vitrificada, productos refractarios, productos de arcilla expandida, azulejos, cerámica para pisos, vajillas, ornamentos cerámicos, sanitarios, cerámicas técnicas y abrasivos inorgánicos | Aplica                                 | Se consolidaron datos de producción de ladrillo, pero no de cifras de carbonatos puros |
| Producción de amoníaco   | No aplica para la región               |  |
| Producción de ácido nítrico  | No aplica para la región               |  |
| Producción de ácido adípico  | No aplica para la región               |  |
| Producción de caprolactama, glioxal y ácido glioxílico   | No aplica para la región               |  |
| Producción de carburo  | No aplica para la región               |  |
| Producción de dióxido de titanio   | No aplica para la región               |  |
| Producción de ceniza de sosa   | No aplica para la región               |  |
| Producción de petroquímica y negro de humo   | No aplica para la región               |  |
| Producción de hierro y acero y de coque metalúrgico  | No aplica para la región               |  |
| Producción de ferroaleaciones  | No aplica para la región               |  |
| Producción primaria de aluminio  | No aplica para la región               |  |
| Producción de magnesio   | No aplica para la región               |  |
| Producción de plomo  | No aplica para la región               |  |
| Producción de cinc   | No aplica para la región               |  |
| Lubricantes  | Aplica                                 | No se consolidaron datos   |
| Ceras  | Aplica                                 | No se consolidaron datos   |
| Producción y uso de asfalto  | Aplica                                 | No se consolidaron datos   |
| Uso de solventes   | Aplica                                 | No se consolidaron datos   |
| Refrigeración, aire acondicionado, agentes espumantes, protección contra incendios, aerosoles y solventes  | No aplica para la región               |  |

## Módulo Agricultura

**Cuadro 13.** Fuentes de emisión sector AFOLU.

| 3 AFOLU   | Estado de avance |
|---|------------------|
| <b>3A: Ganadería</b>  |                  |
| 3A1: Fermentación entérica  | EC               |
| 3A2: Gestión de estiércol   | EC               |
| <b>3B: Tierra</b>   |                  |
| 3B1: Tierras forestales   | EC               |
| 3B2: Tierras de cultivo   | EC               |
| 3B3: Pasturas   | EC               |
| 3B4: Humedales  | EC               |
| 3B5: Asentamientos  | EC               |
| 3B6: Otras tierras  | EC               |
| <b>3C: Fuentes agregadas y emisiones de no CO<sub>2</sub> provenientes de la tierra</b> |                  |
| 3C1: Quema de biomasa   | EC               |
| 3C2: Encalado   | II               |
| 3C3: Aplicación de urea   | II               |
| 3C4: Emisiones directas de N <sub>2</sub> O de suelos gestionados                       | EC               |
| 3C5: Emisiones indirectas de N <sub>2</sub> O de suelos gestionados                     | EC               |
| 3C6: Emisiones indirectas de N <sub>2</sub> O de gestión de estiércol                   | EC               |
| 3C7: Cultivo del arroz  | NA               |

Fuente: Estimaciones para el municipio de Palmira, Valle del Cauca año base 2010 (IPCC, 2006).

NA = No aplica: Son actividades que no se desarrollan en el municipio.

II = Información insuficiente: No se contó con el mínimo de información de datos de la actividad que permiten estimar emisiones de GEI con nivel 1 de IPCC 2006.

EC = Emisión calculada: Actividad que se desarrolla en la región y que contó con la información suficiente para estimar las emisiones de GEI generadas.

Características tales como abundancia de agua y suelos fértiles le han permitido al municipio de Palmira sobresalir como centro agrícola; se podían encontrar productos como caña de azúcar, tabaco, café, arroz, papa y plátano, entre otros (Alcaldía Municipal de Palmira, 2014).

El Ingenio Manuelita, dedicado a la producción de azúcar, permitió el paso de una diversidad de cultivos que se presentaban en el municipio a la introducción del monocultivo. Los demás cultivos han sido relegados a una mínima porción de la zona plana y montañosa, mientras que la siembra de la caña de azúcar se ha implementado en la mayor proporción de la zona plana del municipio

### Ganadería

Los GEI provenientes de las actividades ganaderas contemplan emisiones de metano provenientes de la fermentación entérica<sup>5</sup> y la gestión del estiércol; y emisiones directas de óxido nitroso de los sistemas de gestión de estiércol, provenientes de los sistemas de producción pecuaria del municipio de Palmira para el año 2010, para las especies pecuarias, las cuales se dividen en ganado de leche y otro ganado bovino, búfalos, ovejas, caballos, mulas, asnos, porcinos mayores de 6 meses, porcinos menores de 6 meses, aves ponedoras y pollo de engorde; el número de población de cada especie ganadera se describe en el Cuadro 14. Los datos de actividad para este cálculo provinieron del Anuario Estadístico del municipio de Palmira para el año 2010.

La población correspondiente a pollo de engorde se ajustó de acuerdo con la ecuación 10.1 (IPCC, 2006, Vol. 4, Cap. 10), debido a que esta población tiene un ciclo de vida menor a 365 días, lo cual es necesario ajustar de acuerdo con el ciclo nacional, el cual es propuesto por la federación nacional de avicultores y corresponde a 52 días. Para el resto de las especie se calcularon emisiones con las poblaciones registradas en el anuario estadístico.

**Cuadro 14.** Población de diferentes especies ganaderas registradas, Palmira, año 2010.

| Especie Doméstica (t) | Número de animales registrados |
|-----------------------|--------------------------------|
| Ganado de leche       | 12.534                         |
| Otro ganado bovino    | 11.055                         |
| Búfalos               | 12                             |
| Ovejas                | 360                            |
| Caballos              | 1.850                          |
| Mulas y asnos         | 180                            |
| Porcinos < 6 meses    | 100.765                        |
| Porcinos > 6 meses    | 6.135                          |
| Aves ponedoras        | 291.000                        |
| Pollo de engorde      | 694.521                        |
| Conejos               | 1.020                          |

Fuente: Alcaldía Municipal de Palmira (2010).

### Emisiones de metano por fermentación entérica

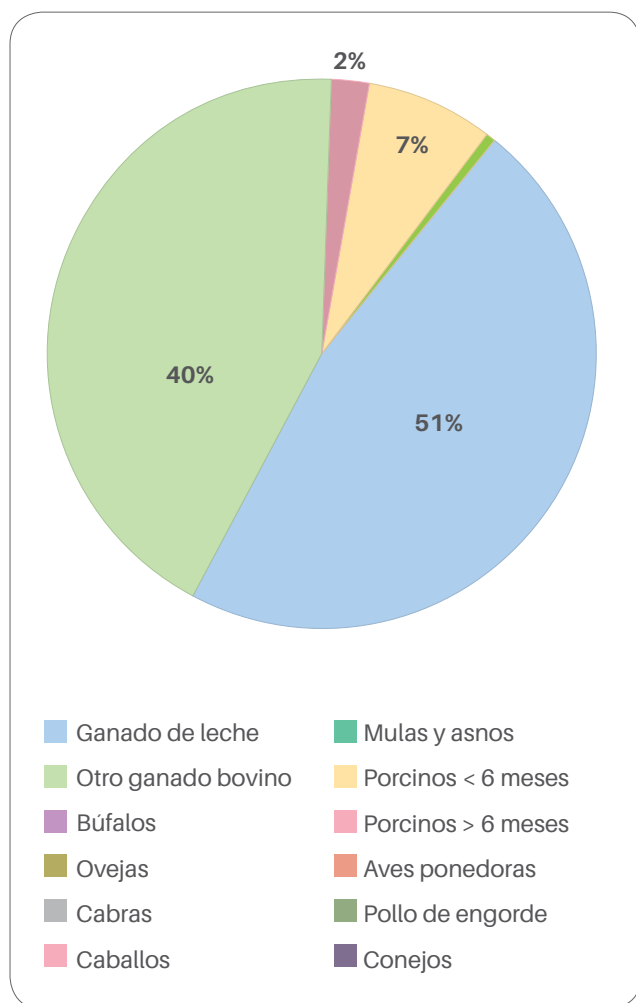
Para el año 2010 se cuantificaron provenientes de la fermentación entérica, 1.553 t de metano (1.55 Gg), correspondientes a 32.613 t de CO<sub>2</sub> eq, emisiones provenientes de las especies pecuarias de bovinos, búfalos, ovejas, caballos, mulas, asnos y porcinos.

Para el año 2010, los bovinos tuvieron una participación del 90,7% del total de las emisiones de metano del municipio por fermentación entérica, dentro de las cuales el ganado de leche emitió el 50,8% y otro ganado bovino el 39,8%, correspondientes a 789 y 618 t de CH<sub>4</sub>, respectivamente. La población porcina, con una población bastante considerable de 106.900 animales, registró el 7% del total de las emisiones correspondiente a 107 t de CH<sub>4</sub>, seguido de la población equina, con una participación del 2,14%.

<sup>5</sup> Fermentación entérica: Proceso digestivo por medio del cual los microorganismos descomponen los carbohidratos en moléculas simples para la absorción hacia el torrente sanguíneo de un animal. Durante este proceso se producen grandes cantidades de emisiones de metano, proveniente de las bacterias metanogénicas.



En la Figura 11, se aprecia el porcentaje de participación de emisiones de metano por fermentación entérica de las diferentes especies pecuarias registradas para el municipio de Palmira para el año 2010.



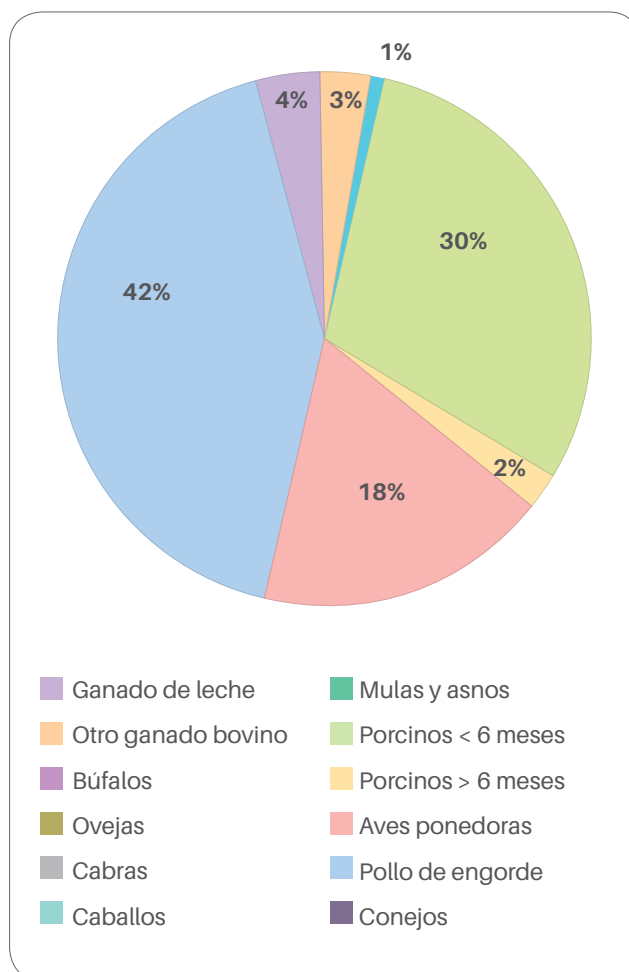
**Figura 11.** Porcentaje de participación de emisiones de  $\text{CH}_4$  por fermentación entérica de diferentes especies ganaderas, Palmira, 2010 (IPCC, 2006).

### Emisiones de metano por gestión de estiércol

Las emisiones de  $\text{CH}_4$  provenientes de la gestión de estiércol para el año 2010, se cuantificaron en 331 t de metano, correspondientes a 6.951 t de  $\text{CO}_2$  eq. Dadas las características municipales, que cuenta con poblaciones importantes de aves y porcinos, se registraron emisiones por parte de los sistemas avícolas del 59%, de los cuales las aves ponedoras tuvieron una

participación del 17,6% y las aves de engorde del 42%, correspondiente a 58 y 139 t de  $\text{CH}_4$  respectivamente. Otro sistema pecuario con participaciones significativas de metano son los porcinos, de los cuales se cuantificaron emisiones correspondientes al 32%, lo que equivale a 107 t de metano. La población bovina registrada, presentó emisiones del 7,1%, que corresponden a 13,6 t de metano; las poblaciones pecuarias restantes presentaron emisiones no significativas del 5% restante del total de metano emitido por la gestión del estiércol.

En la Figura 12, se pueden apreciar los porcentajes de participación de todas las especies pecuarias censadas para el municipio de Palmira en el año base 2010.



**Figura 12.** Porcentaje de participación de emisiones de  $\text{CH}_4$  por gestión de estiércol de diferentes especies ganaderas, Palmira, 2010 (IPCC, 2006).

## Emisiones directas de óxido nitroso por gestión de estiércol

La cuantificación de óxido nitroso por gestión de estiércol contempló la utilización de cuatro sistemas de gestión de estiércol que corresponde a: pasturas (para bovinos, equinos, búfalos, ovejas, mulares y asnares), corral de engorde (principalmente para porcinos), manejo de sólidos (principalmente para aves y conejos)

y elaboración de abonos orgánicos, en el Cuadro 15, podemos observar los porcentajes de cada sistema de gestión de estiércol para cada especie pecuaria utilizados en este estudio para el cálculo de las emisiones directas de óxido nitroso por la gestión de estiércol.

**Cuadro 15.** Utilización de diferentes sistemas de gestión de estiércol. Palmira, año 2010.

| Especie doméstica (t) | Sistemas de gestión de estiércol (%) |                   |                   |                               |               |
|-----------------------|--------------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------------------|---------------|
|                       | Pasturas                             | Corral de engorde | Manejo de sólidos | Elaboración de abono orgánico | Cama profunda |
| Ganado de leche       | 100                                  | -                 | -                 | -                             | -             |
| Otro ganado bovino    | 100                                  | -                 | -                 | -                             | -             |
| Búfalos               | 100                                  | -                 | -                 | -                             | -             |
| Ovejas                | 100                                  | -                 | -                 | -                             | -             |
| Cabras                | 100                                  | -                 | -                 | -                             | -             |
| Caballos              | 100                                  | -                 | -                 | -                             | -             |
| Mulas y asnos         | 100                                  | -                 | -                 | -                             | -             |
| Porcinos < 6 meses    | -                                    | 80                | -                 | -                             | 20            |
| Porcinos > 6 meses    | -                                    | 80                | -                 | -                             | 20            |
| Aves ponedoras        | -                                    | -                 | 80                | 20                            | -             |
| Pollo de engorde      | -                                    | -                 | 80                | 20                            | -             |
| Conejos               | -                                    | -                 | 80                | 20                            | -             |

Fuente: IPCC (2006).

La tasa de excreción diaria de nitrógeno por parte de cada animal estándar de cada categoría, es indispensable para conocer las emisiones totales de  $N_2O$ . Para obtener este dato se considera un peso promedio por cada animal tipo: para ganado lechero 520 kg, para otro ganado bovino 395 kg, búfalos 380, ovejas 28 kg, cabras 30 kg, equinos 238 kg, mulas y asnos 130 kg, aves ponedoras 1,8 kg y conejos 1,6 kg.

Los anteriores pesos se tomaron de las guías IPCC, 2006 (Vol. 4, Cap. 10, Cuadros 10A1-10A-9), excepto los pesos de bovinos, que se calcularon bajo estándares de la ganadería nacional. En el Cuadro 16, se pueden observar los pesos típicos y la tasa de excreción de nitrógeno para cada animal tipo.

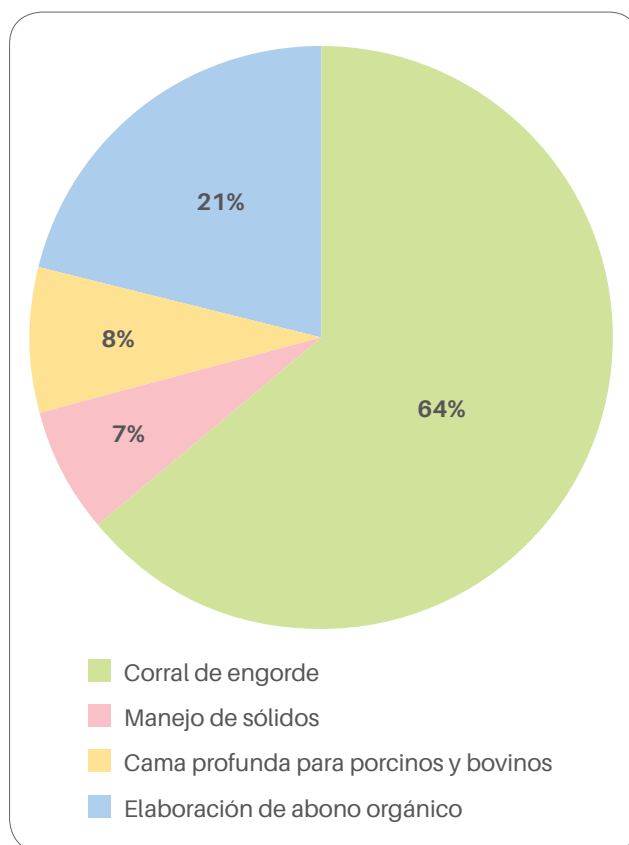
**Cuadro 16.** Tasa de excreción de nitrógeno y peso tipo para especies domésticas registradas, municipio de Palmira.

| Especie doméstica (t)  | N tasa (t)<br>(en kg/día) | TAM (t)<br>(en kg) |
|------------------------|---------------------------|--------------------|
| Ganado bovino de leche | 0,48                      | 520                |
| Otro ganado de leche   | 0,36                      | 380                |
| Búfalos                | 0,32                      | 380                |
| Ovejas                 | 1,17                      | 28                 |
| Cabras                 | 1,37                      | 30                 |
| Caballos               | 0,46                      | 238                |
| Mulas y asnos          | 0,46                      | 130                |
| Porcinos < 6 meses     | 1,57                      | 28                 |
| Porcinos > 6 meses     | 0,55                      | 90                 |
| Aves ponedoras         | 0,82                      | 1,8                |
| Pollo de engorde       | 1,1                       | 2,16               |
| Conejos                | 8,1                       | 1,6                |

Fuente: IPCC (2006).

De acuerdo con la metodología utilizada, se obtuvieron emisiones directas de  $N_2O$  por gestión de estiércol para Palmira, de los diferentes sistemas, un total de 47,9 t de  $N_2O$ , correspondientes a 21.103 t de  $CO_2$  equivalente.

El principal sistema aportante a esta categoría es el de corral de engorde con emisiones calculadas en 43,4 t de  $N_2O$ . Recordemos que este porcentaje es lógico, ya que la población porcina para el municipio de Palmira es de aproximadamente 100.000 animales. De acuerdo con el Anuario Estadístico, el municipio aporta el 24% del inventario porcino del departamento del Valle del Cauca. Este sistema emite el 63,81% del total de las emisiones directas de óxido nitroso por la gestión del estiércol. El segundo Sistema de gestión de estiércol (SGE), en importancia de participación por emisiones es el de elaboración de abono orgánico, con una participación del 21,1%, correspondiente a 14,4 t de  $CO_2$  eq. Finalmente, los SGE de manejo de sólidos y camas profundas aportan el 14% restante de las emisiones directas de óxido nitroso por gestión de estiércol (ver Figura 13).



**Figura 13.** Porcentaje de participación de emisiones directas de  $N_2O$  por gestión de estiércol, municipio de Palmira, 2010 (IPCC, 2006).

### Resultados - Sector ganadería

Las emisiones del sector de ganadería, para el municipio de Palmira del año 2010, se cuantificaron en total 60.669 t de  $CO_2$  equivalente, correspondientes a 1.553 t de metano proveniente de la fermentación entérica, 330 t de metano provenientes de la gestión del estiércol y 68 t de óxido nitroso provenientes de emisiones directas de la gestión del estiércol.

La fermentación entérica es el principal aportante dentro del sector de ganadería con emisiones calculadas en 32.616 t de  $CO_2$  eq, seguida de las emisiones directas de  $N_2O$  por gestión de estiércol. En la Cuadro 17, se detallan las emisiones totales de actividades ganaderas para el municipio de Palmira del año 2010.

**Cuadro 17.** Resultados emisiones de actividades ganaderas, Palmira, año 2010.

| Sector |   | Emisiones netas de GEI (t) |                  | CO <sub>2</sub> eq |
|--------|---|----------------------------|------------------|--------------------|
| 3      | AFOLU   | CH <sub>4</sub>            | N <sub>2</sub> O |                    |
| 3A     | Ganadería   | 1.884,10                   | 68,08            | 60,669             |
| 3A1i   | Fermentación entérica                                 | 1.553,18                   |                  | 32,617             |
| 3A1ii  | Gestión de estiércol                                  | 330,92                     |                  | 6.949              |
| 3A2    | Directas de N <sub>2</sub> O por gestión de estiércol |                            | 68,08            | 21.103             |

Fuente: Estimaciones para el municipio de Palmira, Valle del Cauca, año base 2010 (IPCC, 2006).

## Tierras

Tierras es el sector que evalúa los posibles cambios de las existencias de carbono que se dan en las diferentes categorías de uso de la tierra que existen en una región determinada. Para esto, el IPCC (2006) divide los usos de la tierra en seis categorías principales, las cuales son diferenciadas en tierras que permanecen y tierras que cambian de una categoría a otra. Asimismo, para cada una de las categorías de permanencia o cambio de la tierra que pueden darse en un territorio, el sector 3B evalúa de forma diferenciada los incrementos (absorciones) y las remociones (emisiones) de las existencias de carbono en tres depósitos principales: biomasa, materia orgánica muerta y suelos.

Las seis categorías de uso de la tierra propuestas por el IPCC (2006) para el análisis del uso y cambio de uso de la tierra son:

- 3B1 Tierras forestales
- 3B2 Tierras de cultivo
- 3B3 Pastizales
- 3B4 Humedales
- 3B5 Asentamientos
- 3B6 Otras Tierras

Es importante mencionar que la posibilidad de integrar y cuantificar el total de las emisiones/absorciones del sector 3B-Tierras, depende en gran medida del nivel (1, 2 o 3) escogido para el análisis, el cual a su vez está condicionado por la disponibilidad y calidad de información que se encuentre para la región en estudio.

El dato de actividad principal que se utiliza para el cálculo de las emisiones/absorciones del sector 3B son las áreas resultantes que se determinan por la permanencia y cambio entre las categorías, que se da como mínimo entre 2 años diferentes (siendo el año  $t_0$  el año inicial y  $t_1$  el año del inventario). Lo anterior pone de manifiesto que el análisis de tierras debe cumplir con una coherente representación de las tierras (IPCC 2006, Vol. 4, Cap. 3), es decir, que la sumatoria de áreas no sobrestime o subestime la superficie total del territorio, y que el área total de la región de análisis se encuentre incluida.

### Metodología tierras

La metodología utilizada está basada en las Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de GEI, específicamente las consignadas en el Volumen 4 correspondiente al módulo de agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra (AFOLU).

El nivel metodológico usado fue el 1, en el cual se utilizan principalmente los valores por defecto suministrados en las directrices del IPCC (2006). La representación coherente de la superficie de la tierra se basa en el método uno, “Superficie total del uso de la tierra, no existen datos de conversión entre los usos de la tierra”, (IPCC 2006, Vol. 4, Cap 3).

Adicionalmente, debido a la información suministrada, solo se incluyó el cálculo de las existencias de carbono para el depósito de biomasa de la siguiente forma:

1. Incremento de las existencias de carbono de tierras forestales que permanecen.
2. Remociones de las existencias de carbono (solo remociones por aprovechamiento forestal) de tierras forestales que permanecen.
3. Remociones de las existencias de carbono (solo remociones por incendios de caña no programada) de cultivos que permanecen.
4. Cambios de tierras forestales a otro tipo de categorías de uso de la tierra (cultivos, pastizales, humedales y asentamientos).

El depósito de materia orgánica muerta solo se calculó para los cambios reportados entre tierras forestales y otras categorías de uso (directriz IPCC 2006), y el depósito suelo fue excluido del análisis por ausencia de información.

### Datos de actividad

Como se observa en el Cuadro 18, la superficie oficial del municipio de Palmira corresponde a 112.300 ha de las cuales su mayor proporción pertenece a tierras forestales, seguida por tierras de cultivos y en tercer lugar los pastizales. La tasa de cambio se calculó a partir del ajuste de la deforestación departamental reportado por el IDEAM y PNUD (2010), y las tendencias de incremento o pérdida para cada una de las categorías de uso de la tierra reportadas para dos períodos de tiempo suministradas por el CIAT. Bajo la aproximación uno dispuesta en las metodologías para la representación

**Cuadro 18.** Superficie de la tierra y tasa anual de cambio del municipio de Palmira.

| Uso de la tierra | Superficie de la tierra de los años de comparación (ha) |                | Tasa de cambio anual (ha/año) |
|------------------|---|----------------|-------------------------------|
|                  | 2007  | 2010           |                               |
| Forestal         | 45.842  | 45.283         | -186                          |
| Cultivos         | 39.237  | 39.649         | 137                           |
| Pastizales       | 24.239  | 24.357         | 40                            |
| Humedales        | 440   | 440            | 0                             |
| Asentamientos    | 2.543   | 2.571          | 9                             |
| <b>Total</b>     | <b>112.301</b>  | <b>112.300</b> | <b>0</b>                      |

coherente de las tierras (IPCC 2006, Vol. 4, Cap. 3), se observa que las tierras forestales presentan una tasa de cambio negativa (pérdida de superficie), mientras que las demás categorías presentan una tasa anual de cambio positiva, siendo mayor la tasa de crecimiento de la superficie de los cultivos.

Debido a que la aproximación metodológica utilizada solo permite evidenciar un balance neto global de los cambios y la dinámica de la tierra, solo fue posible observar cambios netos entre tierras forestales y las otras categorías de la tierra. Las superficies ajustadas y calculadas para el inventario GEI del año 2010 del sector tierras pueden observarse a continuación:

**Cuadro 19.** Superficie de las categorías de cambio evaluadas en el inventario GEI de Palmira.

| Categoría    | Categoría de cambio de uso de la tierra         | Área (ha)      |
|--------------|---|----------------|
| 3B1a         | Tierras forestales que permanecen               | 45.283         |
| 3B2a         | Cultivos que permanecen                         | 39.512         |
| 3B2b         | Tierras forestales convertidas en cultivos      | 137            |
| 3B3a         | Pastizales que permanecen                       | 24.318         |
| 3B3b         | Tierras forestales convertidas pastizales       | 40             |
| 3B4a         | Humedales que permanecen                        | 440            |
| 3B5a         | Asentamientos que permanecen                    | 2.562          |
| 3B5b         | Tierras forestales convertidas en asentamientos | 9              |
| <b>Total</b> |   | <b>112.301</b> |

### Factores de emisión

Siguiendo el orden de la presentación de cada sector calculado, no fue necesario precisar los factores de emisión usados por subcategoría.

#### 3B1a Tierras forestales que permanecen

- Crecimiento promedio anual de la biomasa aérea (Gw):



- » Bosque natural: 0,9 (t ms/ha/año)
- » Bosque plantado: 5 (t ms/ha/año)
- Relación biomasa aérea y subterránea (r):
  - » Bosque natural: 0,27 [t bs ms (t ba ms)<sup>-1</sup>]
  - » Bosque plantado: 0,2 [t bs ms (t ba ms)<sup>-1</sup>]
  - » Para remociones por aprovechamiento: 0,31 [t bs ms (t ba ms)<sup>-1</sup>]
- Fracción de carbono de la materia seca: 0,47 [t c (t ms)<sup>-1</sup>]
  - » Factor de expansión y conversión de la biomasa de volúmenes venables removidos del total de la biomasa removido (incluida la corteza) (bcef): 1,05 [t de biomasa removida (m<sup>3</sup> de remociones)<sup>-1</sup>]

### 3B1a Cultivos que permanecen

- Promedio de la biomasa área afectada por el disturbio (bw): 25,9 (t ms ha<sup>-1</sup>)
- Fracción de carbono de la materia seca: 0,5 [t c (t ms)<sup>-1</sup>]

### 3B2b Tierras forestales que se convierten en cultivos

- Existencias de biomasa antes de la conversión (b<sub>antes</sub>): 168,8 (t ms ha<sup>-1</sup>)
- Existencias de biomasa después de la conversión (b<sub>después</sub>): 25,9 (t ms ha<sup>-1</sup>)
- Fracción de carbono de la materia seca antes de la conversión: 0,47 [t c (t ms)<sup>-1</sup>]
- Fracción de carbono de la materia seca después de la conversión: 0,5 [t c (t ms)<sup>-1</sup>]
- Existencias de carbono de madera/hojarasca muerta, bajo la anterior categoría de uso: 2,1 (t c ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>).

### 3B3b Tierras forestales que se convierten en pastizales

- Existencias de biomasa antes de la conversión (b<sub>antes</sub>): 168,8 (t ms ha<sup>-1</sup>)
- Existencias de biomasa después de la conversión (b<sub>después</sub>): 6,8 (t ms ha<sup>-1</sup>)
- Fracción de carbono de la materia seca antes de la conversión: 0,47 [t c (t ms)<sup>-1</sup>]
- Fracción de carbono de la materia seca después de la conversión: 0,5 [t c (t ms)<sup>-1</sup>]

- Existencias de carbono de madera/hojarasca muerta, bajo la anterior categoría de uso: 2,1 (t c ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>)

### 3B4b Tierras forestales que se convierten en humedales

- Existencias de biomasa antes de la conversión (b<sub>antes</sub>): 168,8 (t ms ha<sup>-1</sup>)
- Existencias de biomasa después de la conversión (b<sub>después</sub>): 0 (t ms ha<sup>-1</sup>)
- Fracción de carbono de la materia seca antes de la conversión: 0,47 [t c (t ms)<sup>-1</sup>]
- Fracción de carbono de la materia seca después de la conversión: 0,5 [t c (t ms)<sup>-1</sup>]
- Existencias de carbono de madera/hojarasca muerta, bajo la anterior categoría de uso: 2,1 (t c ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>)

### 3B5b Tierras forestales que se convierten en asentamientos

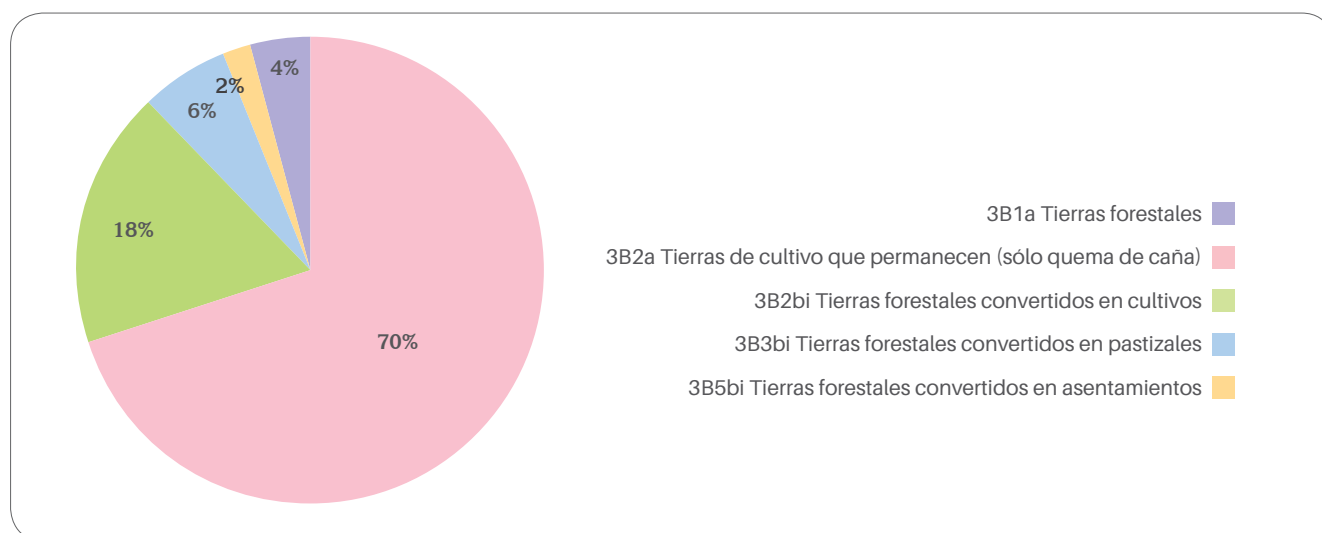
- Existencias de biomasa antes de la conversión (b<sub>antes</sub>): 168,8 (t ms ha<sup>-1</sup>)
- Existencias de biomasa después de la conversión (b<sub>después</sub>): 0 (t ms ha<sup>-1</sup>)
- Fracción de carbono de la materia seca antes de la conversión: 0,47 [t c (ton ms)<sup>-1</sup>]
- Fracción de carbono de la materia seca después de la conversión: 0,5 [t c (t ms)<sup>-1</sup>]
- Existencias de carbono de madera/hojarasca muerta, bajo la anterior categoría de uso: 2,1 (t c ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>)

## Resultados - Tierras

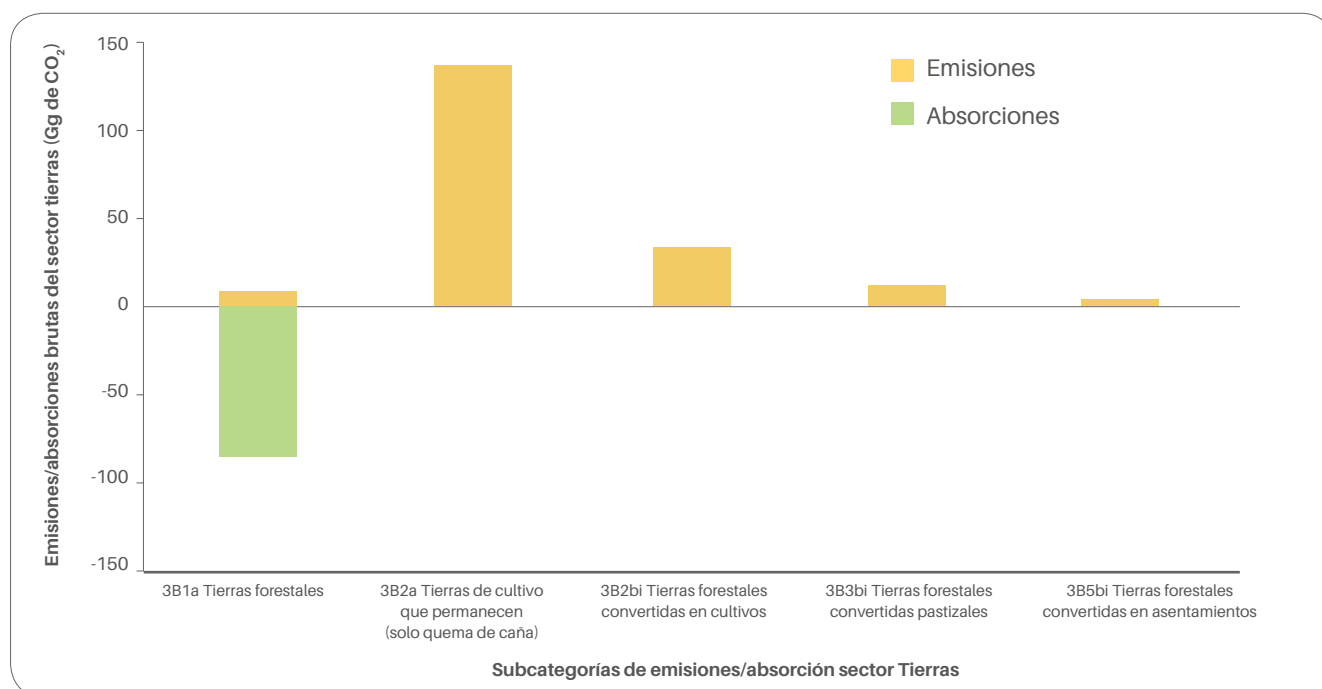
Para el módulo tierras, se calcularon unas emisiones brutas de 187.797 t de CO<sub>2</sub>, unas absorciones brutas de 90.226 t de CO<sub>2</sub> para un balance neto positivo de 97.570 t de CO<sub>2</sub>. Si se analizan solo las emisiones brutas, el mayor porcentaje (70%) corresponde a las encontradas en las tierras de cultivo que permanece asociado a los disturbios por quema de caña no programada, seguidas por el cambio de tierras forestales que se convierten en cultivos (Figura 14).

Las emisiones/absorciones calculadas para la subcategoría del sector 3B Tierras puede observarse en la Figura 15. La categoría 3B1a de tierras forestales que permanecen presenta un balance neto de -23 Gg C (-83.180 t de CO<sub>2</sub>), lo cual evidencia el importante papel regulador de las tierras forestales. Sin embargo, las remociones debido a aprovechamiento forestal se calcularon a partir de la extrapolación de los valores de aprovechamiento forestal publicados en el Boletín Forestal para la CVS (IDEAM, 2011), cuyo valor obtenido fue de 2.968,80 m<sup>3</sup>.

Los valores de crecimiento promedio anual de la biomasa aérea (Gw) se tomaron de las directrices del IPCC (2006), los cuales pueden presentar una alta incertidumbre, que hace que este cálculo deba ser tomado tan solo como un indicador. Por lo tanto, es recomendable generar estudios puntuales que permitan determinar una tasa de crecimiento más aproximada para las tierras forestales de Palmira.



**Figura 14.** Porcentaje de participación de emisiones brutas para uso y cambio de uso de la tierra, Palmira, 2010 (IPCC, 2006).



**Figura 15.** Emisiones/absorciones del sector 3B Tierras.

Para la categoría 3B2a Cultivos que permanecen, solo se cuantificaron las remociones por disturbios asociados a las áreas de quema no programada para el cultivo de la caña, las cuales representan la mayor proporción de las emisiones encontradas para todas las categorías incluidas en tierras (132.137 t de CO<sub>2</sub>). Es importante indagar sobre el estado de estas tierras, una vez sucede la quema no programada, debido a que si el terreno es recuperado de forma inmediata sembrando algún tipo de cultivo que recupere parte o la totalidad de la biomasa perdida, este valor puede ser incluso descontado de la cuenta final.

Las emisiones calculadas para la categoría 3B2b Tierras forestales que se convierten en cultivos son de 35.550 t de CO<sub>2</sub>. Estas emisiones corresponden a la proporción más alta (137 ha/año) de la tasa de deforestación total calculada para el municipio de Palmira. La categoría 3B3b Tierras forestales que se convierten en Pastizales presentó una emisión de 11.319 t de CO<sub>2</sub>, correspondiente a una tasa anual de 40 ha/año, siendo el segundo en importancia la deforestación identificada para este municipio. El área con menor deforestación fue la correspondiente a la categoría 3B5b Tierras forestales convertida en asentamientos (9 ha/año), la cual permitió calcular unas emisiones de 2.749 t de CO<sub>2</sub> (Cuadro 20).

**Cuadro 20.** Emisiones/absorciones del sector 3B Tierras.

| Sector    |   | Emisiones de GEI (t) |
|-----------|---|----------------------|
|           |   | CO <sub>2</sub>      |
| <b>3B</b> | <b>Tierras</b>                                  | <b>97.571</b>        |
| 3B1a      | Tierras forestales                              | - 83.183             |
| 3B2a      | Tierras de cultivo que permanecen               | 132.137              |
| 3B2bi     | Tierras forestales convertidas en cultivos      | 34.549               |
| 3B3bi     | Tierras forestales convertidos en pastizales    | 11.319               |
| 3B5bi     | Tierras forestales convertidos en asentamientos | 2.749                |

Fuente: Estimaciones para el municipio de Palmira, Valle del Cauca, año base 2010 (IPCC, 2006).

## Fuentes agregadas

Para el municipio de Palmira, se cuantificaron emisiones del módulo de fuentes agregadas y de emisiones no CO<sub>2</sub> de la tierra para las siguientes categorías:

- Emisiones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O por quema de biomasa (caña de azúcar)
- Emisiones directas de N<sub>2</sub>O por suelos gestionados
- Emisiones indirectas de N<sub>2</sub>O por suelos gestionados
- Emisiones indirectas de N<sub>2</sub>O por gestión de estiércol

## Emisiones de gases No-CO<sub>2</sub> por quema de biomasa.

Solo se calcularon las emisiones de gases No-CO<sub>2</sub> debido a la quema de biomasa por quema de caña, principalmente las emisiones de metano y óxido nitroso, basada en la ecuación 2.27 de las guías IPCC 2006 (Cap. 2, Vol. 4).

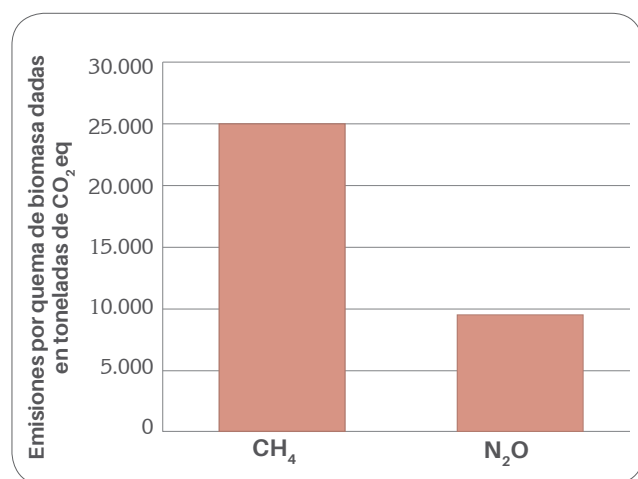
Las áreas reportadas por quema programada y no programada de caña de azúcar para el municipio de Palmira son de 13.247,86 ha por año.

Los factores de emisión usados para el cálculo de la categoría 3C1 se muestran a continuación:

**Cuadro 21.** Valores de factores de emisión para quema de caña de azúcar, municipio de Palmira, 2010.

| Variable  | Código de la variable | Unidad                | Valor                                  |
|---|-----------------------|-----------------------|--|
| Masa de combustible disponible para la combustión | M <sub>B</sub>        | (t ha <sup>-1</sup> ) | 25,9                                   |
| Factor de combustión                              | C <sub>f</sub>        | Adimensional          | 0,8                                    |
| Factor de emisión                                 | G <sub>ef</sub>       | CH <sub>4</sub>       | [g GEI (kg/ms quemada) <sup>-1</sup> ] |
|   |                       | N <sub>2</sub> O      | 0,07                                   |

Las emisiones de gases No- $\text{CO}_2$  debido a la quema de biomasa son de 741,14 t de  $\text{CH}_4$  y de 19,21 t de  $\text{N}_2\text{O}$ , las cuales corresponden a 21.520 t de  $\text{CO}_2$  eq, correspondientes a la cuantificación de quemadas de caña de azúcar programadas y no programadas. Se recibió información de un total de 13.247 ha quemadas, dentro de las cuales 10.467 corresponden a quemadas programadas y 2.780 a quemadas no programadas.



**Figura 16.** Emisiones de metano y óxido nítrico provenientes de la quema de caña de azúcar, Palmira, 2010 (IPCC, 2006).

### Emisiones directas de óxido nítrico por suelos gestionados

Para calcular las emisiones directas de  $\text{N}_2\text{O}$  en suelos gestionados, es importante conocer todas las entradas de nitrógeno, tanto sintético como orgánico, que entra al sistema. Dicho nitrógeno proviene principalmente de fertilizantes sintéticos nitrogenados, fertilizantes orgánicos nitrogenados, nitrógeno proveniente de residuos de cultivo (aéreos y subterráneos), histosoles y nitrógeno depositado en las pasturas por heces y orina de animales en pastoreo.

El dato de actividad correspondiente a fertilizantes sintéticos nitrogenados se obtuvo por medio de una aproximación de requerimientos de macronutrientes en los cultivos representativos del municipio. Esta aproximación fue necesario ejecutarla, puesto que no se contó con el dato específico de uso de fertilizantes nitrogenados a la escala del municipio de Palmira. Bajo este supuesto, los cultivos de caña de azúcar (172 kg/a por año), maíz (162 kg/ha por año), cebolla

larga (75 kg/ha por año) y tomate (450 kg/ha por año), sirvieron de referencia basados en los requerimientos de nitrógeno por hectárea, específicamente para la temporalidad específica (año 2010), tomando como base las áreas registradas en el anuario estadístico correspondiente a hectáreas cosechadas. Combinando estas dos variables, fue posible obtener un dato lógico de utilización de nitrógeno proveniente de fertilizantes nitrogenados de origen sintético, calculado en 5.850.000 kg de N año 2010.

Para el nitrógeno proveniente de origen orgánico, tal como ocurrió con el de origen sintético, no se obtuvo el dato de actividad oficial del municipio. Para cuantificar esta entrada al sistema, se optó por recopilar todo el nitrógeno producido por los sistemas de gestión de corral de engorde, manejo de sólidos, lagunas anaeróbicas, camas profundas y elaboración de abono orgánico de los diferentes sistemas pecuarios cuantificados anteriormente. Esto nos lleva a tener un orden lógico de diferentes actividades pecuarias propias de Palmira que produzcan nitrógeno como subproductos (heces y orina). Con base en esta estrategia, se cuantificaron 19.190 kg de N de origen orgánico, disponible para diferentes usos agrícolas.

El nitrógeno proveniente de residuos de cultivo, tanto aéreos como subterráneos, se calculó con la ecuación 11.7a de la versión corregida del IPCC (año 2014, versión en inglés), para los cultivos de maíz, caña de azúcar, cebolla larga y tomate. Estos cultivos fueron escogidos porque se contaba con estadísticas municipales, tanto de áreas cosechadas como rendimientos, específicamente del municipio de Palmira, provenientes del anuario estadístico y, a su vez, eran homologables con diferentes variables estipuladas en el Cuadro 11.3 de las Guías IPCC 2006 (Vol. 4, Cap. 11). Como mayor aportante de nitrógeno proveniente de residuos de cultivo, tenemos a la caña de azúcar, con el 99% del nitrógeno, principalmente por dos razones: la primera, el área cosechada registrada para el año 2010 fue de 33.050 ha; y segundo, el rendimiento registrado fue de 118 t/ha, cifras obtenidas del Anuario Estadístico de Palmira. Para el año 2010, se cuantificaron 10.641.000 kg de N provenientes de residuos aéreos y subterráneos.

Para el contenido de nitrógeno proveniente de los suelos orgánicos (histosoles), se contó con información

municipal de las áreas de suelos orgánicos gestionados, provenientes del CIAT. Estas áreas fueron: 432,4 ha para pasto cultivados y 6,59 ha para cultivos asociados. Recordemos que estas áreas provienen del total de suelos orgánicos que se interceptan con suelos gestionados (suelos con intervención humana) (ver Cuadro 22). Se cuantificaron 5.519 kg de N<sub>2</sub>O producidos por este dato de actividad.

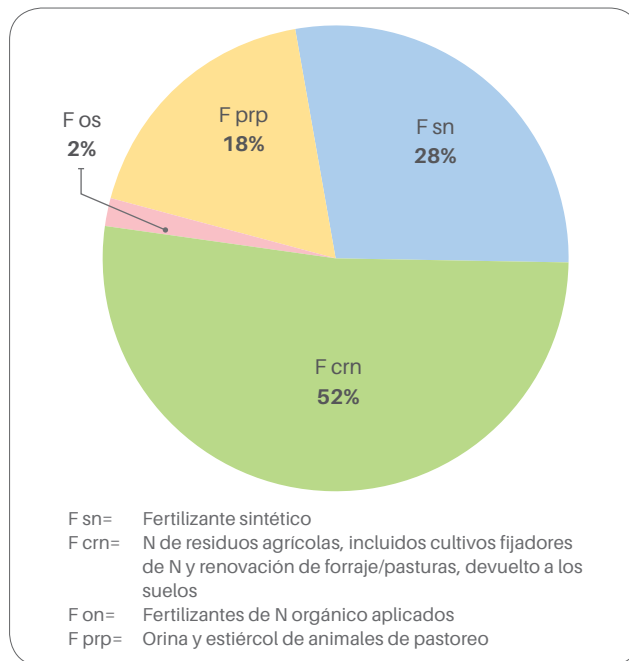
**Cuadro 22.** Área total de histosoles en el municipio de Palmira.

| Cobertura Palmira                         | Área (ha) |
|---|-----------|
| Arbustal y matorral denso de tierra firme | 1.407,44  |
| Áreas naturales desnudas                  | 3,2       |
| Bosque natural denso de tierra firme      | 2.084,49  |
| Cultivos asociados                        | 6,59      |
| Estanques artificiales                    | 130,34    |
| Herbazal natural abierto mesófilo         | 5.901,5   |
| Pasto cultivado                           | 432,44    |
| Total                                     | 9.966,03  |

El nitrógeno proveniente de las excretas sólidas y líquidas de animales en pastoreo (bovinos, bufalinos, equinos, ovinos, mulares y asnares) se cuantificó para el año 2010 en 1.812.764 kg de N. Este sistema de gestión de estiércol es de gran importancia, ya que se asume que el 100% de todos los animales que pastorean depositan sus excretas directamente en la pastura.

Como resultado de toda la dinámica de las diferentes entradas de nitrógeno al sistema, para el año 2010, se cuantificaron un total de 321 t de N<sub>2</sub>O provenientes de emisiones directas por suelos gestionados, correspondientes a 99.777 t de CO<sub>2</sub> eq. Los residuos de cultivos aéreos y subterráneos aportaron el 52% del total de las emisiones, con 167,2 t de N<sub>2</sub>O, principalmente como se nombró con anterioridad, por las áreas y por el contenido de biomasa por hectárea. Los fertilizantes nitrogenados de origen sintético aportaron 92 t de N<sub>2</sub>O, correspondiente al 28%; los animales en pastoreo aportaron 57 t de N<sub>2</sub>O, correspondiente al 18% de las emisiones totales directas de óxido nitroso; y finalmente el 2% restante proviene principalmente de fuentes nitrogenadas de origen orgánico.

En la Figura 17, se detallan los porcentajes de participación de diferentes entradas de nitrógeno al sistema en los aportes de emisiones directas de N<sub>2</sub>O cuantificadas para el municipio de Palmira, año base 2010.



**Figura 17.** Porcentaje de participación de emisiones directas de N<sub>2</sub>O por suelos gestionados, Palmira, 2010 (IPCC, 2006).

### Emisiones indirectas de óxido nitroso por suelos gestionados

Las emisiones indirectas de N<sub>2</sub>O por suelos gestionados llevan a la cuantificación de la volatilización del nitrógeno de suelos gestionados y la lixiviación de los mismos.

Para cuantificar la volatilización, se tienen en cuenta los aportes de nitrógeno provenientes de fuentes sintéticas, orgánicas y las entradas por excretas sólidas y líquidas de animales en pastoreo. Para el año 2010, se cuantificaron un total de 14,9 t de N<sub>2</sub>O proveniente de suelos gestionados, donde el mayor aportante corresponde a los fertilizantes sintéticos nitrogenados, con un 62%; seguido del nitrógeno de animales en pastoreo, con un aporte del 38% y una fracción no significativa de fuentes nitrogenadas de origen orgánico.



Para las emisiones indirectas provenientes de la lixiviación, se calcularon 64,7 t de  $N_2O$  de suelos gestionados, que corresponden a 20.077 t de  $CO_2$  eq; provenientes principalmente del nitrógeno depositado por residuos de cultivo, con un 58% correspondiente a 37,6 t de  $N_2O$ . La segunda fuente aportante en magnitud de  $N_2O$  lixiviado corresponde a los fertilizantes nitrogenados sintéticos, con un 31% de aporte al total, seguido del nitrógeno depositado en pasturas por animales en pastoreo.

En total, se calcularon 79,7 t de  $N_2O$  producidos por suelos gestionados de manera indirecta (volatilización y lixiviación), correspondientes a 24.707 t de  $CO_2$  eq. La principal fuente de emisiones indirectas de  $N_2O$  de suelos gestionados corresponde a  $N_2O$ , que se lixivia con un 82% de aporte del total de las emisiones.

### Emisiones indirectas de óxido nitroso por gestión de estiércol

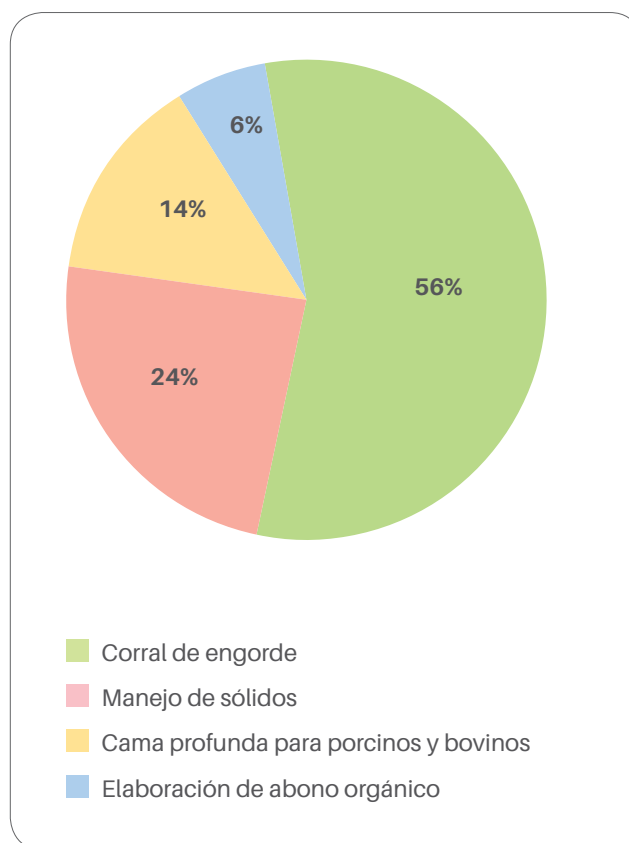
La cuantificación de las emisiones indirectas de  $N_2O$  por la gestión de estiércol contemplan la cantidad de óxido nitroso que se volatiliza por cada sistema de gestión; para este caso, se tuvieron en cuenta los mismos sistemas de gestión que la categoría de las emisiones directas de SGE, correspondientes a corrales de engorde, manejo de sólidos y elaboración de abonos orgánicos.

En la Figura 18, se pueden observar los porcentajes de aporte de cada SGE dentro de las emisiones indirectas de  $N_2O$ . Sobresalen principalmente tres sistemas con emisiones importantes: corral de engorde, aportando el 55.5% de las emisiones; seguido de manejo de sólidos con el 24.4%; y cama profunda para porcinos y bovinos, con el 13.8% de las emisiones calculadas.

En total, se calcularon 15,6 t provenientes de emisiones indirectas por los SGE, que corresponden a 4.850 t de  $CO_2$  eq. En la Figura 18, se pueden apreciar los porcentajes de participación de cada SGE para las emisiones indirectas de  $N_2O$ .

### Resultados - Sector fuentes agregadas

Las emisiones cuantificadas para el módulo de fuentes agregadas y emisiones no  $CO_2$  provenientes de la tierra



**Figura 18.** Porcentaje de participación de emisiones indirectas de  $N_2O$  por gestión de estiércol, Palmira, 2010 (IPCC, 2006).

se cuantificaron en 150.854 t de  $CO_2$  equivalente, dentro de las cuales las emisiones directas de óxido nitroso por suelos gestionados fue el mayor contribuyente, con el 66% de las emisiones totales del módulo, correspondientes a 99.777 t, seguido de las emisiones generadas por la volatilización de óxido nitroso de los sistemas de gestión de estiércol, aportaron el 16% correspondiente a 24.707 toneladas de  $CO_2$  eq, as emisiones totales de metano y óxido nitroso provenientes de la quema de biomasa con emisiones se calcularon en 21.520 toneladas de  $CO_2$  eq, correspondientes al 14.2% de las emisiones totales, las emisiones y el 3% restante, corresponde a emisiones indirectas de óxido nitroso de gestión de estiércol.

El Cuadro 23 presenta los consolidados de las emisiones del módulo de fuentes agregadas, calculado para Palmira en el año 2010 bajo la metodología del IPCC, 2006.

**Cuadro 23.** Emisiones totales del sector de fuentes agregadas.

| Sector    |  | Emisiones netas de GEI (t) |                  | CO <sub>2</sub> eq |
|-----------|--|----------------------------|------------------|--------------------|
|           |  | CH <sub>4</sub>            | N <sub>2</sub> O |                    |
| <b>3C</b> | <b>Fuentes agregadas</b>   | <b>741,14</b>              | <b>436,42</b>    | <b>150.854</b>     |
| 3C1       | Quema de biomasa   | 741,14                     | 19,21            | 21.520             |
| 3C4       | Emisiones indirectas de N <sub>2</sub> O de suelos gestionados   |                            | 321,86           | 99.777             |
| 3C5       | Emisiones indirectas de N <sub>2</sub> O de suelos gestionados   |                            | 15,64            | 4.850              |
| 3C6       | Emisiones indirectas de N <sub>2</sub> O de gestión de estiércol |                            | 79,70            | 24.707             |

Fuente: Estimaciones para el municipio de Palmira, Valle del Cauca, año base 2010 (IPCC, 2006).

## Módulo Residuos

**Cuadro 24.** Factores de emisión sector residuos.

| Fuente de emisión  | Palmira |           | Observaciones |
|--|---------|-----------|---------------|
|  | Aplica  | No aplica | Responsable   |
| <b>Residuos</b>  |         |           |               |
| <b>Eliminación de desechos sólidos</b>                                     |         |           |               |
| Eliminación de desechos sólidos sitios gestionados y sitios no gestionados | X       |           |               |
| <b>Tratamiento biológico de residuos sólidos</b>                           |         |           |               |
| Tratamiento biológico de residuos sólidos                                  |         | X         |               |
| Incineración e incineración abierta de desechos                            |         | X         |               |
| <b>Tratamiento y eliminación de aguas residuales</b>                       |         |           |               |
| Aguas residuales domésticas  | X       |           |               |
| Aguas residuales industriales  | X       |           |               |

Fuente: Estimaciones para el municipio de Palmira, Valle del Cauca, año base 2010 (IPCC, 2016).

## Generación de residuos sólidos (4A)

### Datos de actividad – Generación de residuos sólidos (4A)

La generación de residuos sólidos para el año 2010 fue un dato suministrado por la empresa de aseo Palmirana de Aseo S.A. E.S.P.

**Cuadro 25.** Cantidad total de residuos sólidos en el municipio de Palmira.

| Variable   | Cantidad <sup>a</sup> | Fuente                        |
|--|-----------------------|-------------------------------|
| Total anual de residuos sólidos dispuestos en tierra | 68.999 t              | Palmirana de Aseo S.A. E.S.P. |

<sup>a</sup> En esta columna se referencian las cantidades originales en que fueron reportados los datos de actividad por las diferentes fuentes de información.

Para el sector residuos sólidos, se obtuvo la información a partir de datos consolidados del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS), Palmira 2005–2019.

De acuerdo con la información aportada por el PGIRS, se consolidó la información según las categorías del IPCC, como se muestra en el Cuadro 26.

Los residuos de alimentos son los que presentan el más alto porcentaje de composición de los residuos sólidos generados por vivienda en el municipio de Palmira, seguido del plástico con 10% y papel y cartón con 8%. Por otra parte, los residuos de textiles y madera son los que se presentan en menor porcentaje en los residuos sólidos generados por hogar en el municipio.

**Cuadro 26.** Composición porcentual de residuos sólidos por vivienda en Palmira.

| Tipo de residuo       | Porcentaje |
|-----------------------|------------|
| Papel y cartón        | 8          |
| Plástico              | 10         |
| Metales               | 1          |
| Caucho                | 1          |
| Textiles              | 0,8        |
| Madera                | 0,7        |
| Residuos de jardín    | 3,5        |
| Residuos de alimentos | 68         |
| Otros                 | 6          |

Fuente: PGIRS Palmira 2005-2019.

Con esta información, se estima la fracción de carbono orgánico degradable, como lo indica la metodología del IPCC 1996, ya que la última versión revisada (2006) requiere información más detallada y datos de una serie histórica determinada con la cual no cuenta el municipio.

### Factores de emisión

Para estimar las emisiones de CH<sub>4</sub> generadas por la disposición de residuos sólidos en tierra, se asumieron datos por defecto por las metodologías IPCC 1996, como se indica en la Cuadro 27.

**Cuadro 27.** Factores por defecto, IPCC 1996.

|   |       |
|---|-------|
| Fracción de COD que se realmente se degrada (COD <sub>f</sub> ) | 0,77  |
| Fracción del carbono liberado como metano                       | 0,5   |
| Fracción de corrección para el metano                           | 0,60  |
| Relación de conversión de carbono a metano                      | 16/12 |

## Resultados – Generación de residuos sólidos

**Cuadro 28.** Resultados de emisiones por generación de residuos sólidos.

| Sector |                                 | Emisiones de GEI (t) |                    |
|--------|---------------------------------|----------------------|--------------------|
| 4      | Residuos                        | CH <sub>4</sub>      | CO <sub>2</sub> eq |
| 4.A    | Eliminación de desechos sólidos | 3.184                | 66.867             |

## Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas (4D1)

### Datos de actividad

La población total para el municipio de Palmira en el año 2010, según el PGIRS 2005–2019, fue de 294.580 habitantes.

Para la estimación de emisiones por aguas residuales domésticas, se tomó en cuenta el dato de 19,96 kg DBO\*hab/año, registrado en el documento “Caracterización de vertimientos de aguas servidas, 2015”, de la CVC. Lo anterior ya que no se cuenta con un dato específico para cada municipio en jurisdicción.

### Factores de emisión para metano

**Cuadro 29.** Factor de emisión, IPCC 2006.

|   |  |
|---|--|
| Factor de corrección para DBO industrial adicional eliminado en las cloacas c (I) | 1                                      |
| Factor de emisión (FE) (kg CH <sub>4</sub> /kg DBO)                               | 0,06                                   |
| Fracción de la población del grupo de ingresos para el año del inventario         | 0,2 (población urbana baja)            |
| Grado de utilización de vía o sistema de tratamiento y/o eliminación              | 0,2 (urbano alto)<br>0,8 (urbano bajo) |

## Factores de emisión para óxido nitroso

| Fracción de nitrógeno en las proteínas   | 0,16 kg de N/kg proteína         |
|--|----------------------------------|
| Factor de las proteínas no consumidas añadidas a las aguas residuales                                | 1,1                              |
| Factor para las proteínas industriales y comerciales co-eliminadas en los sistemas de alcantarillado | 1,25                             |
| Factor de emisión  | 0,005 kg N <sub>2</sub> O-N/kg N |

## Resultados - Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas

**Cuadro 30.** Resultados de emisiones por tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas.

| Sector |  | Emisiones netas de GEI (t) |                  | CO <sub>2</sub> eq |
|--------|--|----------------------------|------------------|--------------------|
| 4      | Residuos   | CH <sub>4</sub>            | N <sub>2</sub> O |                    |
| 4.D.1  | Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas | 52,1                       | 11,4             | 4.637              |

Para estimar las emisiones de óxido nitroso generados por el agua residual doméstica, además del dato de población se requiere el consumo per cápita anual de proteínas, ya que no se cuenta con un valor propio. Se toma el dato actualizado al año 2010 por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) para Colombia, el cual es de 22,4 kg/persona/año.

## Agua residual industrial (4D2)

### Datos de actividad

Según los datos consolidados por el CIAT por medio del documento “Caracterización de vertimientos oficial industrial y comercial del municipio de Palmira año 2014”, se consultaron los datos de caudal y DQO para un total de 65 empresas.

| Empresa   | Caudal (l/seg) | DQO (mg/l) |
|---|----------------|------------|
| Pollos Zamorano                                     | 1,87           | 182        |
| EDS San Florián                                     | 0,93           | 21         |
| Super Inter Centro                                  | 1,6            | 755,2      |
| Comfandi comerciales                                | 0,172          | 384        |
| Incomsa S.A.S. EDS Texaco Centro                    | 0,142          | 26,8       |
| Restaurante Kokoriko                                | 0,2            | 1.137      |
| Servicios Integrados de Salud Ltda. (Serinsa)       | 0,11           | 150,7      |
| EDS Santa Bárbara Sansebken S.A.S                   | 0,18           | 140,8      |
| Profamilia  | 0,037          | 0,037      |
| Induvases   | 1,26           | 1.652,6    |
| Industrias el León                                  | 3,23           | 2.390      |
| Salud Total EPS                                     | 0,097          | 70,4       |
| Jamdac S.A.S Panadería y Pastelería Leal Producción | 0,08           | 4.197,8    |
| Orthoplan   | 0,037          | 33         |
| Coodetrans Palmira Ltda.                            | 0,2            | 239        |
| Lubricantes Cerón Z                                 | 0,155          | 80         |
| EDS Texaco Palmira                                  | 0,1            | 200,9      |
| EDS Palmira de gas                                  | 0,009          | 71         |
| Hospital Raúl Orejuela Bueno                        | 1,12           | 184        |
| EDS Las Palmeras                                    | 0,35           | 86         |
| EDS Cerón Zapata                                    | 1,72           | 320        |
| Reyes Hurtado y Cía. S. en C.                       | 0,29           | 229        |
| Incomsa S.A.S.                                      | 0,13           | 34         |
| Inversiones Judi - EDS Terpel La Colombina          | 0,38           | 151        |
| Puesto de Salud Libertadores                        | 0,02           | 460,1      |
| Colombates  | 0,47           | 2,3        |
| Sercofún  | 0,15           | 2.010      |
| Harinera del Valle S.A.                             | 0,14           | 937        |
| Inversiones Doble H S.A.S                           | 1,122          | 224        |
| Tanques del Nordeste Ltda.                          | 0,56           | 81         |
| Hospital Raúl Orejuela Bueno I.P.S Coronado         | 0,02           | 39,4       |
| Olimpica S.A.                                       | 0,94           | 964        |
| Porvenir Cía. Ltda.                                 | 0,196          | 357        |
| Mepal S.A.  | 0,302          | 136,2      |
| Transportes Especiales Enoc Mejía                   | 1,11           | 136        |
| Sección Sanidad Valle                               | 0,18           | 119        |
| Puesto de Salud San Pedro                           | 2,3            | 295,8      |
| Gelatinas Pachita                                   | 0,96           | 937        |

(continúa)



(continuación)

| Empresa   | Caudal (l/seg) | DQO (mg/l) |
|---|----------------|------------|
| Hospital Raúl Orejuela Bueno - Zamorano                       | 0,05           | 234,2      |
| IPS Comfandi  | 1,69           | 774,2      |
| Puesto La Orlidia   | 0,1            | 173        |
| ABISE S.A. Administradora de Bienes                           | 0,75           | 77,9       |
| Comercializadora Marden Ltda.                                 | 0,84           | 1.431      |
| Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira                 | 0,3            | 281        |
| Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses      | 0,12           | 434        |
| Panadería Balcón Leal   | 0,2            | 1.453,1    |
| Super Inter Palmira La Cometa                                 | 0,2            | 192        |
| Incomsa S.A.S. ESSO La Norte                                  | 0,1            | 32         |
| Carrefour Palmira   | 0,2            | 822,2      |
| Estación de Servicio y Serviteca                              | 1,95           | 92,8       |
| Incomsa S.A.S. - EDS Alameda                                  | 0,22           | 45         |
| Clínica Palma Real  | 0,3            | 110,3      |
| Incomsa S.A.S.  | 0,17           | 91         |
| Homecenter - Palmira  | 0,07           | 601,5      |
| Papelería Ata Ltda. (Palmira - DAR Sur-Oriente)               | 5,55           | 13.000     |
| Fadepal (Palmira - DAR Sur-Oriente)                           | 0,709          | 30,8       |
| Empaques Industriales Colombianos (Palmira - DAR Sur-Oriente) | 26,04          | 1.702      |
| Cartones del Valle del Cauca (Palmira - DAR Sur-Oriente)      | 0,11           | 166        |
| Ingenio Castilla Industrial S.A.                              | 39,12          | 589,26     |
| Ingenio Central Tumaco  | 23,2           | 474        |
| Ingenio Manuelita   | 60,43          | 3.331      |
| Ingenio María Luisa   | 10,94          | 354,14     |
| Ingenio Providencia   | 52,08          | 535,5      |
| Destilería Manuelita  | 11,10          | 92,9       |
| Destilería Mayagüez   | 7,38           | 84,5       |

Fuente: Caracterización de vertimientos oficial industrial y comercial del municipio de Palmira, año 2014.

## Factores de emisión

El dato correspondiente al factor de emisión se tomó por defecto del IPCC, con un valor de 0,025 kg CH<sub>4</sub>/kg DBO.

## Resultados - Agua residual industrial

**Cuadro 31.** Resultados de emisiones por tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales.

| Sector |  | Emisiones de GEI (t) |                    |
|--------|--|----------------------|--------------------|
| 4      | Residuos   | CH <sub>4</sub>      | CO <sub>2</sub> eq |
| 4.D.2  | Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales | 320                  | 6.711              |

## Análisis de resultados sector residuos

De las categorías evaluadas en el módulo de residuos, se obtuvo como mayor aportante de emisiones en

el municipio de Palmira, el tratamiento de residuos sólidos, con un 94% de emisiones estimadas.

**Cuadro 32.** Resultados de emisiones de GEI en el sector residuos.

| 4     | Sector<br>Residuos   | Emisiones netas de GEI (t) |                  | CO <sub>2</sub> eq |
|-------|--|----------------------------|------------------|--------------------|
|       |  | CH <sub>4</sub>            | N <sub>2</sub> O |                    |
| 4.A   | Eliminación de desechos sólidos                            | 3.184                      |                  | 66.867             |
| 4.D.1 | Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas   | 52.165                     | 11.425           | 4.637              |
| 4.D.2 | Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales | 320                        |                  | 6.711              |

## Emisiones de GEI Consolidadas para el Municipio de Palmira, Año 2010

### Resultados por sector

#### Módulo energía

| 1           | Sector<br>Energía                              | Emisiones netas de GEI (t) |                 |                  | CO <sub>2</sub> eq |
|-------------|--|----------------------------|-----------------|------------------|--------------------|
|             |  | CO <sub>2</sub>            | CH <sub>4</sub> | N <sub>2</sub> O |                    |
| 1.A.2       | Industrias manufactureras y de la construcción | 25.421,1                   | 1,9             | 0                | 25.474,8           |
| 1.A.2.a     | Quema de combustibles sector industrial        | 5.320,9                    | 0,1             | 0                | 5.325,8            |
| 1.A.4       | Otros sectores                                 |                            |                 |                  |                    |
| 1.A.4.a     | Quema de combustibles sector comercial         | 3.467,0                    | 0,3             | 0                | 3.475,4            |
| 1.A.4.b     | Quema de combustibles sector residencial       | 16.633,2                   | 1,5             | 0                | 16.673,6           |
| <b>1A3b</b> | <b>Transporte terrestre</b>                    | <b>204.145,7</b>           | <b>97,2</b>     | <b>9,4</b>       | <b>209.109,5</b>   |
| 1A3bi       | Automóviles                                    | 74.705                     | 35,6            | 3,4              | 76.521,4           |
| 1A3bii      | Camiones para servicio ligero                  | 30.327,2                   | 14,4            | 1,4              | 31.064,6           |
| 1A3biii     | Camiones para servicio pesado y autobuses      | 84.493,8                   | 40,2            | 3,9              | 86.548,3           |
| 1A3biv      | Motocicletas                                   | 14.619,8                   | 7,0             | 0,7              | 14.975,2           |
|             | <b>Total sector energía</b>                    | <b>229.566,87</b>          | <b>99,10</b>    | <b>9,47</b>      | <b>234.584,25</b>  |

## Módulo agricultura

| Sector    |  | Emisiones netas de GEI (t) |                  | CO <sub>2</sub> eq |
|-----------|--|----------------------------|------------------|--------------------|
|           |  | CH <sub>4</sub>            | N <sub>2</sub> O |                    |
| <b>3</b>  | <b>AFOLU</b>   |                            |                  |                    |
| <b>3A</b> | <b>Ganadería</b>   | <b>1.884,10</b>            | <b>68,08</b>     | <b>60.669</b>      |
| 3A1i      | Fermentación entérica  | 1.553,18                   |                  | 32.617             |
| 3A1ii     | Gestión de estiércol   | 330,92                     |                  | 6.949              |
| 3A2       | Directas de N <sub>2</sub> O por gestión de estiércol            |                            | 68,08            | 21.103             |
| <b>3B</b> | <b>Tierras</b>   |                            |                  | <b>97.571</b>      |
| 3B1a      | Tierras forestales   |                            |                  | -83.183            |
| 3B2a      | Tierras de cultivo que permanecen                                |                            |                  | 132.137            |
| 3B2bi     | Tierras forestales convertidas en cultivos                       |                            |                  | 34.549             |
| 3B3bi     | Tierras forestales convertidas en pastizales                     |                            |                  | 11.319             |
| 3B5bi     | Tierras forestales convertidas en asentamientos                  |                            |                  | 2.749              |
| <b>3C</b> | <b>Fuentes agregadas</b>   | <b>741,14</b>              | <b>436,42</b>    | <b>150.854</b>     |
| 3C1       | Quema de biomasa   | 741,14                     | 19,21            | 21.520             |
| 3C4       | Emisiones directas de N <sub>2</sub> O de suelos gestionados     |                            | 321,86           | 99.777             |
| 3C5       | Emisiones indirectas de N <sub>2</sub> O de suelos gestionados   |                            | 15,64            | 4.850              |
| 3C6       | Emisiones indirectas de N <sub>2</sub> O de gestión de estiércol |                            | 79,7             | 24.707             |

## Módulo residuos

| Sector   |  | Emisiones netas de GEI (t) |                  | CO <sub>2</sub> eq |
|----------|--|----------------------------|------------------|--------------------|
|          |  | CH <sub>4</sub>            | N <sub>2</sub> O |                    |
| <b>4</b> | <b>Residuos</b>  |                            |                  |                    |
| 4.A      | Eliminación de desechos sólidos                            | 3.184                      |                  | 66.867             |
| 4.D.1    | Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas   | 52,165                     | 11,425           | 4.637              |
| 4.D.2    | Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales | 320                        |                  | 6.711              |

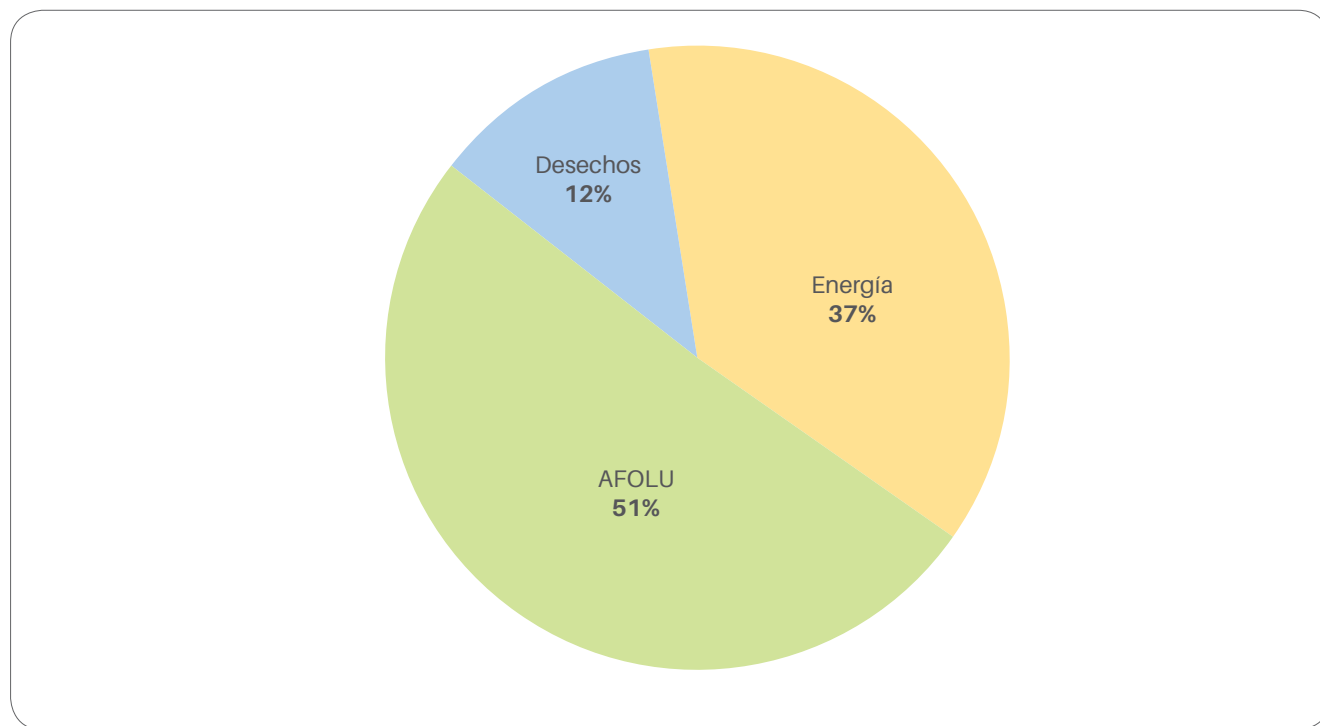
## Identificación de categorías principales

Con datos de actividad del año 2010, para el municipio de Palmira, Valle del Cauca, se calcularon 22 categorías correspondientes a los módulos Energía, AFOLU y Residuos, bajo los parámetros propuestos por el IPCC en sus guías del año 2006. En total se cuantificaron 677.754 t de CO<sub>2</sub> eq, dentro de las cuales las categorías principales, correspondientes a más del 85% de las emisiones municipales, son las siguientes (Figura 20):

- Tierras de cultivo que permanecen: 19,5%
- Emisiones directas de N<sub>2</sub>O de suelos gestionados: 14,7%
- Camiones para servicio pesado y autobuses: 12,8%
- Automóviles: 11,3%
- Eliminación de desechos sólidos: 9,9%
- Fermentación entérica: 4,8%

- Camiones para servicio ligero: 4,6%
- Emisiones indirectas de N<sub>2</sub>O de suelos gestionados: 3,6%
- Quema de combustibles sector industrial: 3,5%

Dentro de los tres módulos cuantificados, el módulo AFOLU aportó en total 346.460 t de CO<sub>2</sub> eq, correspondientes al 51,1% de las emisiones totales del municipio. Recordemos que estas emisiones corresponden a emisiones netas, ya que las tierras forestales sirvieron de sumidero de 83.183 t de CO<sub>2</sub>. El módulo energía aportó 253.082 t, mientras que el módulo desechos representó emisiones cuantificadas en 78.215 t de CO<sub>2</sub> eq. En la Figura 19 se aprecia el porcentaje de participación de cada uno de los módulos cuantificados.



**Figura 19.** Porcentaje de participación de emisiones de gases de efecto invernadero de los módulos Energía, AFOLU y Desechos, Palmira, Valle del Cauca, 2010 (IPCC, 2006).

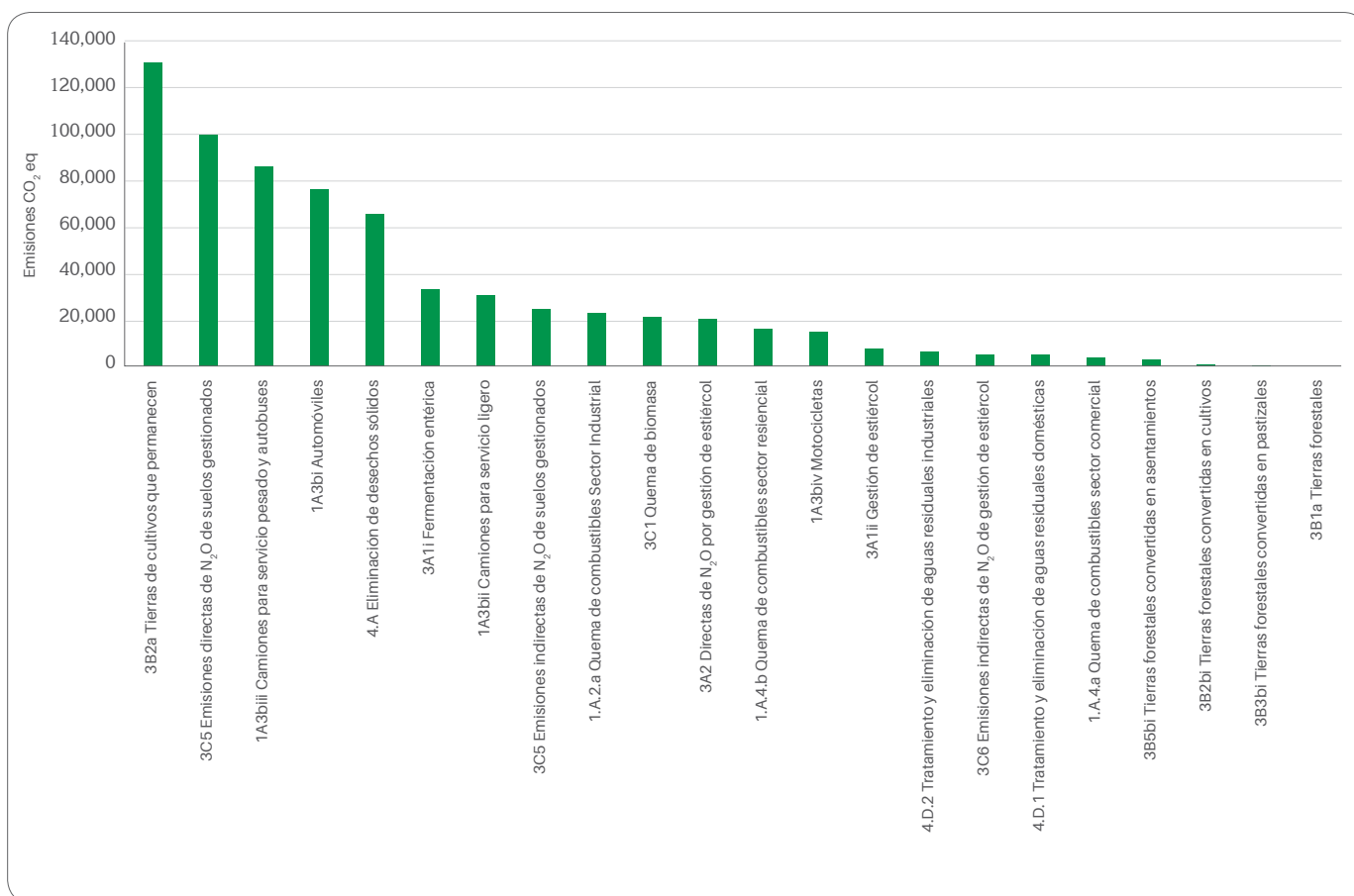


Figura 20. Emisiones de las categorías calculadas, Palmira, Valle del Cauca, año base 2010 (IPCC, 2006).

## Acciones para la Mitigación

Con base en los resultados de cada sector, se presentan diferentes medidas de mitigación (políticas, programas y NAMAs), definidas por los Ministerios Sectoriales como los insumos preliminares de priorización construidos por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), el equipo técnico de la Estrategia Colombiana de Desarrollo Bajo en Carbono (ECDBC) y los Talleres de capacitación y priorización de acciones para la mitigación en el Valle del Cauca, llevados a cabo por el equipo del CIAT y la CVC en 2015 en el Hotel Torre de Cali, y que contó con la participación de más de 50 actores del Nodo Regional Pacífico Sur, entre ellos: Fenalce Valle, Universidad del Cauca, Gobernación del Valle del Cauca, Corporación Autónoma Regional del Cauca, el Equipo Nacional de la Estrategia Colombiana de Desarrollo Bajo en Carbono, Universidad Icesi, Parques Nacionales Naturales de Colombia, DAGMA, IIAP, CARDER, WWF, EPSA, Ingenio Providencia, Gases de Occidente, ACOPI, ANDI Cauca, Tecnoquímicas, Metro Cali.

Las acciones aquí formuladas representan un conjunto de actividades, programas y políticas que permiten reducir las emisiones de GEI frente a una línea base de emisiones proyectadas en el corto, mediano y largo plazo. Se convierten en una oportunidad para que las acciones de mitigación identificadas contribuyan a lograr los objetivos de desarrollo del sector, generando además co-beneficios económicos, sociales y ambientales, basados en el Inventario de Gases de Efecto Invernadero (INGEI) de Palmira. A continuación se presentan dichas acciones, las cuales se recomienda ser validadas y priorizadas en la región mediante talleres participativos que permitan profundizar en ellas y verificar su representatividad y pertinencia para el municipio.

*Promoción del transporte férreo y fluvial de carga como complemento/alternativa al transporte carretero*

- Camiones para servicio pesado y autobuses: 12,8%
- Automóviles: 11,3%
- Camiones para servicio ligero: 4,6%

Esta medida busca sustituir transporte de carga carretero por transporte férreo y transporte fluvial como el corredor del río Cauca. No obstante, es importante realizar estudios previos para identificar la viabilidad de este proyecto. Entre las acciones ejecutadas por MinTransporte y que sirven para el desarrollo de esta acción se encuentra el estudio de viabilidad del cambio de trocha del sistema férreo, proyecto de recuperación de la navegabilidad del río Magdalena y actualización de la normatividad férrea para carga.

*Construir ciclo-rutas accesibles, directas, conectadas, atractivas, continuas, cómodas que garanticen la seguridad física y personal del usuario en ciudades principales*

Con esta medida, a nivel nacional se propone implementar sistemas públicos de bicicletas a partir del año 2016, para reemplazar el 5% de los viajes que se realizan en transporte privado y taxis. En el escenario de referencia, la participación de las bicicletas varía entre 1,7% y 3% de los viajes totales durante el periodo de análisis. Con esta medida aumentaría dicha participación hasta el 4%.

De acuerdo con el estudio de costo-efectividad realizado por el PNUD y Universidad de Los Andes (2014), con estas actividades se aporta a la meta de potencial de mitigación para el periodo 2010–2040 que está en 44 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> eq para estas actividades, y tendrían un costo negativo principalmente en la promoción de la bicicleta y la sustitución de transporte carretero por fluvial (Cuadro 33).

**Apoyar a los municipios en el fortalecimiento de sus Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS) y la evaluación de puntos de recolección urbana de material potencialmente reciclable, y en general el estructuramiento de los lineamientos que permitan mejorar la eficiencia de procesos enfocados en la disminución de la generación de residuos.** Que permitan la recuperación de residuos reciclables a través de rutas de recolección selectiva, apoyadas por estrategias de promoción de separación en la fuente y de formalización empresarial de recicladores.



**Cuadro 33.** Resultados del análisis de costo-efectividad.

| Medida de mitigación                              | Reducción CO <sub>2</sub> eq<br>(millones toneladas) | US\$/t | Costo total<br>(millones US\$) |
|---|--|--------|--------------------------------|
| Promoción de la bicicleta (ciudades principales)  | 12   | -44    | -520                           |
| Sustitución de transporte carretero por férreo    | 6  | 51     | 320                            |
| Sustitución de transporte carretero por fluvial   | 16   | -22    | -340                           |
| <i>Todos los valores se presentan aproximados</i> |  |        |                                |

Fuente: PNUD y Universidad de Los Andes (2014).

**Apoyar técnicamente la implementación de sistemas de conducción y tratamiento del biogás (quema) en rellenos en los que por su costo-efectividad no pueda ser aprovechado.** Maximizando la captura, quema y aprovechamiento del biogás que está siendo generado en los rellenos sanitarios y en las plantas de tratamiento de aguas residuales.

El bajo desarrollo del sector residuos en el país implica una oportunidad estratégica para implementar proyectos que mejorarán la calidad de vida de aquellas comunidades que aún tienen problemas en saneamiento básico, y que en general conllevan grandes cobeneficios sociales, financieros y ambientales, incluyendo aquellos relacionados con la reducción de emisiones de GEI. La gestión de residuos sólidos y de aguas residuales es considerada como uno de los servicios urbanos más importantes, dada su relevancia en términos de salud pública. Un inapropiado manejo de los residuos se encuentra relacionado con externalidades negativas sobre la salud y el medio ambiente, como la proliferación de insectos y vectores, contaminación de acuíferos por lixiviados, contaminación atmosférica, afectación de los sistemas de drenaje, deterioro de cuerpos de agua, entre otros. Dado su alto impacto, se estima que los costos asociados al mal manejo de residuos superan ampliamente los costos de implementar una buena gestión de los mismos (Hoornweg y Bhada-Tata, 2012).

La viabilidad de la mayoría de opciones de reducción de emisiones del sector residuos depende de la participación de otros sectores de la economía: industria, transporte, generación eléctrica, sector vivienda y sector educación. El potencial de reducción de emisiones de las medidas del sector residuos

aumenta cuando se considera el efecto adicional que estas tienen sobre otros sectores involucrados (ej., reciclaje, aprovechamiento energético de los residuos). Los resultados del análisis de las medidas de mitigación sugieren que los esfuerzos del sector deben encaminarse a fortalecer una política de gestión integral, en cuyo marco se promueva el desarrollo de nodos empresariales alrededor de los materiales valorizables, presentes tanto en los residuos sólidos como en las aguas residuales. El departamento debe pasar de un modelo en el que principalmente se busca cobertura del servicio de aseo y una disposición final adecuada de los residuos, a uno en el que se reincorporen al sector productivo los materiales susceptibles de ser aprovechados.

#### **Uso eficiente de fertilizantes, manejo adecuado de labranza y fomento de la producción orgánica**

- Tierras de cultivo que permanecen: 19,5%
- Emisiones directas de N<sub>2</sub>O de suelos gestionados: 14,7%
- Fermentación entérica: 4,8%
- Emisiones indirectas de N<sub>2</sub>O de suelos gestionados: 3,6%

Para el subsector agrícola, se identificó que mejorar las prácticas de fertilización de los diferentes cultivos presenta un alto potencial de mitigación respecto a otras medidas para esta misma categoría, y a su vez se necesita un gran esfuerzo para definir a nivel de cada cultivo y localización agroecológica, cuáles son las prácticas óptimas de fertilización. El estudio realizado

por el PNCD y Universidad de Los Andes (2014) estima un potencial de mitigación de 344 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> eq acumuladas hasta el año 2040, con un costo negativo de 4.800 millones de dólares en todo el período de análisis. Por su parte, la agricultura orgánica (FAO, 2003) no solo permite que los ecosistemas se adapten mejor a los efectos de los cambios climáticos, sino que también ofrece un mayor potencial para reducir la emisión de gases invernadero. Dado que el cambio climático posee un impacto directo en la agricultura, se necesita desarrollar y aplicar métodos agrícolas ambientalmente sanos.

Incluso, la agricultura mixta y la diversidad de rotaciones de cultivos orgánicos protegen la superficie frágil de la tierra e incluso pueden contrarrestar el cambio climático al restablecer el contenido de materia orgánica. La idea de los sumideros de carbono del Protocolo de Kioto (Artículo 3.4) puede, en parte, llevarse a cabo eficientemente por medio de la agricultura orgánica. En el Cuadro 34, se resumen los caminos potenciales y el papel de la agricultura orgánica para contrarrestar el cambio climático global.

**Cuadro 34.** Caminos de la agricultura orgánica para reducir directa o indirectamente las emisiones de gas de vestigios agrícolas (◆◆ Alta, ◆ Baja, - Sin potencial).

| Medidas potenciales                               |  | CO <sub>2</sub> | CH <sub>4</sub> | N <sub>2</sub> O |
|---|--|-----------------|-----------------|------------------|
| <b>Uso y manejo de tierras de cultivo</b>         |  |                 |                 |                  |
| ■   | Cubierta del suelo permanente  | ◆◆◆             | -               | ◆                |
| ■   | Prácticas de cultivo y labranza del suelo reducidas                      | ◆               | -               | ◆                |
| ■   | Restricción de barbecho en regiones semiáridas                           | ◆               | -               | -                |
| ■   | Diversificación de rotaciones de cultivo, incluido producción de forraje | ◆◆              | -               | ◆                |
| ■   | Restablecimiento de la productividad de los terrenos degradados          | ◆◆              | ◆               | -                |
| ■   | Agroforestación  | ◆◆              | -               | -                |
| <b>Uso de abono y desechos</b>                    |  |                 |                 |                  |
| ■   | Reciclado de desechos municipales y abono orgánico                       | ◆◆              | -               | ◆                |
| ■   | Biogás proveniente del estiércol líquido                                 | -               | ◆◆              | -                |
| <b>Cría de animales</b>                           |  |                 |                 |                  |
| ■   | Reproducción y crianza para longevidad                                   | -               | ◆◆              | ◆                |
| ■   | Restricción de la densidad del ganado                                    | -               | ◆               | ◆                |
| ■   | Reducción de la importación del forraje                                  | ◆               | ◆               | -                |
| <b>Manejo de fertilizantes</b>                    |  |                 |                 |                  |
| ■   | Restricción de los nutrientes externos (reciclado de nutrientes)         | ◆◆              | -               | ◆◆               |
| ■   | Plantas leguminosas  | ◆               | -               | ◆                |
| ■   | Integración de la producción de plantas y de animales                    | ◆◆              | -               | ◆                |
| <b>Cambio en el comportamiento del consumidor</b> |  |                 |                 |                  |
| ■   | Consumo de productos regionales  | ◆◆◆             | -               | -                |
| ■   | Cambio hacia los productos vegetarianos                                  | ◆               | ◆◆              | -                |

Fuente: FAO (2003).

## Implementar sistemas agrosilvopastoriles

Los resultados indican que el subsector ganadero aportará el 90% de las emisiones de GEI del sector agropecuario en las próximas décadas, siendo al mismo tiempo el renglón que presenta el mayor potencial de reducción de emisiones. Esta medida se fundamenta en la plantación de arbustos forrajeros en altas densidades por hectárea (10.000 aproximadamente), plantación de pasturas mejoradas y leguminosas, acompañados por árboles maderables o frutales en densidades de 25 a 500 árboles por hectárea. Su manejo consiste en la rotación secuencial de los animales con mínimos tiempos de ocupación por potrero, de 1 o 2 días. Los costos de inversión de la medida se generan por la

adquisición y siembra de arbustos y árboles, el cercado de los potreros y la mano de obra para su implementación (PNUD & Universidad de Los Andes, 2014).

Es importante continuar avanzando en estudios del sector y su desempeño como sumidero de carbono. Se reconoce la importancia de evaluar los sistemas agropecuarios como un sistema dinámico, con el fin de comprender el verdadero papel que juegan los agroecosistemas y las diferentes prácticas de manejo en la mitigación del cambio climático. Debido a que la efectividad de las medidas en el sector agropecuario es función de múltiples variables, se requiere generar procesos de validación de las opciones de mitigación a nivel local y regional.

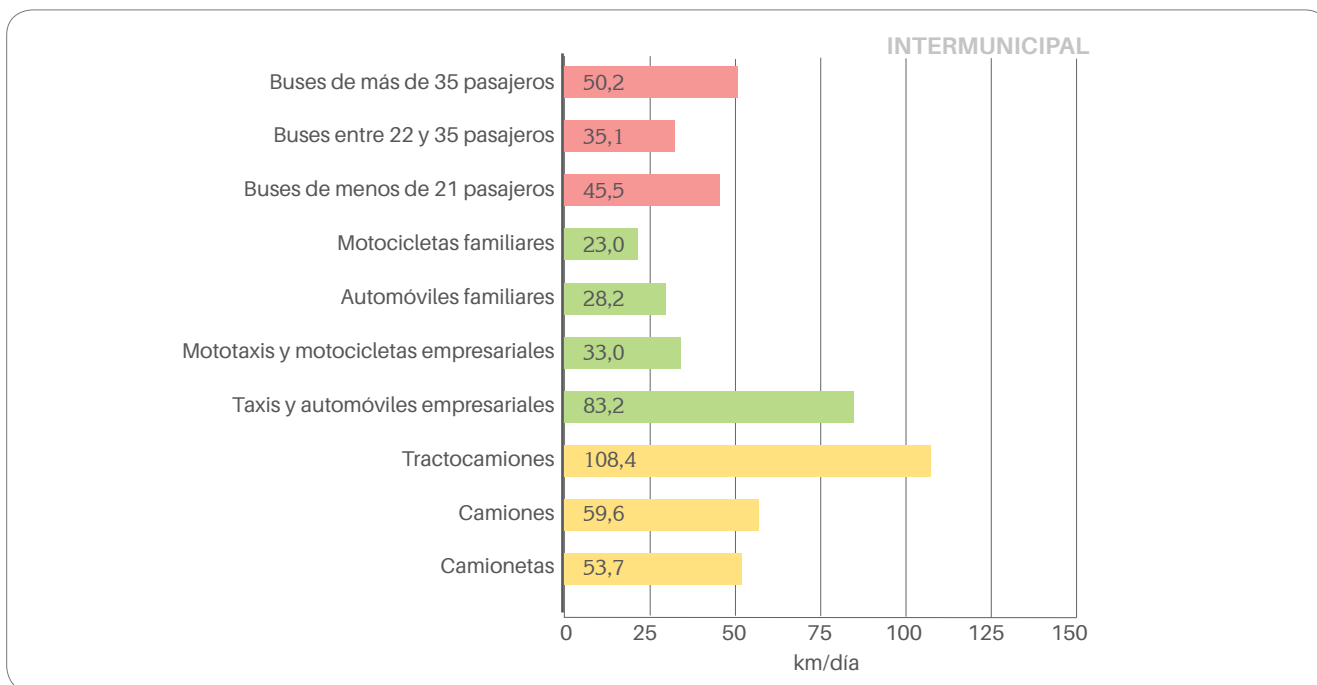
## Conclusiones

- En el sector energía, se lograron estimar emisiones de GEI por la quema de combustibles fósiles en el sector industrial, el sector residencial y el sector comercial; asimismo, se estimaron emisiones generadas por el sector transporte; este último representó el 83% de las emisiones del sector, siendo la categoría principal en el sector energía. La categoría de camiones para el servicio pesado y autobuses es la fuente que más emisiones contribuye con el 34% dentro del total de emisiones estimadas para el sector. Esto responde al alto flujo vehicular en el municipio donde se reportó para el año 2010 un total de 44.670 vehículos.
- Con respecto a las emisiones de GEI causadas por la quema de combustibles en fuentes fijas, el sector industrial representa el 10% de las emisiones totales del sector energía, lo que indica que la actividad industrial es representativa y sería de vital importancia mejorar la estimación de gases para este sector en futuros inventarios. Se recomienda mejorar la calidad de información para contar con datos de consumos de combustibles por tipos de industrias.
- Las emisiones causadas por automóviles es la segunda fuente de mayor importancia dentro de la categoría de transporte (30% de participación); esto como respuesta al alto número de vehículos reportados dentro del inventario automotor del municipio.
- Es importante mejorar la información y los procesos de gestión y consolidación de información del sector energía en el municipio de Palmira, especialmente para fuentes de emisión como generación de energía, donde no se contaron con registros sobre la quema de combustibles fósiles con fines energéticos en plantas generadoras de energía.
- Es importante iniciar un proceso de generación y consolidación de información del sector de procesos industriales en el municipio de Palmira, ya que en este primer INGEI realizado para la región, no se contó con ningún tipo de información que permitiera hacer una aproximación a la generación de GEI por dicha fuente de emisión. Vale recordar que la industria es uno de los sectores con más alternativas de implementación de medidas de mitigación, por lo cual es de vital importancia tener conocimiento de las emisiones causadas por este sector.
- Si bien la ganadería no fue una categoría significativa dentro de las emisiones municipales, es importante contemplar opciones viables ambientalmente con el manejo del estiércol, principalmente de sistemas con alta población de porcinos. El municipio de Palmira es el principal productor de porcinos en el Valle del Cauca, razón por la cual una acción de mitigación específica en los sistemas de gestión de estiércol podría disminuir significativamente las emisiones, tanto de metano como de óxido nitroso.

- Dentro del módulo de actividades agropecuarias, se identificó la importancia que tiene la quema de grandes áreas de caña de azúcar, como una categoría importante en participación dentro de las emisiones totales del municipio. Esto evidencia la importancia de ejecutar políticas municipales que reduzcan las áreas quemadas, tanto programadas como no programadas en los ingenios, como principal acción de mitigación.
- El municipio de Palmira evidenció para el año 2010 que gran parte de las áreas destinadas a cultivos pertenecían a la caña de azúcar. Evidentemente, al tener grandes áreas de este cultivo, los requerimientos de macronutrientes, principalmente de nitrógeno, son muy altos. Por esta razón, la categoría de emisiones directas de  $N_2O$  proveniente de suelos gestionados fue la segunda categoría que más emitía GEI. Es importante generar prácticas agrícolas que demanden menor cantidad de fertilizantes sintéticos nitrogenados, con el fin de reducir significativamente las emisiones directas e indirectas de  $N_2O$  a la atmósfera.
- Se cuantificó un sumidero de carbono en 83.183 t para el año 2010 proveniente de las tierras forestales; esto evidencia la importancia de conservar este tipo de ecosistemas, y adicionalmente de reforestar tierras aptas, con el fin de tener un equilibrio económico y ambiental en el municipio, máxime cuando se evidencia el alto potencial de captura de carbono propio de este tipo de coberturas.
- El tratamiento de residuos sólidos dispuestos en tierra representa la categoría principal del sector residuos, con una participación del 85% del total estimado en el módulo.

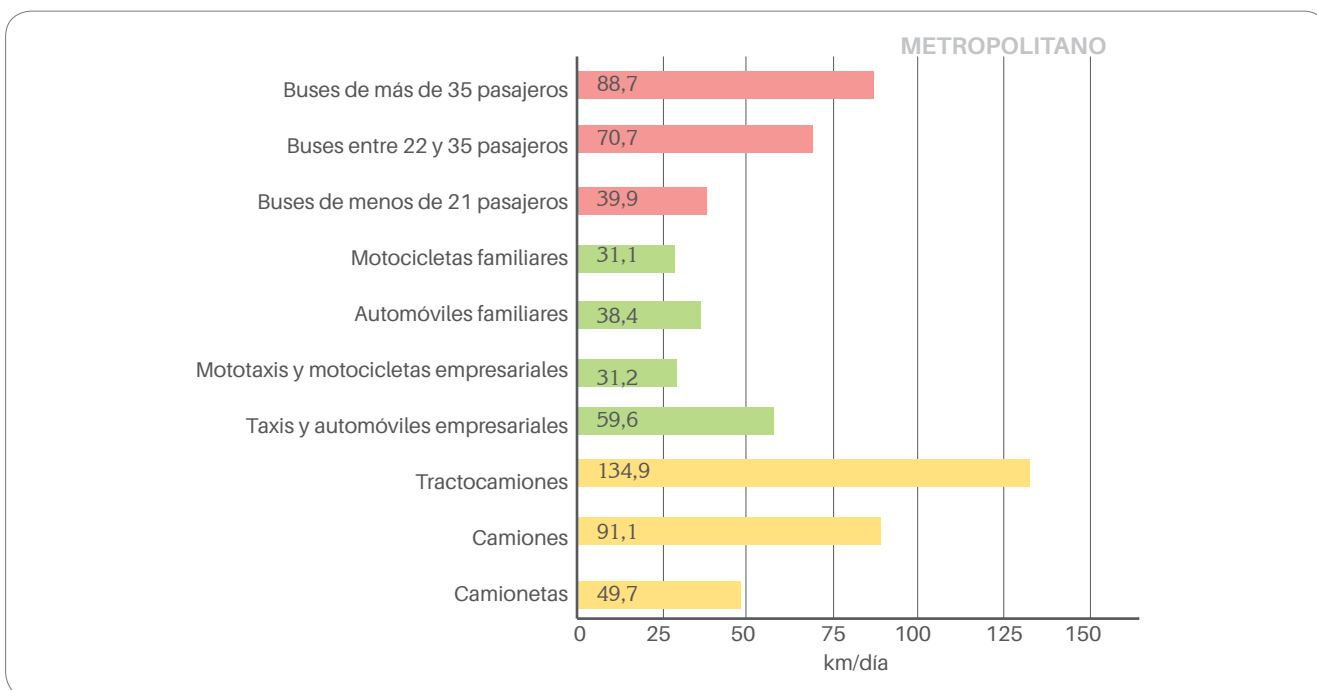
## Anexos

**Anexo 1.** Distancia típica recorrida según modos de transporte de servicio interurbano en Colombia en el año 2009.



Fuente: UPME (2010).

**Anexo 2.** Distancia típica recorrida según modos de transporte de servicio urbano en Colombia en el año 2009.



Fuente: UPME (2010).

## Bibliografía

- Alcaldía Municipal de Palmira. 2010. Anuario Estadístico de Palmira 2010. Palmira, Valle del Cauca.
- Alcaldía Municipal de Palmira. 2012. Plan Estratégico de Movilidad. Municipio de Palmira. Secretaría de Movilidad. Palmira, Valle del Cauca.
- Alcaldía Municipal de Palmira. 2013. Anuario Estadístico de Palmira 2013. Palmira, Valle del Cauca.
- Alcaldía Municipal de Palmira. 2014. Anuario Estadístico de Palmira 2014. Palmira, Valle del Cauca.
- CVC (Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca). 2015. Caracterización de vertimientos de aguas servidas. Cali, Colombia.
- DANE (Departamento Administrativo Nacional de Estadística). 2005. Proyecciones de población. Censo de población 2005. Disponible en: <http://bit.ly/1SUdI5h>
- EPSA (Empresa de Energía del Pacífico S.A. E.S.P.) Disponible en: <http://www.epsa.com.co>
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2003. Agricultura orgánica, ambiente y seguridad alimentaria. El-Hage S, N; Hattam C, eds. Servicio del Medio Ambiente y los Recursos Naturales - Departamento de Desarrollo Sostenible. Roma, Italia. 280 p.
- FONADE (Fondo Financiero de Proyectos de Desarrollo). 2012. Capítulo 2: Fase 1: Recolección y análisis de información de campo y secundaria. En: FONADE. Plan local de seguridad vial Municipio de Palmira. Bogotá D.C., Colombia. p 23.
- Hoornweg D; Bhada-Tata P. 2012. What a waste: A global review of solid waste management. Urban development series; Knowledge papers No. 15. World Bank, Washington, DC. Disponible en: <http://bit.ly/1QLMHdJ>
- IDEAM (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales). 2011. Boletín Forestal Período 2008-2010. Subdirección de Ecosistema e Información Ambiental. Bogotá D.C., Colombia. 175 p.
- IDEAM (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales); PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo). 2010. Segunda Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático. Bogotá, D.C., Colombia. 447 p.
- IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático). 1996a. Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry. IPCC National Greenhouse Gas Inventories Programme. Instituto para las Estrategias Ambientales Globales (IGES), Hayama, Japón.
- IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático). 1996b. Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, versión revisada en 1996. Vol. 2: Libro de Trabajo.
- IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático). 1997. Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Vol. 1: Reporting Instructions; Vol. 2: Workbook; Vol. 3: Reference Manual. United Nations Environment Programme, Organization for Economic Co-Operation and Development, and International Energy Agency. Paris.
- IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático). 2000. Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories. Preparado por el National Greenhouse Gas Inventories Programme. Penman J; Kruger D; Galbally I; Hiraishi T; Nyenzi B; Emmanuel S; Buendia L; Hoppaus R; Martinsen T; Meijer J; Miwa K; Tanabe K, eds. Instituto para las Estrategias Ambientales Globales (IGES), Hayama, Japón.
- IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático). 2003. Orientación sobre las buenas prácticas para uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura. Penman J; Gytarsky M; Hiraishi T; Krug T; Kruger D; Pipatti R; Buendia L; Miwa K; Ngara T; Tanabe K; Wagner F, eds. Organización Meteorológica Mundial (OMM), Ginebra, Suiza.
- IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático). 2006. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Preparado por el National Greenhouse Gas Inventories Programme. Eggleston HS; Buendia L; Miwa K; Ngara T; Tanabe K, eds. Instituto para las Estrategias Ambientales Globales (IGES), Hayama, Japón.
- IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático). 2008. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories - A primer. Preparado por el National Greenhouse Gas Inventories Programme. Eggleston HS; Miwa K; Srivastava N; Tanabe K, eds. Instituto para las Estrategias Ambientales Globales (IGES), Hayama, Japón.



- IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático). 2013. Resumen para responsables de políticas. En: Cambio Climático 2013: Bases físicas. Contribución del Grupo de Trabajo I al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido, y Nueva York, Estados Unidos de América.
- PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo); FMAM (Fondo para el Medio Ambiente Mundial). 2007. Manejo del proceso de elaboración del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero. Manual de la Unidad de Apoyo a las Comunicaciones Nacionales.
- PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo); Universidad de Los Andes. 2014. Productos analíticos para apoyar la toma de decisiones sobre acciones de mitigación a nivel sectorial. Sector Agropecuario, reporte final. Bogotá, Colombia. 50 p. Disponible en: <http://bit.ly/1SV6RbF>
- UNFCCC (United National Framework Convention on Climate Change). 2007. Manual for the UNFCCC non-Annex I Greenhouse Gas Inventory Software. Version 1.3.2.
- UPME (Unidad de Planeación Minero Energética). 2010. Caracterización del consumo de combustibles. En: Proyección de demanda de combustibles líquidos y GNV en Colombia. Bogotá D.C., Colombia. p 19–33.





---

|                        |   |
|------------------------|---|
| Diseño y Diagramación: | Magar Design S.A.S.                             |
| Fotografía de portada: | Julio César Martínez                            |
| Edición de producción: | Gladys Rodríguez                                |
| Impresión:             | Velásquez Digital S.A.S. Cali, Colombia<br>2015 |

---





**Informes**

Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca

[www.cvc.gov.co](http://www.cvc.gov.co)

Teléfono: (57 2) 6206600 Ext. 1332 y 1325

Copia No Controlada CVC