

Inventario de Gases de Efecto Invernadero

Año Base 2010

Municipio de Guadalajara de Buga
Valle del Cauca



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

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

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

Inventario de Gases de Efecto Invernadero

Año Base 2010

Municipio de Guadalajara de Buga
Valle del Cauca



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

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.

Juan Pablo Llanos
CVC DAR Centro Sur

Fernando José Gutiérrez
Secretario de Agricultura, Alcaldía de Buga

Javier Mauricio Serna
Presidente del Relleno Sanitario Regional, Bugaseo S.A. E.S.P.

Asimismo, un agradecimiento especial a todas las personas de las diferentes dependencias administrativas de la Alcaldía de Buga que participaron en la elaboración de esta importante herramienta.

Contenido

Introducción.....	1
Guía para inventarios de gases de efecto invernadero	2
Gases de efecto invernadero.....	2
Sectores considerados para estimación de GEI.....	3
Métodos de estimación.....	4
Desarrollo del inventario.....	5
Circunstancias municipales	7
Ubicación.....	7
Agricultura.....	9
Industria.....	9
Módulo energía	10
Quema de combustibles fósiles: (1A2) Industrias manufactureras y de la construcción; (1A4) Otros sectores.....	10
Transporte: (1A3b) Transporte terrestre.....	13
Análisis de resultados sector energía.....	15
Módulo agricultura	17
Ganadería	18
Tierras.....	22
Fuentes agregadas	26
Emisiones directas de N ₂ O por suelos gestionados.....	27
Módulo residuos	31
Generación de residuos sólidos (4A)	32
Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas (4D1)	33
Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales	34
Resultados - Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales.....	34
Análisis de resultados sector residuos.....	34
Emisiones de GEI consolidadas para el municipio de Guadalajara de Buga, año 2010.....	35
Resultados por sector.....	35
Identificación de categorías principales.....	36
Acciones para la mitigación	37
Sustitución de combustibles	38
Implementar sistemas agrosilvopastoriles	39
Desmante gradual de quemas programadas	39
Medidas complementarias para lograr la carbono eficiencia en el sector agropecuario	39
Conclusiones	40
Anexos	42
Bibliografía	43

Cuadros

Cuadro 1.	Potencial de calentamiento global	6
Cuadro 2	Clasificación y área de cobertura de los pisos térmicos, Guadalajara de Buga.....	8
Cuadro 3.	Cantidad de empresas en el municipio de Guadalajara de Buga	9
Cuadro 4.	Fuentes de emisión sector energía	10
Cuadro 5.	Datos de consumo de combustibles fósiles, Guadalajara de Buga.....	11
Cuadro 6.	Datos de consumo de gas natural - Sector residencial y comercial.....	11
Cuadro 7.	Factores de emisión por defecto.....	11
Cuadro 8.	Resultados de las emisiones industrias manufactureras y de la combustión y otros sectores	12
Cuadro 9.	Parque automotor Guadalajara de Buga, 2010.....	13
Cuadro 10.	Datos de actividad sector transporte terrestre.....	14
Cuadro 11.	Factores de emisión para el sector transporte.....	14
Cuadro 12.	Resultados de las emisiones sector transporte	14
Cuadro 13.	Resultados estimación emisiones totales sector energía.....	15
Cuadro 14.	Fuentes de emisión sector AFOLU.....	17
Cuadro 15.	Población de diferentes especies ganaderas registradas, Guadalajara de Buga, año 2010.	18
Cuadro 16.	Utilización de diferentes sistemas de gestión de estiércol, Guadalajara de Buga, año 2010	20
Cuadro 17.	Tasa de excreción de nitrógeno y peso tipo para especies domésticas registradas, Guadalajara de Buga	20
Cuadro 18.	Resultados emisiones de actividades ganaderas, Guadalajara de Buga, año 2010.....	21
Cuadro 19.	Superficie de la tierra y tasa anual de cambio, Guadalajara de Buga.....	23
Cuadro 20.	Superficie de las categorías de cambio evaluadas en el inventario GEI de Guadalajara de Buga.....	23
Cuadro 21.	Emisiones módulo tierras, Guadalajara de Buga.....	26
Cuadro 22.	Factores de emisión - No-CO ₂ por quema de biomasa.....	27
Cuadro 23.	Áreas de suelos orgánicos gestionados en el municipio de Guadalajara de Buga.....	29
Cuadro 24.	Emisiones módulo fuentes agregadas, Guadalajara de Buga.....	31
Cuadro 25.	Factores de emisión sector residuos	31
Cuadro 26.	Cantidad total de residuos sólidos en el municipio de Guadalajara de Buga, 2010	32
Cuadro 27.	Composición porcentual de residuos sólidos por vivienda en Guadalajara de Buga	32
Cuadro 28.	Factores por defecto, IPCC 1996.....	33
Cuadro 29.	Resultados de emisiones por generación de residuos sólidos.....	33
Cuadro 30.	Factor de emisión, IPCC 2006.....	33
Cuadro 31.	Factores de conversión y emisión	33
Cuadro 32.	Resultados de emisiones por tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas	33
Cuadro 33.	Resultados de emisiones por tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales	34
Cuadro 34.	Resultados de emisiones en el módulo residuos para Guadalajara de Buga.....	34
Cuadro 35.	Costos estimados de subprogramas prioritarios en el sector industrial	38

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 Guadalajara de Buga en el departamento.....	7
Figura 5.	Extensión territorial de Guadalajara de Buga.....	8
Figura 6.	Empresa según su tamaño en el municipio de Guadalajara de Buga, años 2012 a 2014.....	9
Figura 7.	Emisiones de CO ₂ eq por categoría fuente para el año 2010	15
Figura 8.	Emisiones de CO ₂ eq por categoría para el año 2010	16
Figura 9.	Porcentaje de participación de emisiones de CH ₄ por fermentación entérica de diferentes especies ganaderas, Guadalajara de Buga, 2010, metodología IPCC guías 2006	19
Figura 10.	Porcentaje de participación de emisiones de CH ₄ por gestión de estiércol de diferentes especies ganaderas, Guadalajara de Buga, 2010, metodología IPCC guías 2006	19
Figura 11.	Porcentaje de participación de emisiones directas de N ₂ O por gestión de estiércol, Guadalajara de Buga, 2010, metodología IPCC guías 2006.....	21
Figura 12.	Porcentaje de participación de emisiones brutas por uso y cambio de uso de la tierra	25
Figura 13.	Emisiones/absorciones del sector 3B Tierras.....	25
Figura 14.	Emisiones de gases No-CO ₂ debido a la quema de biomasa, Guadalajara de Buga, 2010.....	27
Figura 15.	Porcentaje de participación por tipo de cultivo, Guadalajara de Buga, 2010	28
Figura 16.	Porcentaje de participación de emisiones directas de N ₂ O por suelos gestionados, Guadalajara de Buga, 2010, metodología IPCC guías 2006.....	29
Figura 17.	Porcentaje de participación de emisiones indirectas de N ₂ O por gestión de estiércol, Guadalajara de Buga, 2010, metodología IPCC guías 2006.....	30
Figura 18.	Porcentaje de participación de emisiones de gases de efecto invernadero de los módulos energía, AFOLU y desechos, Guadalajara de Buga, 2010, metodología IPCC guías 2006.....	36
Figura 19.	Emisiones de las 23 categorías calculadas, Guadalajara de Buga, 2010, metodología IPCC guías 2006.....	37

Acrónimos

ACOPI	Asociación Colombiana de Medianas y Pequeñas Industrias
AFOLU	Agricultura, Silvicultura y Otros Usos de la Tierra [<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
COVDM	Compuestos orgánicos volátiles distintos del metano
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
IMGEI	Inventario Municipal de Gases de Efecto Invernadero
INGEI	Inventario de Gases de Efecto Invernadero
IPCC	Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el cambio climático [<i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i>]
MADS	Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible
MinCIT	Ministerio de Comercio, Industria y Turismo
MinMinas	Ministerio de Minas y Energía
PCG	Potencial de calentamiento global
PFC	Perfluorocarbonos
PGIRS	Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos
PNUD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
PROURE	Programa de Uso Racional y Eficiente de Energía y Fuentes No Convencionales
PYMES	Pequeñas y Medianas Empresas
SGE	Sistemas de Gestión de Estiércol
UPME	Unidad de Planeación Minero Energética



Panorámica de Guadalajara de Buga
<http://bit.ly/1obfySd>

Introducción

Los efectos causados por el cambio climático en la actualidad han despertado gran interés en los países tanto industrializados como en vía de desarrollo, en la medida en que esta situación afecta a las poblaciones, el ambiente, la economía, entre otros factores. A raíz de lo anterior, la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) y el Protocolo de Kioto se presentan como medidas para hacerle frente a esta situación.

Al pertenecer a la CMNUCC, Colombia adquiere compromisos en lo relacionado con el desarrollo y elaboración de los Inventarios de Gases de Efecto Invernadero. Por lo anterior, el país ha generado dos reportes, y a la fecha se encuentra en la elaboración del Inventario de Gases de Efecto Invernadero (INGEI), a nivel nacional para el año 2010. Dicho reporte se está realizando bajo los lineamientos estipulados por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), a partir de las metodologías IPCC versión revisada 2006.

El presente trabajo comprende la elaboración del Inventario Municipal de Gases de Efecto Invernadero (IMGEI) para el municipio de Guadalajara de Buga, el cual permite identificar los aportes en emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), generados a partir de las diferentes actividades desarrolladas en el municipio.

En la primera parte del documento se presentan algunas de las generalidades contempladas en la elaboración del presente Inventario, abordando los GEI bajo los cuales se realizan la estimación de emisiones, una breve descripción de los diferentes sectores para los cuales se genera la cuantificación de emisiones, diferenciando las categorías específicas para cada uno. Seguido de lo anterior, se relaciona el método general mediante el cual se realiza la estimación de las emisiones, así como los diferentes niveles de estimación existentes, dependiendo de la información con que se cuente para la zona de interés. Se describen las buenas prácticas y orientaciones generales a partir de las guías IPPC versión revisada 2006, así como la identificación de las actividades a desarrollarse dentro del proceso de elaboración de los inventarios y los beneficios otorgados por este tipo de proyectos.

En la segunda parte del documento se realiza una caracterización del municipio de Guadalajara de Buga, identificando su entorno y características municipales. Finalmente, y considerando la dinámica del municipio, se presentan los cálculos estimados para cada uno de los sectores seleccionados como fuente de emisión en el municipio de Guadalajara de Buga.

El presente documento tiene, entre otros objetivos, brindar una idea más clara sobre las diferentes opciones a ser evaluadas en el proceso de mitigación de emisiones de GEI, para así promover el desarrollo sostenible de los sectores.



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 municipales 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 (CO_2)
- Metano (CH_4)
- Óxido nitroso (N_2O)
- Hidrofluorocarbonos (HFC)
- Perfluorocarbonos (PFC)
- Hexafluoruro de azufre (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 (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 CO_2 por deforestación como por captura de CO_2 por medio de sumideros forestales. Algunos procesos de producción industrial también emiten 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 (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 del 38% sobre las emisiones totales del país.

✓ Fuentes de óxido nitroso (N₂O)

Las emisiones de N₂O 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 (SF₆), 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 (NO_x)
- Compuestos orgánicos volátiles distintos del metano (COVDM)
- Dióxido de azufre (SO₂).

Sectores considerados para estimación de GEI

Para la estimación de emisiones de GEI de una determinada región o territorio, las guías IPCC 2006 definen 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

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 CO₂, el N₂O y el CH₄, tenemos que en el caso del CO₂, 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.

Para el N₂O, los ecosistemas lo emiten como subproducto de la nitrificación y la desnitrificación. En el caso del CH₄, este es emitido por metanogénesis en condiciones anaeróbicas en suelos y depósitos de estiércol, a través de la fermentación entérica y durante la combustión incompleta durante el quemado de 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 e incineración abierta de desechos
- Tratamiento y eliminación de aguas residuales.

Como lo enuncian las guías IPCC 2006, para el módulo residuos: “...las emisiones de CH_4 procedentes de los SEDS son la mayor fuente de emisiones de gases de efecto invernadero del Sector Desechos. Las emisiones de CH_4 procedentes del tratamiento y la eliminación de aguas residuales pueden ser importantes también”.

De igual manera señala: “La incineración y la incineración abierta de desechos que contienen carbono fósil, p. ej., los plásticos, son las más importantes fuentes de emisiones de CO_2 del Sector Desechos. “...El óxido nitroso se produce en la mayoría de los tratamientos abordados en el volumen Desechos. La importancia de las emisiones de N_2O varía mucho según el tipo de tratamiento y las condiciones existentes durante el tratamiento” (IPCC, 2006).

Métodos de estimación

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

$$\text{Estimación de emisión} = \frac{\text{Datos de actividad estimados} \times \text{Factor de emisión}}{\text{Factor de emisión}}$$

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:

$$Gg \text{ } CH_4 \times \text{ cabeza de ganado}$$

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:

$$\text{Estimación de emisión} = [\text{datos de actividad estimados} \times \text{factor(es) de conversión}] \times \text{Factor de emisión}$$

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 inventario de gases de efecto invernadero (INGEI).



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

Serie de tiempo

Para que este inventario municipal sea comparable con datos de los inventarios nacionales, se seleccionó el año 2010 como el período base para la estimación de emisiones. Lo anterior, teniendo en cuenta los compromisos adquiridos por Colombia ante la CMNUCC, dentro de los cuales se encuentra reportar periódicamente todas las emisiones de GEI (específicamente cada 2 años). En la Tercera Comunicación Nacional sobre Cambio Climático se generó el último reporte, año base 2010. Adicionalmente, todas las proyecciones nacionales y compromisos de reducción de GEI se realizarán basados en este año (*baselines*).

Con el mismo año base se trabajó para los municipios de Cali, Buga y Tuluá, manteniendo así la coherencia con los reportes del país.

Buenas prácticas

Se definen como un conjunto de principios metodológicos, acciones y procedimientos que se deben seguir para la estimación de emisiones y así 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 Inventario Municipal de Gases de Efecto Invernadero (IMGEI) para

los municipios de Palmira y Buga, 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 CO₂, CH₄ y N₂O) son convertidas a CO₂ equivalente (CO₂eq). 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 CO₂¹.

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

Cuadro 1. Potencial de calentamiento global.

Gas efecto invernadero	Potencial de calentamiento global
CO ₂	1
CH ₄	21
N ₂ O	310

Fuente: IPCC (2013).

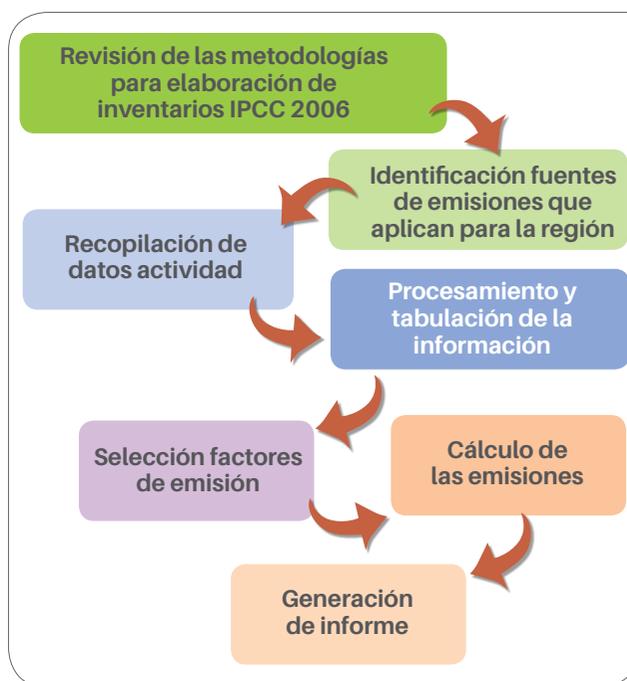


Figura 2. Etapas de desarrollo para un INGEI.

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 a la toma de decisiones más acertada, a nivel regional y local en materia de proyectos y políticas de mitigación del cambio climático.

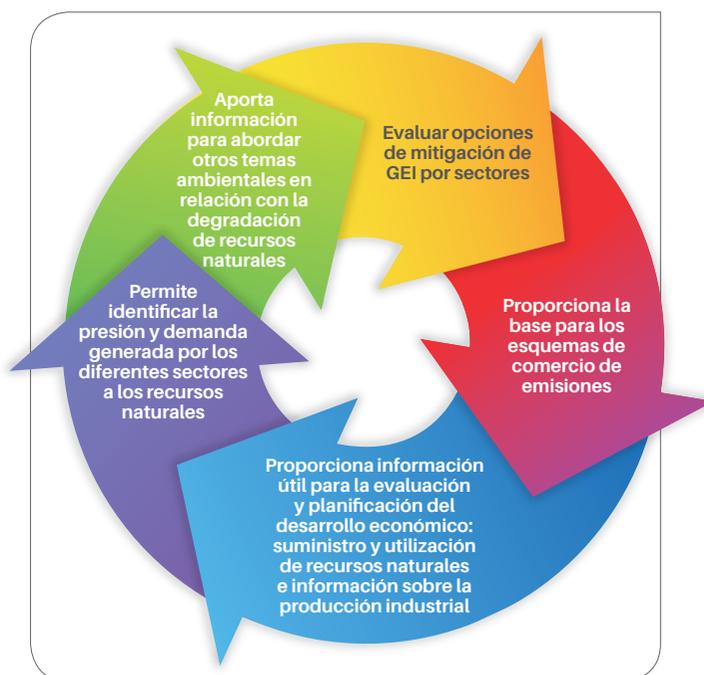


Figura 3. Beneficios adicionales del desarrollo del inventario de GEI municipal.

1 www.greenfacts.com.co



Circunstancias Municipales

La información recopilada en esta sección describe el estado del arte para la zona de interés a analizar en el presente inventario. Por esta razón se caracteriza el municipio de Guadalajara de Buga, con el fin de identificar las características principales de sus actividades productivas, así como su dinámica de desarrollo. En este sentido, y para dar desarrollo a lo anterior, la información fue recopilada de fuentes como la Alcaldía Municipal de Guadalajara de Buga-Secretaría de Planeación Municipal (Anuario estadístico 2014), la empresa de servicios públicos Aguas de Buga S.A. E.S.P, la empresa Gases de Occidente S.A. E.S.P y el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE).

Ubicación

El municipio de Guadalajara de Buga está ubicado en la zona centro del departamento del Valle del Cauca, en la zona angosta del valle geográfico y bajo las coordenadas 3° 54' 07" de latitud norte y 76° 18' 14" de longitud oeste. Está asentado en las estribaciones de la Cordillera Central sobre el costado derecho del río Guadalajara, el cual atraviesa el municipio de oriente a occidente.

Se distinguen dos zonas fisiográficas: la zona plana en las riberas del río Cauca y la zona montañosa en la Cordillera Central. La cabecera municipal se encuentra a 969 m.s.n.m., altitud que puede alcanzar hasta los 4.210 m.s.n.m. en el Páramo de Las Herosas.

La extensión territorial del municipio de Guadalajara de Buga es de 832 kilómetros cuadrados (km²), la cual se distribuye en 816 km² para el área rural y 16 km² para el área urbana, (Alcaldía Municipal de Guadalajara de Buga 2014), y un porcentaje de participación como lo muestra la Figura 5.

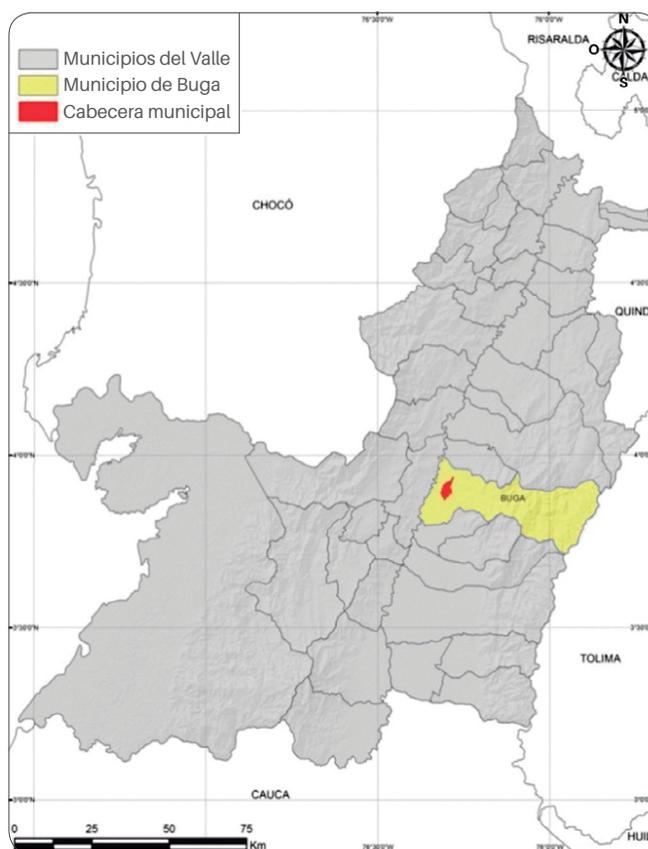


Figura 4. Mapa del municipio de Guadalajara de Buga en el departamento.

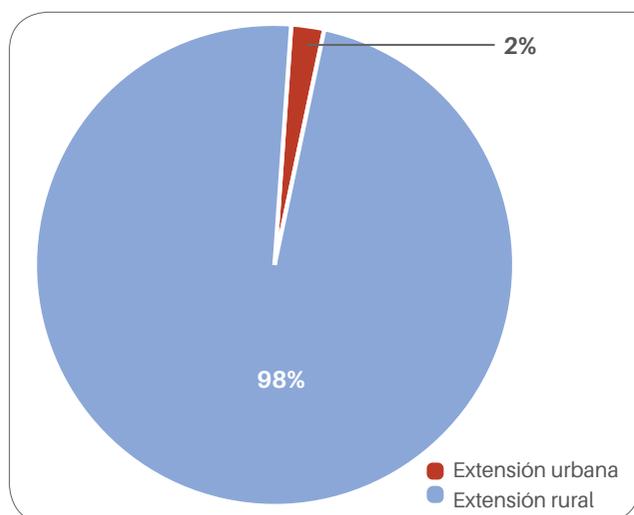


Figura 5. Extensión territorial de Guadalajara de Buga.

El municipio de Guadalajara de Buga presenta variedad de pisos térmicos, los cuales varían desde el clima frío en el páramo con una extensión de 271 km²; frío, 243 km²; medio, 169 km²; y cálido, 153 km². Adicional a lo anterior, y según información suministrada por el Anuario estadístico de Guadalajara de Buga para el año 2014, las alturas en estas zonas se encuentran desde los 1000 m.s.n.m. para el piso térmico cálido, de 1000 a 2000 m.s.n.m. para el piso térmico medio, 2000 a 3000 m.s.n.m. para el piso térmico frío, de 3000 a 3400 m.s.n.m. para el piso térmico muy frío, y los páramos, los cuales se pueden encontrar a más de 3400 m.s.n.m.

En el Cuadro 2 se presenta la información correspondiente a la clasificación y el área de cobertura de los pisos térmicos presentes en el municipio de Guadalajara de Buga.

Cuadro 2. Clasificación y área de cobertura de los pisos térmicos, Guadalajara de Buga.

Código	Piso térmico	Área (ha)	Porcentaje
C	Cálido	10.757,04	34,72
M	Medio	14.333,35	46,27
F	Frío	5.256,58	16,97
S	Muy frío	632,34	2,04
Total		30.979,31	100,00

Fuente: Alcaldía Municipal de Guadalajara de Buga (2014).

En lo relacionado con los límites de Buga con sus municipios aledaños, este municipio limita al norte con el municipio de San Pedro, por el perímetro rural por la Quebrada Presidente, desde su nacimiento en la Cordillera Central hasta su desembocadura en el río Cauca.

Al nordeste limita con el municipio de Tuluá, por el río Tuluá hasta el nacimiento en el Páramo de Barragán en la Cordillera Central.

Al sur limita con el perímetro rural de Guacarí, por el río Sonso desde su nacimiento en la Cordillera Central hasta su desembocadura en el río Cauca.

Al oriente limita con el departamento del Tolima, por la sierra alta de la Cordillera Central desde el nacimiento del río Tuluá hasta un punto frente al nacimiento del río Sonso.

Al occidente limita con el perímetro rural del municipio de Yotoco, por el río Cauca desde la desembocadura del río Sonso hasta la Quebrada Presidente. Por el Sur oriente, con el municipio de El Cerrito (Alcaldía Municipal de Guadalajara de Buga, 2014).

A partir de datos de población generados por el Censo realizado por el DANE en el año 2005 y su proyección generada para el año 2010, para el cual se realizó el INGEI, la población en Guadalajara de Buga era de 116.101, concentrada de la siguiente manera: 85,82% casco urbano, 14,35% zona rural (DANE, 2005).

Según información del Anuario estadístico, para el año 2014, el municipio de Guadalajara de Buga dispone de los siguientes servicios básicos necesarios: de energía eléctrica, alcantarillado, teléfonos.

- **Alcantarillado:** Según información de la empresa de servicios públicos Aguas de Buga S.A. E.S.P, quien presta el servicio de acueducto y alcantarillado para el municipio, para los años 2012 a 2014 el servicio de alcantarillados se brinda para el sector residencial (en sus 6 estratos sociales), además del sector comercial, industrial, oficial y especiales.
- **Acueducto:** La empresa Aguas de Buga S.A. E.S.P presta este servicio desde el año 2012 al sector residencial en su totalidad (estratos 1 al 6), además del sector comercial, industrial, oficial y especiales.
- **Gas:** Servicio prestado en zona urbana, a los estratos 1 al 6 por la empresa Gases de Occidente S.A. E.S.P.
- **Aseo:** En la zona rural en los años 2012 a 2014, este servicio se ofrece al sector residencial (presentando el mayor porcentaje de suscriptores en el estrato

No. 2, seguido del estrato No. 1), además de los sectores comercial, industrial y oficial. En la zona urbana, el servicio se ofrece para los mismos sectores, a diferencia de que el mayor porcentaje de suscriptores se presenta en el sector residencial, estrato No. 2, estrato No. 3 y estrato No. 1, respectivamente.

Agricultura

Aun cuando Guadalajara de Buga sostiene su economía a partir del comercio, la industria y la ganadería, la agricultura representa una fuente importante de sus actividades productivas. Según lo anterior, se identifica la presencia de cultivos de algodón, soya, maíz, millo, café, caña de azúcar, plátano, frijón, papa, yuca, cacao, sorgo, hortalizas y frutales.

Industria

A partir de la información suministrada en el anuario estadístico del municipio, las empresas han presentado una constante variación desde el 2012, año en el cual se registraban 3.927 empresas, las cuales aumentaron para el año 2014 a 4.076. El mayor porcentaje de variación en el incremento de la industria se ha visto reflejado en un 2,75%, mientras que para los años 2013 a 2014 el incremento representó un 0,93%. Esta información se presenta en el Cuadro 3

Cuadro 3. Cantidad de empresas en el municipio de Guadalajara de Buga.

Año	Cantidad de empresas	Porcentaje
2012	3.927	32,61
2013	4.038	33,54
2014	4.076	33,85
Total	12.041	100,00

Fuente: Alcaldía municipal de Guadalajara de Buga (2014).

De acuerdo con las diferentes actividades económicas desarrolladas en el municipio, se encuentran empresas por actividad: comercio en general, alojamiento y servicios, industria, transporte y almacenamientos, entre otras.

Para los años 2012 a 2014, la actividad de la agricultura y ganadería registró 103, 102 y 107 empresas, respectivamente, lo cual representa un porcentaje de participación de esta actividad económica del 2,63% en relación con las aproximadamente 4000 empresas registradas en el municipio (Alcaldía Municipal de Guadalajara de Buga, 2014).

Según el tamaño de las empresas en el municipio de Guadalajara de Buga, el mayor número de ellas se ubican en la microempresa, seguido de la pequeña, mediana y gran empresa; dicho comportamiento se ha mantenido constante desde el año 2012 a 2014, de acuerdo con la información suministrada por la Alcaldía Municipal, la cual se presenta en la Figura 6.

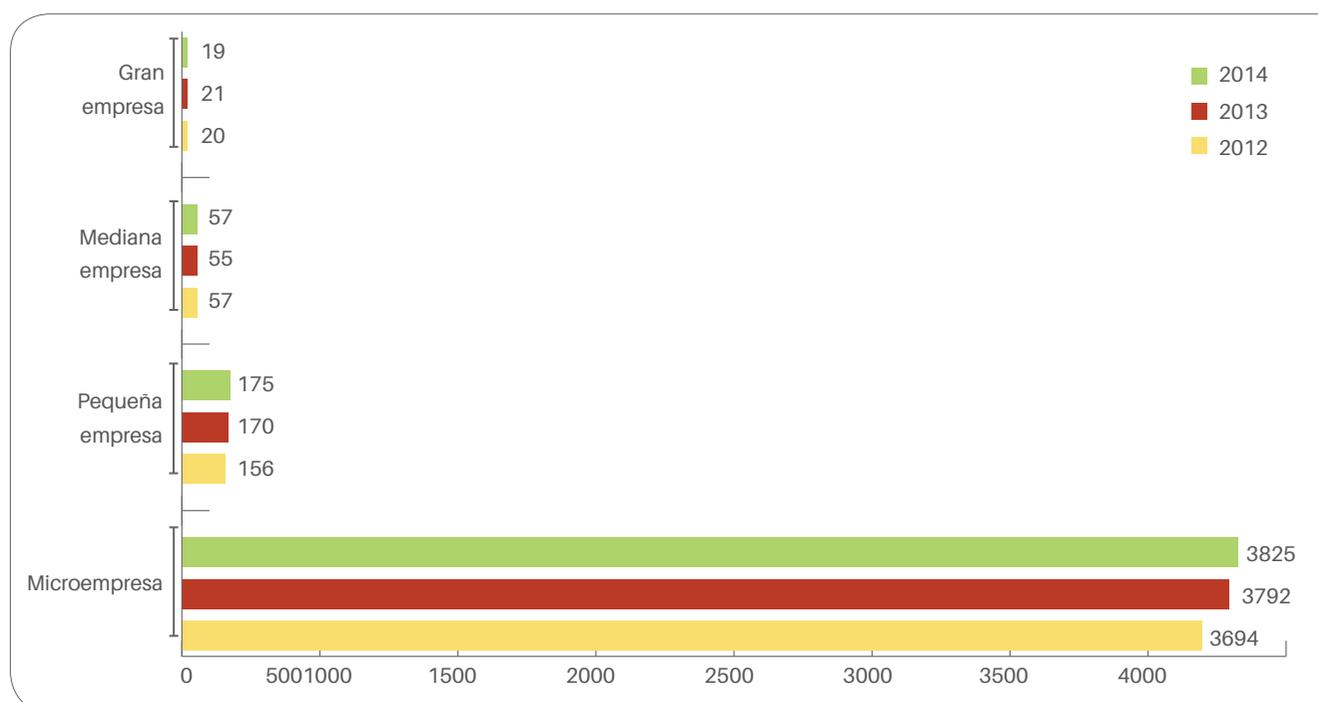


Figura 6. Empresas según su tamaño en el municipio de Guadalajara de Buga, años 2012 a 2014.

Fuente: Alcaldía Municipal de Guadalajara de Buga (2014).



Módulo Energía

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. Esta categoría contempla 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.

Cuadro 4. Fuentes de emisión sector energía.

1 Sector energía		Estado de avance ^a
1A1. Industrias de la energía		
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
1A2. Industrias manufactureras y de la construcción		
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

(Continúa)

(Continuación)

1 Sector energía		Estado de avance ^a
1A2. Industrias manufactureras y de la construcción		
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
1A4. Otros sectores		
1A4a	Comercial/institucional	EC
1A4b	Residencial	EC
1A4ci	Agricultura estacionaria	II
1A4ciii	Pesca	NA
1A3b Transporte terrestre		
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
1B Emisiones fugitivas		
1B1ai	Emisiones fugitivas por minería subterránea de carbón	NA
1B1aii	Emisiones fugitivas por minería terrestre de carbón	NA

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

a. 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.

Datos de actividad

Los datos de consumo de combustibles fósiles, consolidados por el equipo del CIAT y suministrados a partir de la empresa Gases de Occidente S.A. E.S.P y la CVC, se presentan en el Cuadro 5.

Cuadro 5. Datos de consumo de combustibles fósiles, Guadalajara de Buga.

Consumo de gas natural	4.725.910 m ³	Gases de Occidente S.A. E.S.P
Consumo de ACPM	42.245 gal	CVC
	217 gal	
	175.200 gal	
Gasolina	93.345 gal	CVC
	18.771 gal	
Carbón	9.636.000 kg	CVC
	4.955.657 kg	
	4.955.657 kg	
	3.504.000 kg	

Fuente: Información aportada por Gases de Occidente S.A., 2015.

En el Cuadro 6, se presentan los datos de consumo de gas natural en los sectores residencial y comercial del municipio de Guadalajara de Buga, información

que fue suministrada por el equipo del CIAT a partir de información solicitada a la empresa de servicios públicos.

Cuadro 6. Datos de consumo de gas natural - Sector residencial y comercial.

Variable	Cantidad
Consumo de gas natural - Sector residencial	3.571.379 m ³
Consumo de gas natural - Sector comercial	1.076.825 m ³

Fuente: Información aportada por Gases de Occidente S.A., 2015.

Factores de emisión

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

Cuadro 7. Factores de emisión por defecto.

GEI	Factor de emisión
CO ₂	56.100 kg CO ₂ /TJ
CH ₄	5 kg CH ₄ /TJ
N ₂ O	0,1 kg N ₂ O/TJ

Fuente: IPCC (2006).

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

Se estimaron las emisiones de los gases CO₂, CH₄ y N₂O, generados por el sector industrial, residencial y comercial en el municipio de Guadalajara de Buga, a partir de la metodología referenciada en las directrices IPCC 2006, versión revisada del 2006. Los resultados de la estimación se consolidan en el Cuadro 8.

De acuerdo con los datos de consumo utilizados en el caso de consumo de carbón, ACPM y gasolina, estos se consultaron directamente de las empresas, situación que puede generar un alto nivel de incertidumbre en el dato de emisión final. Por lo anterior, se recomienda usar únicamente valores que puedan ser verificables por una autoridad ambiental o territorial.

Cuadro 8. Resultados de las emisiones industrias manufactureras y de la combustión y otros sectores.

Sector		Emisiones netas de GEI (t)			CO ₂ eq
4	Energía	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	
1.A.2	Industrias manufactureras y de la construcción	80.085	7	1	80.546
1.A.2.a	Quema de combustibles sector industrial	71.063	7	1	71.502
1.A.4	Otros sectores				
1.A.4.a	Quema de combustibles sector comercial	2.090	0	0	2.095
1.A.4.b	Quema de combustibles sector residencial	6.932	1	0	6.949

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

Transporte: (1A3b) Transporte terrestre

Para el municipio de Guadalajara de Buga se estimaron las emisiones de GEI generadas por el sector transporte a partir del consumo de combustibles fósiles.

Para las emisiones de GEI generadas por el consumo de gasolina en el transporte terrestre, se usó información sobre el parque automotor al año 2010, facilitada por el equipo del CIAT, a partir de los documentos generados por la Alcaldía Municipal de Guadalajara de Buga.

Según información obtenida de la Alcaldía Municipal, se estima que en Guadalajara de Buga el medio de transporte más comúnmente utilizado por los ciudadanos es la motocicleta, con 3.480 unidades registradas en 2010.

Por otra parte, Guadalajara de Buga cuenta con aproximadamente 9 unidades en lo relacionado con medio de transporte público colectivo urbano y suburbano, entre bus, busetas y microbús.

A partir de la información presentada por la Alcaldía Municipal de Guadalajara de Buga, se identificó que para el año 2010, en el municipio de Guadalajara de Buga, el tipo de vehículo con mayor circulación fue la motocicleta, con 3.486 unidades matriculadas, seguido

del automóvil, con 310 unidades, y medios de transporte como el campero y la camioneta registraron alrededor de 80 unidades.

En el caso de medios de transporte designados para actividades específicas, tales como tractocamión y maquinaria industrial, presentaron menos de 10 unidades matriculadas cada uno.

De lo anterior se concluye que a partir de las unidades registradas para cada medio de transporte, los camiones para servicio ligero, así como los camiones para servicio pesado y autobuses, son los que registraron menor número de unidades circulando en el municipio para el año 2010.

Datos de actividad

El consumo de combustibles fósiles es el principal dato de actividad requerido para estimar emisiones de GEI en el sector transporte. En ese sentido, y ya que el municipio no cuenta con ese dato consolidado anualmente, se generó la consulta del parque automotor municipal al año 2010, con el propósito de lograr cuantificar las emisiones generadas por esta categoría.

En el Cuadro 9, se presenta la información respectiva, la cual se obtuvo por medio del CIAT, a partir de la información solicitada a la Alcaldía Municipal.

Cuadro 9. Parque automotor Guadalajara de Buga, 2010.

Tipo de vehículo	Total	Homologación con categorías del IPCC	
Automóvil	310	1A3bi Automóviles	348
Campero	38		
Camioneta	42		
Ambulancia	1	1A3bii Camiones para servicio ligero	43
Bus	1		
Buseta	2	1A3biii Camiones para servicio pesado y autobuses	26
Camión	12		
Microbús	6		
Tractocamión	5		
Volqueta	0		
Maquinaria industrial	0		
Motocicleta	3.480	1A3biv Motocicletas	3.486
Motocarro	6		
Total	3.903		3.903

Fuente: A partir de información de la Alcaldía Municipal de Guadalajara de Buga, 2011.

Adicional al parque automotor para el año de interés, se requiere como dato de actividad información correspondiente a 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 la información relacionada, se consultaron estimaciones nacionales. Para este caso en especial, a partir de 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.

La información correspondiente a la distancia típica recorrida en un año según el modo de transporte se estimó a partir de la información suministrada en la gráfica 3.11 (Distancia típica recorrida según modos de transporte de servicio interurbano en Colombia en el año 2009).

En lo relacionado con la distancia promedio recorrida según el modo de transporte, esta se estimó a partir de la información referenciada en la gráfica 3.12 (Distancia típica recorrida según modos de transporte de servicio urbano en Colombia en el año 2009), la cual se presenta en el Cuadro 10.

Cuadro 10. Datos de actividad sector transporte terrestre.

Clase de vehículo	Número de vehículos	km recorridos año por vehículo	Consumo en galones de combustible - total (gasolina)
1A3bi Automóviles	348	17.885	203.066
1A3bii Camiones para servicio ligero	43	18.141	39.597
1A3biii Camiones para servicio pesado y autobuses	26	31.147	67.711
1A3biv Motocicletas	3.486	11.370	278.140

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 estimados, se toman los referenciados en las guías del IPCC.

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 CO₂, CH₄ y N₂O para el sector transporte terrestre.

Cuadro 11. Factores de emisión para el sector transporte.

GEI	Factor de emisión
CO ₂	69.300 kg CO ₂ /TJ
CH ₄	33 kg CH ₄ /TJ
N ₂ O	3,2 kg N ₂ O/TJ

Fuente: IPCC (2006).

Cuadro 12. Resultados de las emisiones sector transporte.

Sector		Emisiones netas de GEI (t)			CO ₂ eq
4	Energía	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	
1A3b	Transporte terrestre	4.962	2	0	5.083
1A3bi	Automóviles	1.712	1	0	1.754
1A3bii	Camiones para servicio ligero	334	0	0	342
1A3biii	Camiones para servicio pesado y autobuses	571	0	0	585
1A3biv	Motocicletas	2.345	1	0	2.402

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

Análisis de resultados sector energía

Cuadro 13. Resultados estimación emisiones totales sector energía.

Sector		Emisiones netas de GEI (t)			CO ₂ eq
		CO ₂	CH ₄	N ₂ O	
4	Energía				
1.A.2	Industrias manufactureras y de la construcción	80.085	7	1	80.546
1.A.2.a	Quema de combustibles sector industrial	71.063	7	1	71.502
1.A.4	Otros sectores				
1.A.4.a	Quema de combustibles sector comercial	2.090	0	0	2.095
1.A.4.b	Quema de combustibles sector residencial	6.932	1	0	6.949
1A3b	Transporte terrestre	4.962	2	0	5.083
1A3bi	Automóviles	1.712	1	0	1.754
1A3bii	Camiones para servicio ligero	334	0	0	342
1A3biii	Camiones para servicio pesado y autobuses	571	0	0	585
1A3biv	Motocicletas	2.345	1	0	2.402
Total sector energía		85.047	10	1	85.629

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

En la Figura 7 se puede observar la participación porcentual de cada una de las fuentes de emisión incluidas en el presente inventario, a partir de los resultados obtenidos sobre las emisiones totales estimadas para el sector energía (Cuadro 13).

Dentro de la categoría de quema de combustibles por fuentes fijas, la quema de combustibles del sector industrial es identificada como la principal fuente de

emisión con una participación del 84% del total de las emisiones del sector, seguido de la categoría de quema de combustibles del sector residencial con 8%.

Respecto a la categoría de quema de combustibles por fuentes móviles, las categorías correspondientes a motocicletas y automóviles generan alrededor del 5% del total de las emisiones estimadas.

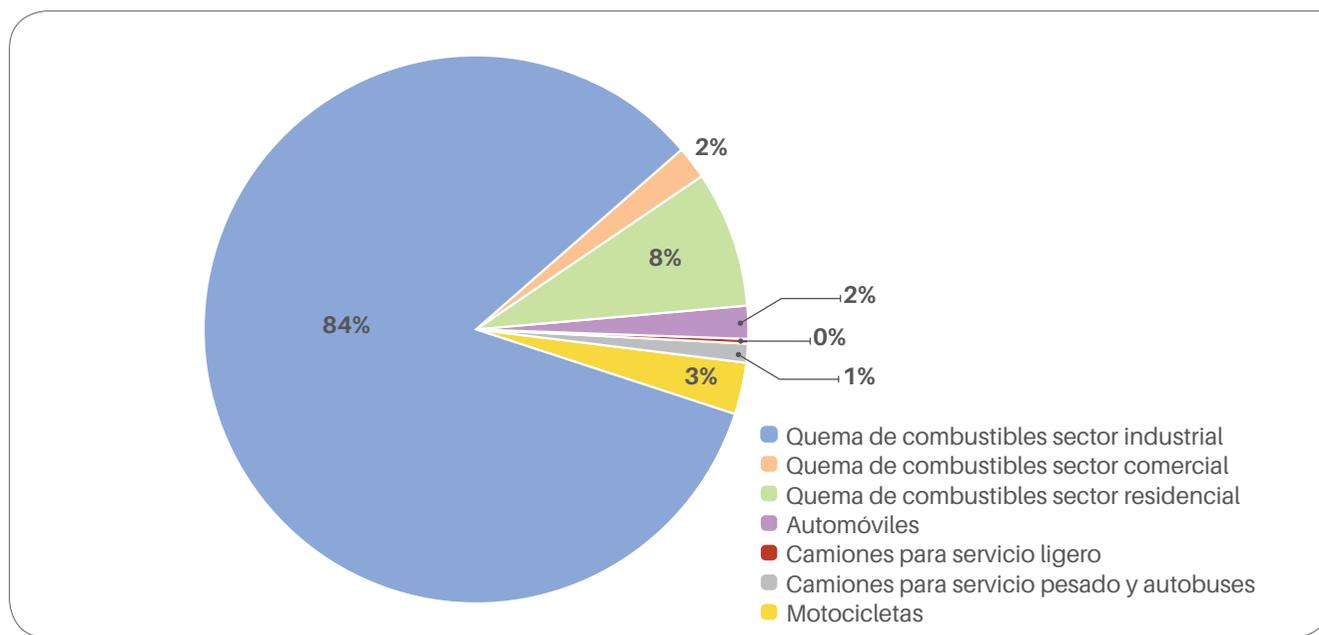


Figura 7. Emisiones de CO₂eq por categoría fuente para el año 2010.

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

Según los resultados agregados por cada categoría, fuentes fijas y fuentes móviles, se observa que en lo correspondiente a industrias manufactureras y de la construcción, esta es la principal fuente de emisión del

sector energía en el municipio de Guadalajara de Buga, con una participación del 94% de las emisiones totales (Figura 8).

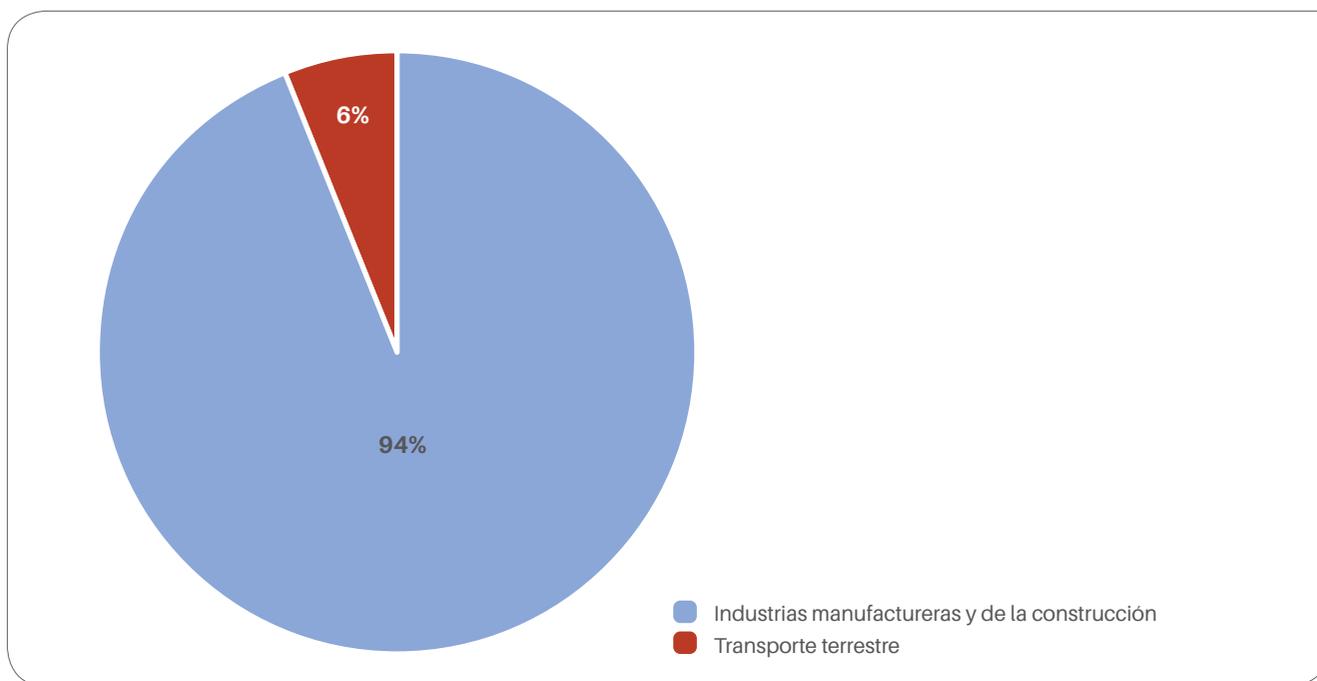


Figura 8. Emisiones de CO₂eq por categoría para el año 2010.

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


<http://bit.ly/1PI6ivr>

Módulo Agricultura

Cuadro 14. Fuentes de emisión sector AFOLU.

3 AFOLU	Estado de avance ^a
3A: Ganadería	
3A1: Fermentación entérica	EC
3A2: Gestión de estiércol	EC
3B: Tierra	
3B1: Tierras forestales	EC
3B2: Tierras de cultivo	EC
3B3: Pasturas	EC
3B4: Humedales	EC
3B5: Asentamientos	EC
3B6: Otras tierras	EC
3C: Fuentes agregadas y emisiones de no CO₂ provenientes de la tierra	
3C1: Quema de biomasa	EC
3C2: Encalado	II
3C3: Aplicación de urea	II
3C4: Emisiones directas de N ₂ O de suelos gestionados	EC
3C5: Emisiones indirectas de N ₂ O de suelos gestionados	EC
3C6: Emisiones indirectas de N ₂ O de gestión de estiércol	EC
3C7: Cultivo del arroz	NA

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

a. 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.

Ganadería

Las actividades ganaderas y su aporte de GEI provienen principalmente de la emisión de CH₄ a causa de procesos como la fermentación entérica y la gestión de estiércol. En el caso de emisiones de N₂O, estas se generan en los sistemas de gestión de estiércol, los cuales provienen de los sistemas de producción pecuaria considerados para el municipio de Guadalajara de Buga para el año 2010.

Para este municipio, la especie de bovinos se divide 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, pollo de engorde y conejos. El número de población de cada especie ganadera se describe en el Cuadro 15; por otra parte, los datos de actividad para este cálculo fueron consultados por parte del equipo del CIAT y corresponden a datos oficiales del Anuario Estadístico de Guadalajara de Buga para año 2014.

En lo correspondiente a la población del pollo de engorde, el dato fue ajustado a partir de la ecuación 10.1 (IPCC, 2006, Vol. 4, Cap. 10), a razón de que la población de esta especie tiene un ciclo de vida menor a 365 días, dato que debe ajustarse de acuerdo al ciclo nacional a 52 días, según lo propuesto por la Federación Nacional de Avicultores. En el caso de las especies restantes, se realizó el cálculo de emisiones con las poblaciones registradas en el anuario estadístico anteriormente citado.

Cuadro 15. Población de diferentes especies ganaderas registradas, Guadalajara de Buga, año 2010.

Especie doméstica (t)	Número de animales registrados
Ganado de leche	6.698
Otro ganado bovino	13.537
Búfalos	1.250
Ovejas	4.750
Caballos	3.325
Mulas y asnos	435
Porcinos < 6 meses	18.402
Porcinos > 6 meses	1.463
Aves ponedoras	1.218.000
Pollo de engorde	1.084.734
Conejos	2.100

Fuente: Alcaldía Municipal de Guadalajara de Buga (2010).

Emisiones de metano (CH₄) por fermentación entérica

Para el año 2010 se cuantificaron 1.366 t de CH₄, provenientes de la fermentación entérica², las cuales corresponden a 28.687 t de CO₂ equivalente, emisiones provenientes de las especies pecuarias de bovinos, búfalos, ovejas, caballos, mulas, asnos y porcinos.

Para el año 2010, la participación de los bovinos fue del 87% del total de las emisiones de CH₄ del municipio por fermentación entérica, dentro de las cuales el ganado de leche emitió el 31,1% de participación, correspondiente a 422 t de CH₄, mientras que otro ganado bovino contribuyó con 55,9% restante de participación, correspondiente a 758 t de CH₄, respectivamente.

La participación de búfalos con 5%, correspondiente a 69 t de CH₄, se encuentra precedido por la población equina con una participación del 4,41%, con 60 t de CH₄ emitidas.

En relación con la población porcina, esta cuenta con una población de 19.865 animales, registrando el 1% del total de las emisiones, correspondiente a 20 t de CH₄.

En la Figura 9 se presenta el porcentaje de participación de emisiones de CH₄ por fermentación entérica de las diferentes especies pecuarias registradas para el municipio de Guadalajara de Buga para el año 2010.

² 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 CH₄, proveniente de las bacterias metanogénicas.

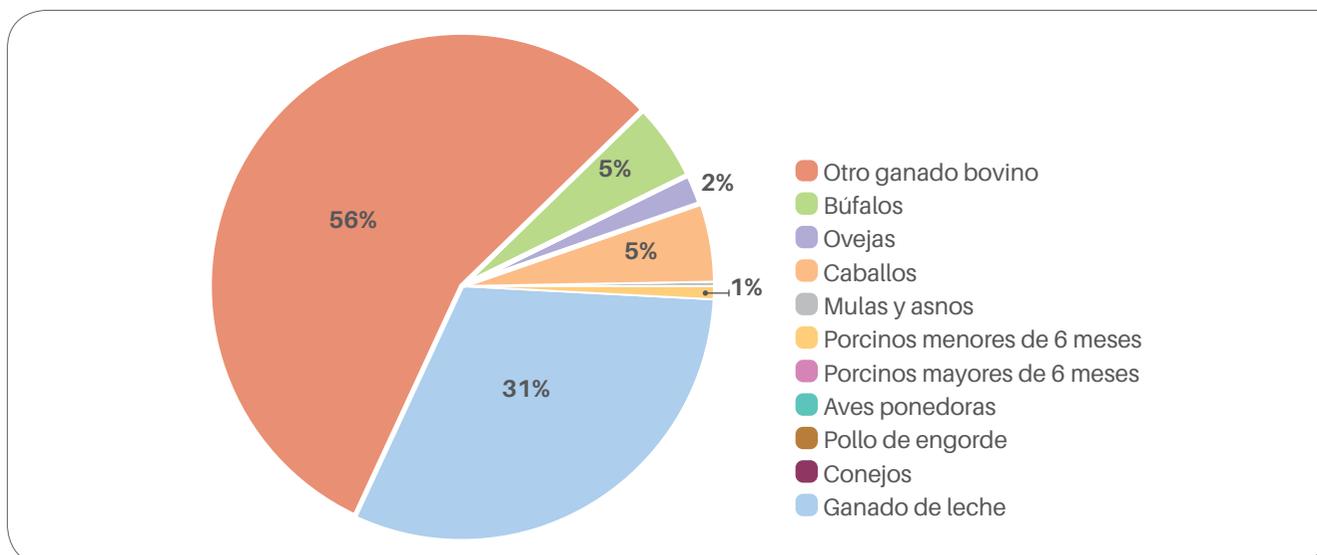


Figura 9. Porcentaje de participación de emisiones de CH₄ por fermentación entérica de diferentes especies ganaderas, Guadalajara de Buga, 2010, metodología IPCC guías 2006.

Emisiones de metano (CH₄) por gestión de estiércol

Las emisiones de CH₄ provenientes de la gestión de estiércol para el año 2010, se cuantificaron en 509 t de CH₄, correspondientes a 10.684 t de CO₂ equivalente, a partir de las características propias del municipio de Guadalajara de Buga, que cuenta con poblaciones importantes de aves, bovinos y porcinos.

Las emisiones registradas por los sistemas avícolas fueron del 91%, de los cuales las aves ponedoras tuvieron una participación del 47,9% y las aves de engorde del 43%, correspondiente a 244 y 217 t de CH₄, respectivamente. Este alto porcentaje de participación de la población avícola está explicado principalmente por el censo de animales que se registró en el municipio para el año 2010, el cual fue de 2.3 millones de animales.

Otros sistemas pecuarios y sus participaciones de CH₄ fueron los bovinos, los cuales presentaron emisiones del 3,98%, que corresponden a 20,2 t de CH₄, al igual que los porcinos de los cuales se cuantificaron emisiones correspondientes a 3,91%, equivalente a 19,9 t de CH₄ restante del total de CH₄ emitido por la gestión del estiércol.

En la Figura 10 se pueden apreciar los porcentajes de participación de todas las especies pecuarias censadas para el municipio de Guadalajara de Buga en el año base 2010.

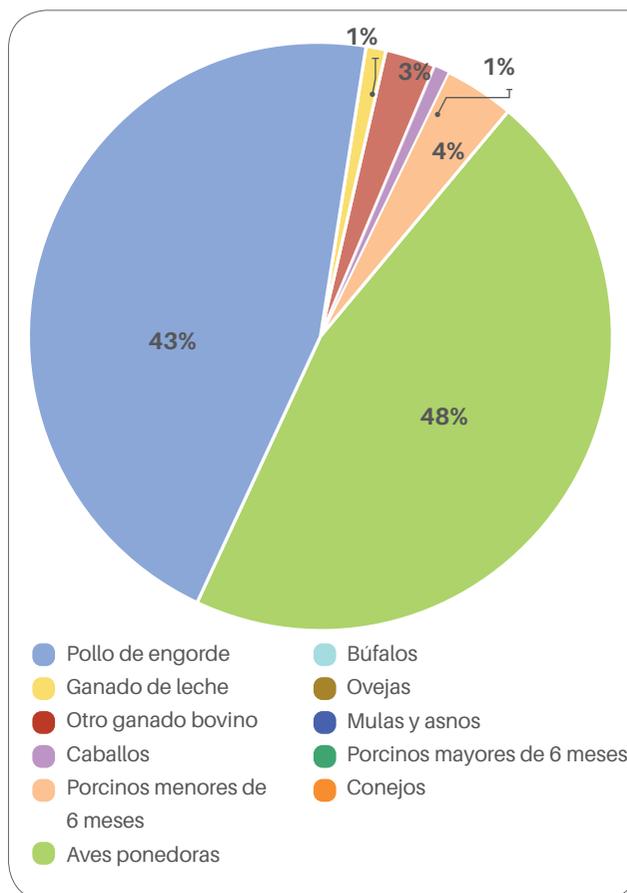


Figura 10. Porcentaje de participación de emisiones de CH₄ por gestión de estiércol de diferentes especies ganaderas, Guadalajara de Buga, 2010, metodología IPCC guías 2006.

Emisiones directas de óxido nitroso (N₂O) por gestión de estiércol

Para la estimación de las emisiones generadas por N₂O se tiene en cuenta el uso de los sistemas de gestión de estiércol (SGE) relacionados a continuación:

- Pasturas (para bovinos, equinos, búfalos, ovejas, mulares y asnares)

- Manejo de sólidos (principalmente para aves y conejos)
- Corral de engorde (principalmente para porcinos)
- Elaboración de abonos orgánicos.

En el Cuadro 16 se presentan los porcentajes de cada sistema de gestión de estiércol para cada especie pecuaria utilizados en la presente consultoría para el cálculo de las emisiones directas de N₂O por la gestión de estiércol.

Cuadro 16. Utilización de diferentes sistemas de gestión de estiércol, Guadalajara de Buga, año 2010.

Especie doméstica (t)	Sistema de gestión de estiércol (%)				
	Pasturas	Corral de engorde	Manejo de sólidos	Elaboración de abonos orgánicos	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).

Para obtener el dato correspondiente a la tasa de excreción diaria de nitrógeno por parte de cada animal tipo de cada categoría, y el cual es indispensable para conocer las emisiones totales de N₂O, al igual que para el municipio de Palmira, se consideró un peso promedio para cada animal tipo. En el caso del ganado lechero, el peso promedio considerado fue de 520 kg, 395 kg para otro ganado bovino, 380 kg búfalos, 28 kg ovejas, 30 kg cabras, 238 kg equinos, 130 kg mulas y asnos, 1,8 kg aves ponedoras y 1,6 kg para conejos.

Los anteriores pesos se tomaron de las guías IPCC 2006 (Vol. 4, Cap. 10, Cuadros 10A-1-10A-9). En el Cuadro 17 se presentan los pesos típicos y la tasa de excreción de nitrógeno para cada animal tipo.

Cuadro 17. Tasa de excreción de nitrógeno y peso tipo para especies domésticas registradas, Guadalajara de Buga.

Especie doméstica (t)	N tasa (t) (en kg/día)	TAM (t) (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).

Las emisiones de N₂O estimadas por gestión de estiércol a partir de los diferentes sistemas para el municipio de Guadalajara de Buga, arrojó un total de 49,5 t de N₂O, correspondientes a 15.345 t de CO₂ equivalente.

El sistema de gestión de estiércol con mayor participación de emisiones aportante a esta categoría es el de elaboración de abono orgánico, con 61% de participación, correspondiente a 30,3 t de N₂O. El segundo sistema de gestión de estiércol en importancia es el de manejo de sólidos, ya que presenta 20,4% de participación por emisiones equivalente a 10,1 t de N₂O. Por su parte, los SGE correspondientes a corral de engorde y camas profundas, aportaron cerca del 18% restante de las emisiones directas de N₂O por gestión de estiércol. La información anteriormente citada se presenta en la Figura 11.

Resultados - Sector ganadería

Las emisiones del sector ganadería en el municipio de Guadalajara de Buga para el año 2010 se cuantificaron en 54.717 t de CO₂ equivalente, contemplaron la estimación de emisiones de CH₄ por fermentación entérica y gestión de estiércol, correspondiente a 28.687 y 10.684 t, respectivamente, y aquellas emisiones de N₂O provenientes de emisiones directas de gestión de estiércol, contabilizadas en 15.345 t.

El principal aportante de emisiones para el sector ganadería fue la fermentación entérica, con 28.687 t de CO₂ equivalente, seguida de las emisiones directas de N₂O por gestión de estiércol.

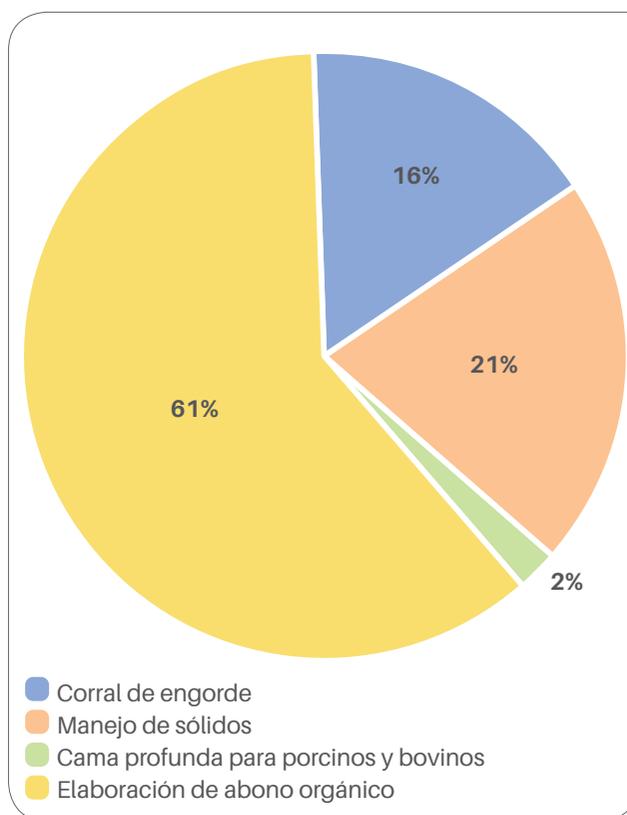


Figura 11. Porcentaje de participación de emisiones directas de N₂O por gestión de estiércol, Guadalajara de Buga, 2010, metodología IPCC guías 2006.

Las emisiones totales para el sector ganadería en el municipio de Guadalajara de Buga para el año 2010 se presentan en el Cuadro 18.

Cuadro 18. Resultados emisiones de actividades ganaderas, Guadalajara de Buga, año 2010.

Sector		Emisiones netas de GEI (t)		CO ₂ eq
		CH ₄	N ₂ O	
3	AFOLU			
3A	Ganadería	38.372	15.345	54.714
3A1i	Fermentación entérica	1.366		28.687
3A1ii	Gestión de estiércol	508,8		10.684
3A2	Directas de N ₂ O por gestión de estiércol		49,5	15.345

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

Tierras

En el módulo Agricultura, Silvicultura y otros Usos de la Tierra (AFOLU, por sus siglas en inglés), de las “Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero” se dan los lineamientos para evaluar 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. Específicamente en el sector denominado 3B-Tierras, el IPCC (2006) divide los usos de la tierra en seis categorías principales: 3B1-Tierras Forestales, 3B2-Tierras de Cultivo, 3B3-Pastizales, 3B4-Humedales, 3B5-Asentamientos y 3B6-Otras Tierras.

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 está condicionado por la disponibilidad y calidad de información que se encuentre para la región en estudio. El ideal de cualquier inventario de GEI para el sector 3B es determinar los cambios en las existencias de carbono que se dan en las tierras que, a lo largo de un período, permanecen en una categoría específica, y los cambios en las existencias de carbono que se dan en tierras que han cambiado de una categoría a otra. Adicionalmente para cada una de las categorías de permanencia o cambio de la tierra que pueden darse en un territorio, se deben cuantificar, de forma diferenciada para cada una de estas categorías (de cambio o permanencia), los incrementos (absorciones) y las remociones (emisiones) de las existencias de carbono en tres depósitos: la biomasa, la materia orgánica muerta y los suelos.

Un aspecto que determina la calidad del inventario para el sector 3B es garantizar que el análisis de tierras debe cumplir con una coherente representación de las tierras (IPCC 2006, Vol. 4, Cap. 3), el cual consiste en 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 está basada en los lineamientos suministrados para el Vol. 4: Agricultura, Silvicultura y

otros usos de la Tierra (AFOLU) de las Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases efecto invernadero.

Para la elaboración del inventario se usó el nivel metodológico 1, utilizándose los valores por defecto suministrados en las directrices del IPCC (2006). La representación coherente de la superficie de la tierra se basó en el método uno, “Superficie total del uso de la tierra, no existen datos de conversión entre los usos de la tierra” (IPCC, 2006).

Debido a la información suministrada, el presente inventario solo incluye el cálculo de las existencias de carbono del depósito de biomasa para las siguientes categorías:

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 entre las diferentes categorías de la tierra (tierras forestales, 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

La superficie oficial del municipio de Guadalajara de Buga corresponde a 83.200 ha, de las cuales su mayor proporción pertenece a tierras forestales y pastizales, seguida por tierras de cultivos (Cuadro 19). La tasa de cambio fue calculada a partir del ajuste de la deforestación departamental reportado por 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 coherente de las tierras (IPCC 2006, Vol. 4, Cap. 3), se observa que las tierras forestales en mayor proporción y las de cultivo presentan una tasa de cambio negativa (pérdida de

superficie), influenciadas principalmente por una tasa anual de cambio positiva de la superficie de pastizales. La tasa de cambio de asentamientos y humedales, aunque positiva, es muy baja.

Cuadro 19. Superficie de la tierra y tasa anual de cambio, Guadalajara de Buga.

Uso de la tierra	Superficie de la tierra de los años de comparación (ha)		Tasa de cambio anual (ha/año)
	2007	2010	
Forestal	33.851	33.437	-138
Cultivos	12.110	12.097	-4
Pastizales	36.208	36.634	142
Humedales	765	765	$8,29 \times 10^{02}$
Asentamientos	266	266	$9,42 \times 10^{02}$
Total	83.200	83.200	0

Con la aproximación metodológica utilizada, basada en el balance neto global de los cambios de la tierra, fue posible observar cambios netos entre tierras forestales y de cultivos que se convirtieron en pastizales.

A continuación se pueden observar las superficies ajustadas y calculadas para el inventario GEI del año 2010 del municipio de Guadalajara de Buga:

Cuadro 20. Superficie de las categorías de cambio evaluadas en el inventario GEI de Guadalajara de Buga.

Código categoría	Categoría de cambio de uso de la tierra	Área (ha)
3B1a	Tierras forestales que permanecen	33.437
3B2a	Cultivos que permanecen	12.097
3B3a	Pastizales que permanecen	36.492
3B3b	Tierras forestales convertidas en pastizales	138
3B3b	Cultivos convertidos en pastizales	4
3B4a	Humedales que permanecen	765
3B5a	Asentamientos que permanecen	266
Total		83.200

Factores de emisión

3B1a Tierras forestales que permanecen

- Crecimiento promedio anual de la biomasa aérea (G_w):
 - Bosque natural: $0.9 \text{ (t ms ha}^{-1} \text{ año}^{-1}\text{)}$
 - Bosque plantado: $5 \text{ (t ms ha}^{-1} \text{ año}^{-1}\text{)}$
- Relación biomasa aérea y subterránea (R):
 - Bosque natural: $0.27 \text{ [t bs ms (t ba ms)}^{-1}\text{]}$
 - Bosque plantado: $0.2 \text{ [t bs ms (t ba ms)}^{-1}\text{]}$
 - Para remociones por aprovechamiento: $0.31 \text{ [t bs ms (t ba ms)}^{-1}\text{]}$

- Fracción de carbono de la materia seca: $0.47 \text{ [t C (t ms)}^{-1}\text{]}$
 - Factor de expansión y conversión de la biomasa de volúmenes venables removidos del total de la biomasa removida (incluida la corteza) ($BCEFR$): $1.05 \text{ [t de biomasa removida (m}^3 \text{ de remociones)}^{-1}\text{]}$

3B1a Cultivos que permanecen

- Promedio de la biomasa área afectada por el disturbio (B_w): $25.9 \text{ (t ms ha}^{-1}\text{)}$
- Fracción de carbono de la materia seca: $0.5 \text{ [t C (t ms)}^{-1}\text{]}$

3B2b Tierras forestales que se convierten en cultivos

- Existencias de biomasa antes de la conversión (B_{antes}): 168.8 (t ms ha⁻¹)
- Existencias de biomasa después de la conversión ($B_{\text{después}}$): 25.9 (t ms ha⁻¹)
- Fracción de carbono de la materia seca antes de la conversión: 0.47 [t C (t ms)⁻¹]
- Fracción de carbono de la materia seca después de la conversión: 0.5 [t C (t ms)⁻¹]
- Existencias de carbono de madera/hojarasca muerta, bajo la anterior categoría de uso: 2.1 (t C ha⁻¹ año⁻¹).

3B3b Tierras forestales que se convierten en pastizales

- Existencias de biomasa antes de la conversión (B_{antes}): 168.8 (t ms ha⁻¹)
- Existencias de biomasa después de la conversión ($B_{\text{después}}$): 6.8 (t ms ha⁻¹)
- Fracción de carbono de la materia seca antes de la conversión: 0.47 [t C (t ms)⁻¹]
- Fracción de carbono de la materia seca después de la conversión: 0.5 [t C (t ms)⁻¹]
- Existencias de carbono de madera/hojarasca muerta, bajo la anterior categoría de uso: 2.1 (t C ha⁻¹ año⁻¹)

3B4b Tierras forestales que se convierten en humedales

- Existencias de biomasa antes de la conversión (B_{antes}): 168.8 (t ms ha⁻¹)
- Existencias de biomasa después de la conversión ($B_{\text{después}}$): 0 (t ms ha⁻¹)
- Fracción de carbono de la materia seca antes de la conversión: 0.47 [t C (t ms)⁻¹]
- Fracción de carbono de la materia seca después de la conversión: 0.5 [t C (t ms)⁻¹]
- Existencias de carbono de madera/hojarasca muerta, bajo la anterior categoría de uso: 2.1 (t C ha⁻¹ año⁻¹)

3B5b Tierras forestales que se convierten en asentamientos

- Existencias de biomasa antes de la conversión (B_{antes}): 168.8 (t ms ha⁻¹)
- Existencias de biomasa después de la conversión ($B_{\text{después}}$): 0 (t ms ha⁻¹)
- Fracción de carbono de la materia seca antes de la conversión: 0.47 [t C (t ms)⁻¹]
- Fracción de carbono de la materia seca después de la conversión: 0.5 [t C (t ms)⁻¹]
- Existencias de carbono de madera/hojarasca muerta, bajo la anterior categoría de uso: 2.1 (t C ha⁻¹ año⁻¹)

Resultados - Tierras

Para el módulo tierras se calcularon unas emisiones brutas de 76.276 t de CO₂, unas absorciones brutas de 66.534 t de CO₂ para un balance neto positivo de 9.741 t de CO₂. Si se analizan solo las emisiones brutas, el mayor porcentaje (52%) corresponde al cambio de tierras forestales convertidas en pastizales, seguidas por las tierras de cultivo que permanecen (41%), asociado a los disturbios por quema de caña no programada (Figura 12).

Las emisiones/absorciones calculadas para la subcategoría del sector 3B Tierras se pueden observar en la Figura 13. La categoría de tierras forestales que permanecen, 3B1a, presenta un balance neto de - 61.331 t de CO₂, lo cual evidencia el importante papel regulador de los ecosistemas forestales. Es importante aclarar que, debido a que los valores de crecimiento promedio anual de la biomasa aérea (Gw) se tomaron de las directrices del IPCC (2006), pueden presentar una alta incertidumbre, lo cual hace que este cálculo deba ser tomado tan solo como un indicador, por lo que se recomienda generar estudios puntuales que permitan determinar una tasa de crecimiento más aproximada para las tierras forestales de Guadalajara de Buga.

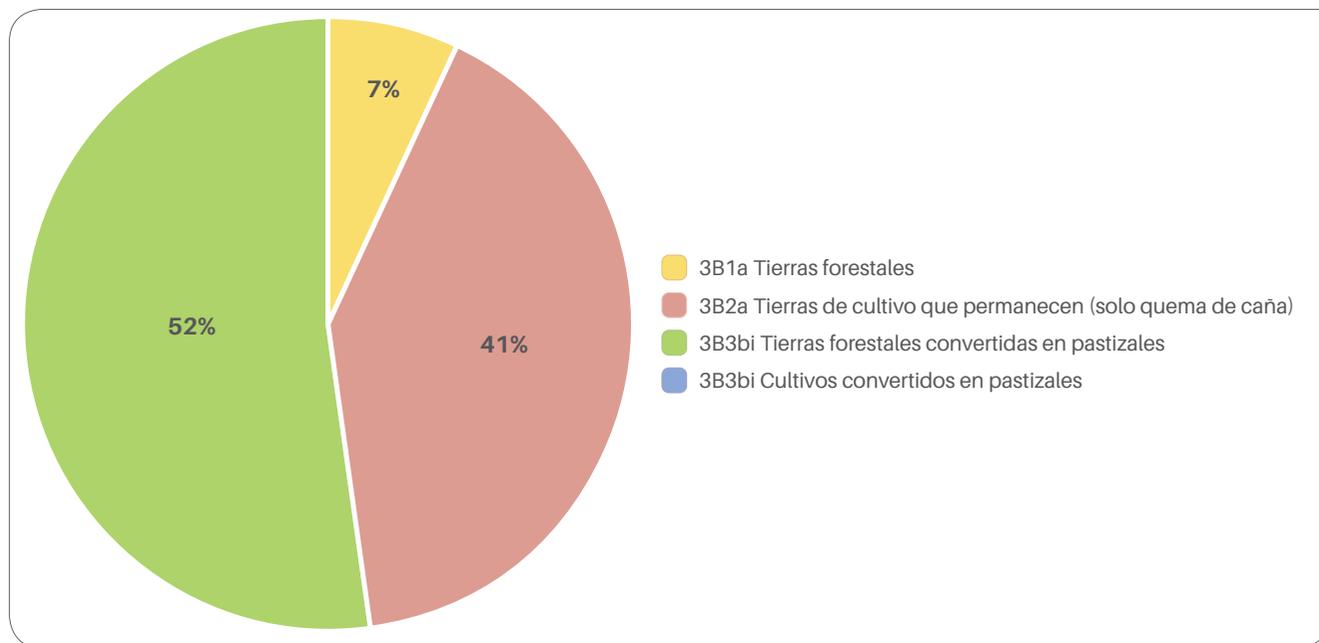


Figura 12. Porcentaje de participación de emisiones brutas por uso y cambio de uso de la tierra.

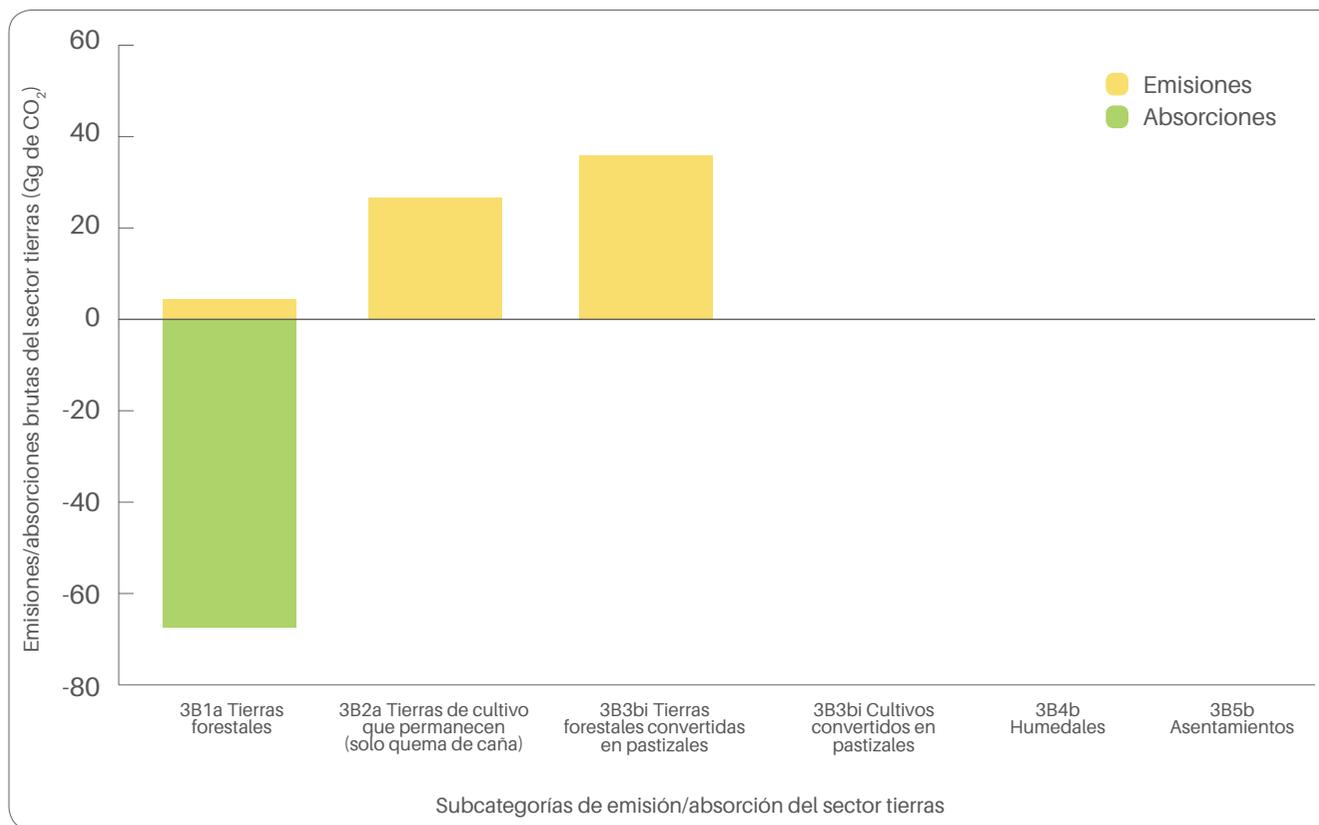


Figura 13. Emisiones/absorciones del sector 3B Tierras.

Para el municipio de Guadalajara de Buga, las mayores tasas de emisión corresponden al cambio de tierras forestales a pastizales (39.502 t de CO₂), correspondiente a una tasa de cambio anual de 138 ha/año. La estimación de las remociones debido a que el aprovechamiento forestal (5,20 t de CO₂) se calculó a partir de la extrapolación de los valores de aprovechamiento forestal publicados en el Boletín Forestal para la CVS (IDEAM, 2011), obteniéndose un volumen de 2192,89 m³.

En la Figura 13 se observan las emisiones de la categoría 3B2a (31.417 t de CO₂), para la cual solo se cuantificaron las remociones por disturbios asociados a las áreas de quema no programada para el cultivo de la caña, que representan la segunda subcategoría de emisión de 3B. Sobre este aspecto, es importante indagar acerca del 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. Ver Cuadro 21.

Cuadro 21. Emisiones módulo tierras, Guadalajara de Buga.

Sector		Emisiones de GEI (t)
		CO ₂
3B	Tierras	9.741,8
3B1a	Tierras forestales	- 61.331,8
3B2a	Tierras de cultivo que permanecen (solo quema de caña)	31.417,4
3B3bi	Tierras forestales convertidas en pastizales	39.502,9
3B3bi	Cultivos convertidos en pastizales	145,2
3B4b	Humedales	3,9
3B5b	Asentamientos	4,2

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

Fuentes agregadas

Para el municipio de Guadalajara de Buga se cuantificaron emisiones del módulo de fuentes agregadas y de emisiones no CO₂ de la tierra para las siguientes categorías:

- Emisiones de CH₄ y N₂O por quema de biomasa (caña de azúcar)
- Emisiones directas de N₂O por suelos gestionados
- Emisiones indirectas de N₂O por suelos gestionados
- Emisiones indirectas de N₂O por gestión de estiércol.

Emisiones de gases No-CO₂ por quema de biomasa (3C1)

Se calcularon las emisiones de gases No-CO₂ debido a la quema de biomasa por quema de caña, principalmente las emisiones de CH₄ y N₂O, basada en la ecuación 2.27 (IPCC 2006, Vol. 4, Cap. 2), que se presenta a continuación:

$$L_{\text{fuego}} = A * M_B * C_f * C_{ef} * 10^{-3}$$

Donde,

L_{fuego} : Cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero provocada por el fuego

A: Superficie quemada

M_B : Masa de biomasa disponible para la combustión

C_f : Factor de combustión

C_{ef} : Factor de emisión.

Datos de actividad - No-CO₂ por quema de biomasa (3C1). Las áreas reportadas por quema programada y no programada de caña de azúcar para el municipio de Guadalajara de Buga son de 826,78 ha para el año 2010.

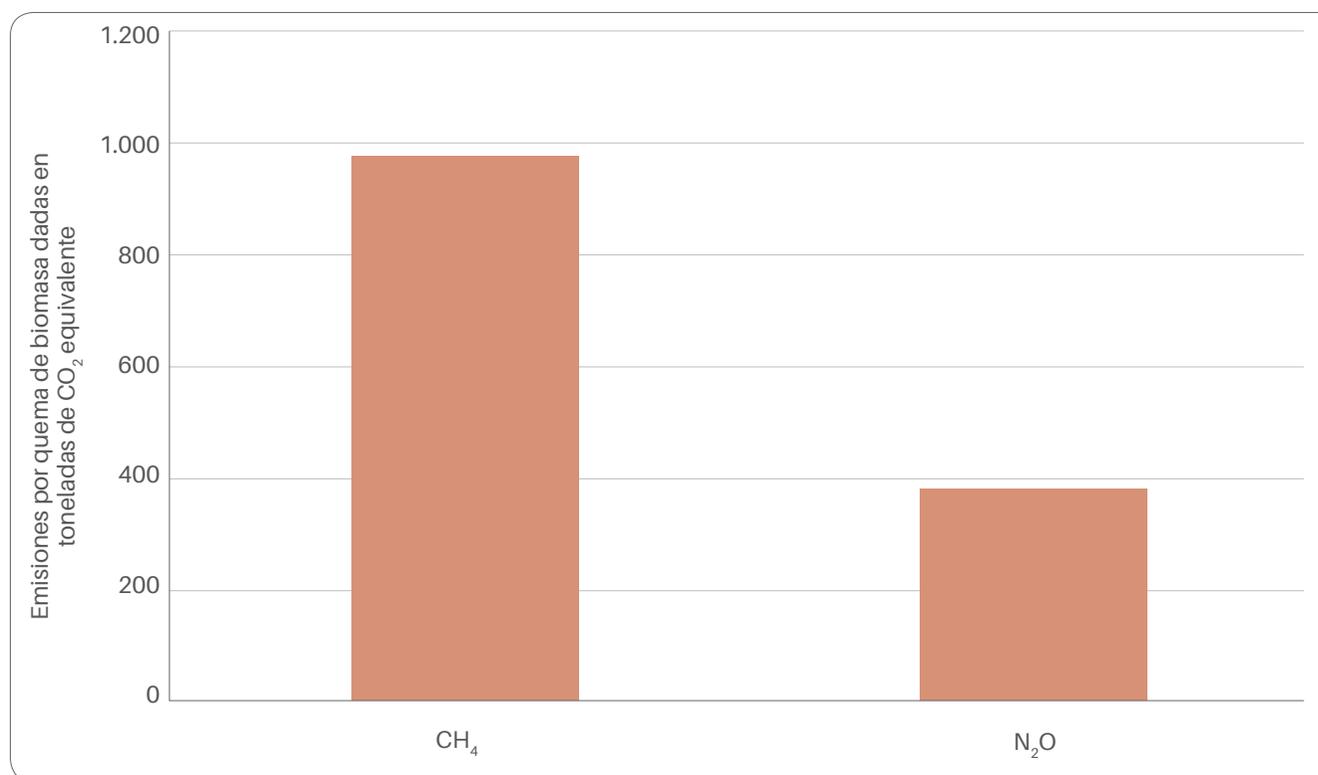
Factores de emisión - No-CO₂ por quema de biomasa (3C1). Los factores de emisión usados para el cálculo de la categoría 3C1 se muestran en el Cuadro 22.

Cuadro 22. Factores de emisión - No-CO₂ por quema de biomasa.

Variable	Código de la variable	Unidad	Valor
Masa de combustible disponible para la combustión	M _B	(t/ha)	25,9
Factor de combustión	C _f	Adimensional	0,8
Factor de emisión	G _{ef}	CH ₄	[g GEI (kg/ms quemada)] 2,7
		N ₂ O	0,07

Resultados - No-CO₂ por quema de biomasa (3C1).
Las emisiones de gases No-CO₂ debido a la quema de

biomasa son de 46,25 t de CH₄ y de 1,20 t de N₂O, las cuales corresponden a 1.343 t de CO₂eq.


Figura 14. Emisiones de gases No-CO₂ debido a la quema de biomasa, Guadalajara de Buga, 2010.

Emisiones directas de N₂O por suelos gestionados

Los 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, permiten realizar las estimaciones directas de N₂O en suelos gestionados, por entradas de nitrógeno de naturaleza sintética u orgánica que entran al sistema.

Emisiones directas de N₂O por suelos gestionados

Dato de actividad - Fertilizantes sintéticos nitrogenados

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, ajustándolos con 10% más de lo utilizado para el municipio de Palmira. Esta aproximación fue necesario ejecutarla ya que no se contaba con el dato específico de uso de fertilizantes sintéticos nitrogenados a la escala del

municipio de Guadalajara de Buga. En ese sentido, los cultivos de caña de azúcar (176 kg/ha 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 el año de interés, 2010.

Consultadas las áreas registradas en el anuario estadístico, correspondiente a hectáreas cosechadas las cuales se tomaron como base, y relacionando estas dos variables relacionadas, fue posible obtener un dato de utilización de nitrógeno proveniente de fertilizantes nitrogenados de origen sintético, calculado en 1.506.000 kg N en el año 2010.

Dato de actividad - Fertilizantes orgánicos nitrogenados. Al igual que los fertilizantes sintéticos nitrogenados, no se cuenta con el dato de actividad oficial para el municipio. Fue necesario estimar esta entrada al sistema a partir de la cuantificación total de nitrógeno producido por los sistemas de gestión de corral de engorde, manejo de sólidos, camas profundas y elaboración de abono orgánico, de los diferentes sistemas pecuarios cuantificados anteriormente. Lo anterior permite contar con un orden de las actividades pecuarias realizadas en el municipio de Guadalajara de Buga, las cuales producen nitrógeno como subproducto (heces y orina), cuantificado en 8.678 kg de N de origen orgánico, disponible para diferentes usos agrícolas.

Dato de actividad - Residuos de cultivo. Para calcular el nitrógeno proveniente de residuos de cultivo, tanto aéreos como subterráneos, se utilizó la ecuación 11.7a de la versión corregida del IPCC (año 2014, versión en inglés), para los cultivos de maíz, caña de azúcar, caña panelera, sorgo, arveja, frijón, tomate y soya. Estos cultivos se seleccionaron debido a que se contaba con estadísticas municipales tanto de áreas cosechadas como rendimientos, consultadas en el anuario estadístico, estadísticas que fueron homologables con diferentes variables estipuladas en el Cuadro 11.3 de las guías IPCC 2006 (Vol. 4, Cap. 11).

El cultivo que presentó mayor aporte de nitrógeno proveniente de residuos de cultivo fue la caña de azúcar, con 98% de participación. Lo anterior como respuesta al área cosechada que se registró para el año 2010 con 7.150 ha, así como por el rendimiento registrado con 110 t/ha, datos obtenidos del Anuario estadístico del

municipio de Guadalajara de Buga. La representación del porcentaje de aporte por cada tipo de cultivo seleccionado se presenta en la Figura 15.

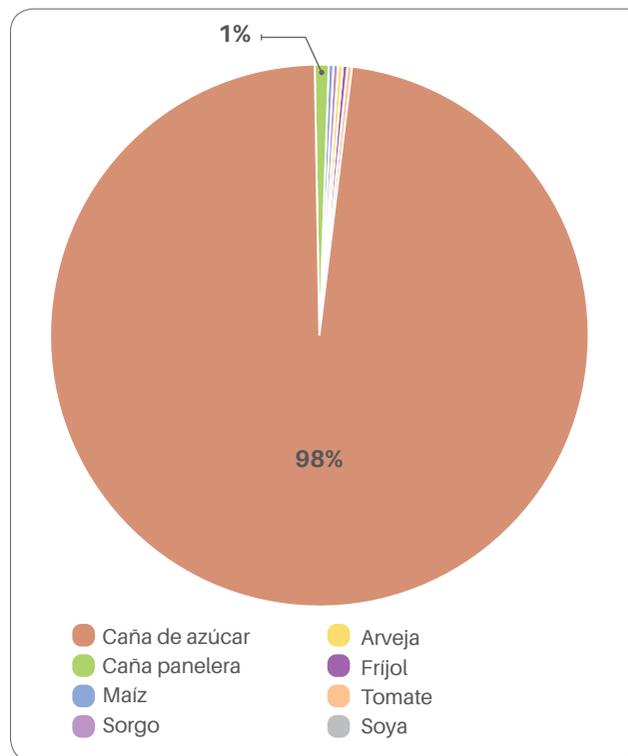


Figura 15. Porcentaje de participación por tipo de cultivo, Guadalajara de Buga, 2010.

Finalmente para el año 2010 se cuantificaron 2.186.000 kg de N provenientes de residuos aéreos y subterráneos.

Dato de actividad – Histosoles. Para el contenido de nitrógeno proveniente de los suelos orgánicos (histosoles), el CIAT suministró información municipal de las áreas de suelos orgánicos gestionados. Para pastos cultivados, se tenía un área de 12 ha. Estas áreas provienen del total de suelos orgánicos que se interceptan con suelos gestionados.³ La presente información se relaciona en el Cuadro 23. En total se cuantificaron 151 kg de N₂O producidos por este dato de actividad.

³ Suelos con intervención humana.

Cuadro 23. Áreas de suelos orgánicos gestionados en el municipio de Guadalajara de Buga.

Cobertura de suelos histosoles	Área (ha)
Arbustal y matorral denso de tierra firme	13
Bosque natural denso de tierra firme	79
Estanques artificiales	9
Herbazal natural abierto mesófilo	2.227
Pasto cultivado	12
Total	2.341

Dato de actividad – Nitrógeno en pasturas. Para el año 2010, el nitrógeno proveniente de las excretas sólidas y líquidas de animales en pastoreo (bovinos, bufalinos, equinos, ovinos, mulares y asnares), se cuantificó en 1.581.690 kg de N. Este sistema de gestión de estiércol es de gran importancia, debido a que se asume que el 100% de todos los animales que pastorean depositan sus excretas directamente en la pastura.

Resultados - Emisiones directas de N_2O por suelos gestionados. Para el año 2010, en total se cuantificaron 108 t de N_2O provenientes de emisiones directas por suelos gestionados, correspondientes a 33.487 t de CO_2 equivalente, como resultado de toda la dinámica de las diferentes entradas de nitrógeno al sistema.

Los animales en pastoreo aportaron 50 t de N_2O , correspondientes al 46% del total de las emisiones, seguidos por los residuos de cultivos aéreos y subterráneos, los cuales aportaron 34.35 t de N_2O , correspondientes a 32%. Los fertilizantes nitrogenados de origen sintético aportaron 24 t de N_2O , correspondientes al 22% de las emisiones totales directas de N_2O . Finalmente, el porcentaje restante proviene principalmente de fuentes nitrogenadas de origen orgánico e histosoles, ya que las emisiones asociadas a estos dos datos de actividad es casi despreciable dentro de los cálculos de la categoría.

En la Figura 16, se detallan los porcentajes de participación de diferentes entradas de nitrógeno al sistema en los aportes de emisiones directas de N_2O cuantificadas para el municipio de Guadalajara de Buga, año base 2010.

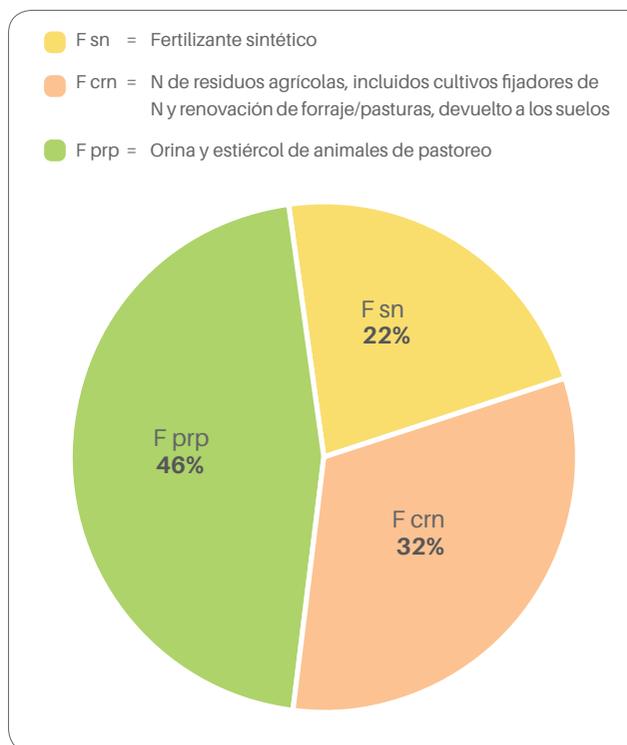


Figura 16. Porcentaje de participación de emisiones directas de N_2O por suelos gestionados, Guadalajara de Buga, 2010, metodología IPCC guías 2006.

Emisiones indirectas de N_2O por suelos gestionados

Las emisiones indirectas de N_2O por suelos gestionados, cuantificadas para el municipio de Guadalajara de Buga, consideraron el cálculo de la volatilización y lixiviación de las siguientes entradas de nitrógeno a los sistemas agropecuarios:

- Fertilizante sintético nitrogenado
- Fertilizante orgánico nitrogenado
- Nitrógeno proveniente de animales en pastoreo
- Nitrógeno proveniente de residuos de cultivo

Para la fracción volatilizada se calcularon en total 7.36 t de N_2O , provenientes de las entradas sintéticas, orgánicas y nitrógeno de animales en pastoreo. Estas emisiones equivalen a 2.283 t de CO_2 eq, donde las excretas de animales en pastoreo se encargan de aportar el 67% de las emisiones indirectas por volatilización con el 67% de total, seguido de las emisiones de los fertilizantes sintéticos nitrogenados encargados de 32%.

Las emisiones por lixiviación de N_2O , se calcularon en 18,6 t correspondientes a 5.790 t de CO_2eq , dentro del cual los residuos aéreos y subterráneos de cultivo aportan el 41% del total lixiviado, seguido de aportes de fertilizantes sintéticos nitrogenados y nitrógeno de pasturas y heces por animales en pastoreo, con aportes del 29% y 30%, respectivamente.

En total, las emisiones indirectas de N_2O proveniente de suelos gestionados para el municipio de Guadalajara de Buga en el año 2010, se calcularon en 26 t de N_2O (8.073 t de CO_2eq), dentro de las cuales la lixiviación representó el 72%.

Emisiones indirectas de N_2O por gestión de estiércol

El cálculo de emisiones indirectas de N_2O proveniente de la gestión del estiércol contempla los mismos SGE que las emisiones directas, calculadas en la categoría de ganado. En esta subcategoría se calcula el total de N_2O volatilizado por cada SGE, exceptuando pasturas (SGE calculado en emisiones indirectas de suelos gestionados). Para este supuesto se contempló que para animales en pastoreo (bovinos, bufalinos, equinos, mulares, asnares, ovinos y caprinos), todas las heces y orina eran depositadas en las pasturas; para la especie de porcinos, el 80% de las heces eran gestionadas en corrales de engorde, y el 20% restante en camas profundas. Las aves, tanto ponedoras como pollo de engorde y conejos, se dividieron en manejo de sólidos 80% y elaboración de abono orgánico 20%.

En la Figura 17 se detallan los porcentajes de participación de los diferentes sistemas de gestión de estiércol, donde sobresale el manejo de sólidos, contemplado para la población avícola principalmente, aportando un 67%; esto debido a que el municipio de Guadalajara de Buga registró para el año 2010 una población considerable de esta especie ganadera.

Se calcularon 12 t de N_2O por gestión de estiércol, proveniente de la volatilización de los diferentes sistemas de gestión para el año 2010, correspondientes a 3.747 t

de CO_2eq , donde los sistemas avícolas aportan cerca del 82% de las emisiones. Este dato permite tener una línea base que identifica un sistema de producción pecuario como responsable de un porcentaje considerable de emisiones de N_2O , lo cual es importante para la ejecución de medidas de mitigación específicas para reducir emisiones.

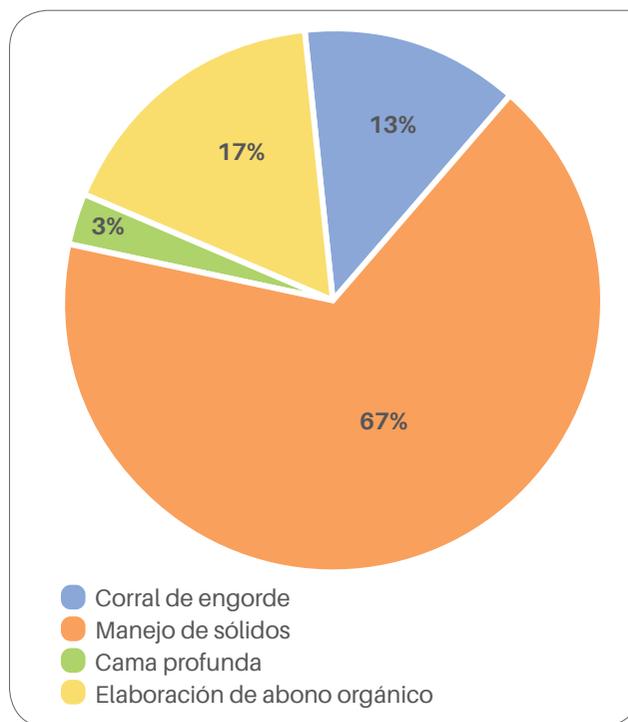


Figura 17. Porcentaje de participación de emisiones indirectas de N_2O por gestión de estiércol, Guadalajara de Buga, 2010, metodología IPCC guías 2006.

Resultados - Sector fuentes agregadas

En total, las fuentes agregadas de no CO_2 cuantificaron un total de 46.650 t de CO_2 equivalente, donde el principal driver corresponde a las emisiones directas e indirectas de N_2O proveniente de suelos gestionados. En el Cuadro 24 se resumen las emisiones totales de las categorías calculadas para el municipio de Guadalajara de Buga, año base 2010.

Cuadro 24. Emisiones módulo fuentes agregadas, Guadalajara de Buga.

Sector		Emisiones netas de GEI (t)		CO ₂ eq
		CH ₄	N ₂ O	
3C	Fuentes agregadas	46,25	14.702	46.650
3C1	Quema de biomasa	46,25	1,2	1.343
3C4	Emisiones directas de N ₂ O de suelos gestionados		108	33.487
3C5	Emisiones indirectas de N ₂ O de suelos gestionados		26	8.073
3C6	Emisiones indirectas de N ₂ O de gestión de estiércol		12	3.747

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



Módulo Residuos

Cuadro 25. Factores de emisión sector residuos.

Fuente de emisión	Dato de actividad 2010-2013	Buga		Observaciones
		Aplica	No aplica	Responsable
Residuos				
Eliminación de desechos sólidos				
Eliminación de desechos sólidos sitios gestionados y sitios no gestionados	Población (para los años de la TCN y desde 1960 para residuos sólidos)	x		Datos consolidados
	Generación de desechos per cápita	x		
	Cantidad y composición de los residuos (50 años)	x		
Tratamiento biológico de residuos sólidos				
Tratamiento biológico de residuos sólidos	Cantidad de residuos sólidos procesados mediante tratamiento biológico		x	Datos consolidados
	Cantidad de residuos sólidos procesados para la generación de abono orgánico		x	
Incineración e incineración abierta de desechos	Quemados abiertamente (pueden considerarse dispositivos de incineración que no controlan el aire de combustión)		x	
	Cantidad de desechos fósiles líquidos incinerados (p. ej., aceites, gas natural, solventes y lubricantes)		x	
	Contenido de materia seca en los residuos incinerados		x	

(Continúa)

(Continuación)

Fuente de emisión	Dato de actividad 2010-2013	Bugá		Observaciones
		Aplica	No aplica	Responsable
Residuos				
Tratamiento y eliminación de aguas residuales				
Aguas residuales domésticas	Índice de generación de DBO por persona	x		Datos consolidados
	Clasificación de la población según ingresos y grado de urbanización (rural, urbana de bajos ingresos y urbanas de altos ingresos)	x		
	Utilización de cada tipo de tratamiento (letrinas, pozos sépticos, planta aerobia, etc.) por grupo de ingresos	x		
Aguas residuales industriales	Cantidad de materia orgánica degradable contenida en las aguas residuales TOW (se calcula con las 2 variables abajo)	x		Datos consolidados
	Producción industrial de industrias específicas	x		
	Generación de aguas residuales	x		
	Concentración de carbono orgánico disuelto en las aguas residuales	x		

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

Generación de residuos sólidos (4A)

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

La información correspondiente a la generación de residuos sólidos para el año 2010 fue un dato suministrado por la empresa Bugueña de Aseo E.S.P.

Cuadro 26. Cantidad total de residuos sólidos en el municipio de Guadalajara de Bugá, 2010.

Variable	Cantidad ^a
Total anual de residuos sólidos dispuestos en tierra	26.636,5 t

a. En esta columna se referencia la cantidad original en que se reportaron los datos de actividad por las diferentes fuentes de información.

Fuente: Empresa Bugueña de Aseo E.S.P

Para el sector de residuos sólidos se obtuvo la información a partir de datos consolidados por la empresa PROACTIVA.

Como se indica en el Cuadro 27, en el municipio de Guadalajara de Bugá los residuos orgánicos son los que presentan el más alto porcentaje de composición de los residuos sólidos generados por vivienda con un 64,9%,

seguido de otros residuos orgánicos con 10,43%, y plástico con 9,69%.

Por otra parte, los residuos de papel son los que se presentan en menor porcentaje dentro de los residuos sólidos generados por hogar en el municipio.

De acuerdo con la información aportada por el Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS), se consolidó la información según las categorías del IPCC, como se muestra en el Cuadro 27.

Cuadro 27. Composición porcentual de residuos sólidos por vivienda en Guadalajara de Bugá.

Tipo de residuo	Porcentaje
Papel	5,71
Cartón	7,43
Plástico	21,75
Vidrio	4,08
Metal	0,62
Residuos de comida	50,33
Residuos de jardín	5,71
Otros	4,38

Fuente: Información aportada por PROACTIVA.

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 CH₄ generadas por la disposición de residuos sólidos en tierra, se asumieron datos por defecto por las metodologías IPCC 1996, como se indica en el Cuadro 28.

Cuadro 28. Factores por defecto, IPCC 1996.

Fracción de COD que realmente se degrada (CODf)	0,77
Fracción del carbono liberado como CH ₄	0,5
Fracción de corrección para el CH ₄	0,60
Relación de conversión de carbono a CH ₄	16/12

Resultados – Generación de residuos sólidos

Cuadro 29. Resultados de emisiones por generación de residuos sólidos.

Sector		Emisiones de GEI (t)	
4	Residuos	CH ₄	CO ₂ eq
4.A	Eliminación de desechos sólidos	1.144	24.029

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

Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas (4D1)

Datos de actividad

La población total para el municipio de Guadalajara de Buga en el año 2010, según el dato suministrado por la empresa Bugueña de Aseo E.S.P, fue de 116.105 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 Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC). Lo anterior ya que no se cuenta con un dato específico para cada municipio en jurisdicción.

Factores de emisión para metano (CH₄)

Cuadro 30. 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 ₄ /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	0,8 (urbano bajo)

Factores de emisión para óxido nitroso (N₂O), IPCC 2006

Cuadro 31. Factores de conversión y emisión.

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 ₂ O-N/kg N

Fuente: IPCC (2006).

Resultados - Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas

Cuadro 32. Resultados de emisiones por tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas.

Sector		Emisiones netas de GEI (t)			CO ₂ eq
4	Residuos	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	
4.D.1	Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas		22.248	4.094	1.736

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

Para estimar las emisiones de N₂O 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.

Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales

Dato actividad

Se reportó un vertimiento de agua residual con un caudal total de 44.150,4 m³/año, dato que suministró el CIAT. Asimismo, se reportó la DQO 1,03 kg COD/m³.

Factor de emisión

El dato correspondiente al factor de emisión se tomó por defecto del IPCC, con un valor de 0,025 kg CH₄/kg DBO.

Resultados - Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales

Cuadro 33. Resultados de emisiones por tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales.

Sector		Emisiones netas de GEI (t)			CO ₂ eq
4	Residuos	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	
4.D.2	Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales		1,14		23,9

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

Análisis de resultados sector residuos

De las emisiones estimadas en las categorías de tratamiento de sólidos en tierra, así como tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas e industriales, se obtuvo como mayor aportante de emisiones para el sector residuos en el municipio de Guadalajara de Buga, el tratamiento de residuos sólidos, con un 92% de emisiones estimadas.

Cuadro 34. Resultados de emisiones en el módulo residuos para Guadalajara de Buga.

Sector		Emisiones netas de GEI (t)			CO ₂ eq
4	Residuos	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	
4.A	Eliminación de desechos sólidos		1.144		24.029
4.D.1	Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas		22.248	4.094	1.736
4.D.2	Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales		1,14		23,9

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

Emisiones de GEI Consolidadas para el Municipio de Guadalajara de Buga, Año 2010

Resultados por sector

Módulo energía

Sector		Emisiones netas de GEI (t)			CO ₂ eq
1	Energía	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	
1.A.2	Industrias manufactureras y de la construcción	80.085	7	1	80.546
1.A.2.a	Quema de combustibles sector industrial	71.063	7	1	71.502
1.A.4	Otros sectores				
1.A.4.a	Quema de combustibles sector comercial	2.090	0	0	2.095
1.A.4.b	Quema de combustibles sector residencial	6.932	1	0	6.949
1A3b	Transporte terrestre	4.962	2	0	5.083
1A3bi	Automóviles	1.712	1	0	1.754
1A3bii	Camiones para servicio ligero	334	0	0	342
1A3biii	Camiones para servicio pesado y autobuses	571	0	0	585
1A3biv	Motocicletas	2.345	1	0	2.402
	Total sector energía	85.047	10	1	85.629

Módulo agricultura

Sector		Emisiones netas de GEI (t)		CO ₂ eq
3	AFOLU	CH ₄	N ₂ O	
3A	Ganadería	38.372	15.345	54.714
3A1i	Fermentación entérica	1.366		28.687
3A1ii	Gestión de estiércol	508,8		10.684
3A2	Directas de N ₂ O por gestión de estiércol		49,5	15.345
3B	Tierras			9.741,8
3B1a	Tierras forestales			- 61.331,8
3B2a	Tierras de cultivo que permanecen (solo quema de caña)			31.417,4
3B3bi	Tierras forestales convertidas en pastizales			39.502,9
3B3bi	Cultivos convertidos en pastizales			145.2
3B4b	Humedales			3.9
3B5b	Asentamientos			4.2
3C	Fuentes agregadas	46,25	14.702	46.650
3C1	Quema de biomasa	46,25	1,2	1.343
3C4	Emisiones directas de N ₂ O de suelos gestionados		108	33.487
3C5	Emisiones indirectas de N ₂ O de suelos gestionados		26	8.073
3C6	Emisiones indirectas de N ₂ O de gestión de estiércol		12	3.747

Módulo residuos

Sector		Emisiones netas de GEI (t)			CO ₂ eq
		CO ₂	CH ₄	N ₂ O	
4	Residuos				
4.A	Eliminación de desechos sólidos		1.144		24.029
4.D.1	Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas		22.248	4.094	1.736
4.D.2	Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales		1,14		23,9

Identificación de categorías principales

Se calcularon las emisiones de CH₄, N₂O y CO₂ de 23 categorías, correspondientes a los módulos de energía, AFOLU y desechos, basados en las metodologías IPCC del año 2006. En total, para el municipio de Guadalajara de Buga se cuantificaron las emisiones en 287.393 t de CO₂ equivalente. Como categorías principales se han identificado las siguientes, que son las responsables del 85% de las emisiones totales municipales del año base 2010:

- Quema de combustibles sector industrial: 26,3%
- Tierras forestales convertidas en pastizales: 13,8%
- Emisiones directas de N₂O de suelos gestionados: 11,7%
- Tierras de cultivo que permanecen (solo quema de caña): 11%

- Fermentación entérica: 10%
- Eliminación de desechos sólidos: 7,8%
- Directas de N₂O por gestión de estiércol: 5,3%

En el municipio de Guadalajara de Buga, el módulo que más emisiones registró para el año 2010 fue AFOLU, con emisiones calculadas en 172.439 t de CO₂eq, seguido de energía, con 89.165 t de CO₂eq, y desechos, con una participación de 24.080 t de CO₂eq. En la Figura 18 se aprecian los porcentajes de participación de los tres módulos calculados.

En total, se cuantificaron 23 categorías correspondientes a los módulos energía (7), AFOLU (13) y desechos (3). En la Figura 19 se detallan las emisiones de cada una de las categorías cuantificadas dadas en CO₂ equivalente.

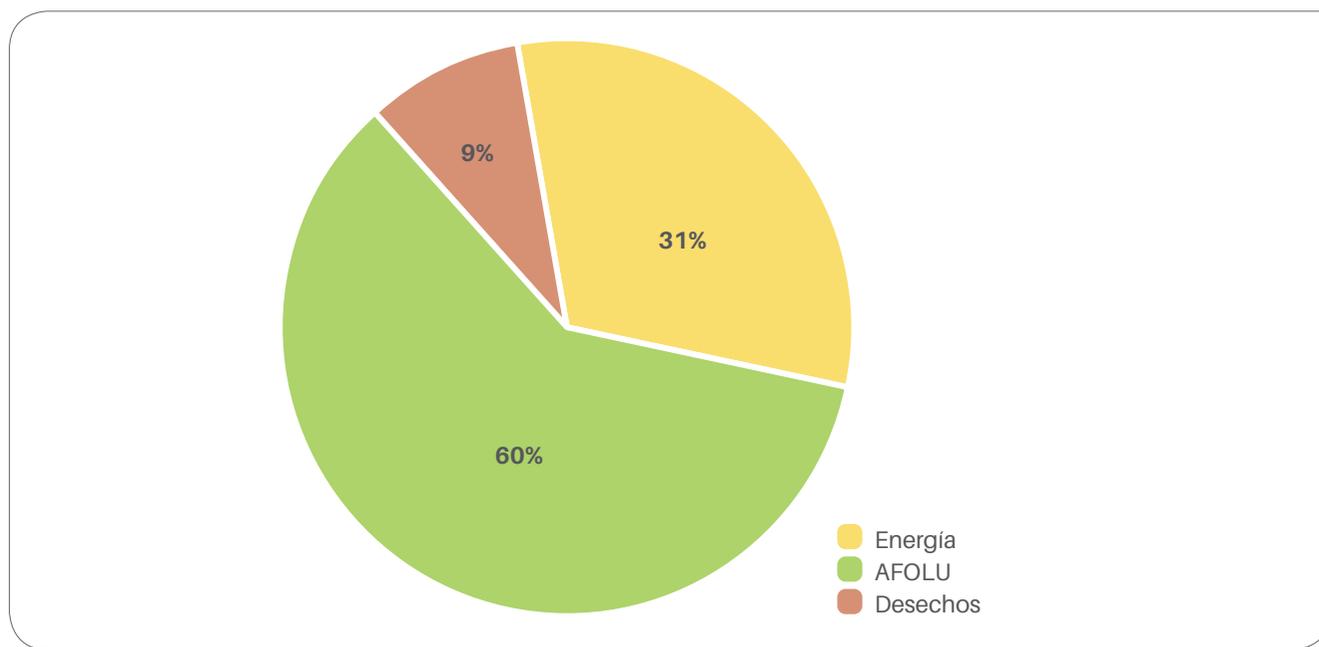


Figura 18. Porcentaje de participación de emisiones de gases de efecto invernadero de los módulos energía, AFOLU y desechos, Guadalajara de Buga, 2010, metodología IPCC guías 2006.

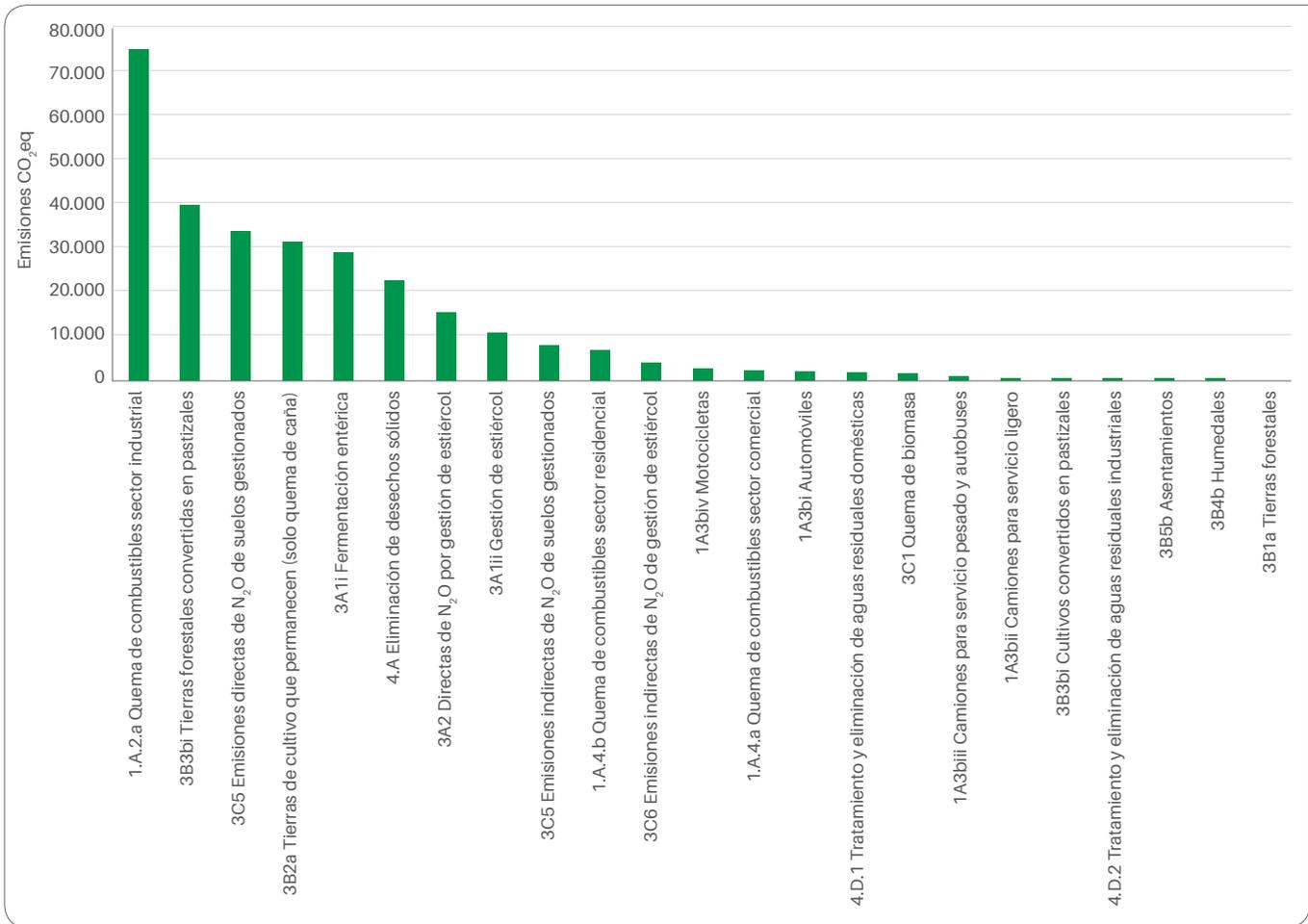


Figura 19. Emisiones de las 23 categorías calculadas, Guadalajara de Buga, 2010, metodología IPCC guías 2006.

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 el pasado 20 de marzo de 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 gases de efecto invernadero (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 Buga. 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.

Sustitución de combustibles

- Quema de combustibles sector industrial: 26,3%

Sustitución de hornos convencionales por hornos eléctricos. Uso de combustibles alternos (biomasa, residuos sólidos, llantas) para sustituir carbón. Esta medida fue propuesta por representantes de la industria de cemento. En dicho proceso, la temperatura requerida para la producción de clínker es lo suficientemente elevada como para asegurar la completa combustión de los energéticos alternativos.

Optimizar, reemplazar y actualizar procesos productivos, instalaciones y equipos, con el objetivo de aumentar la eficiencia de las empresas de acuerdo con sus necesidades y características específicas, incluyendo, pero sin limitarse. a) Reemplazo, actualización y optimización de sistemas térmicos (hornos, calefacciones, quemadores); b) Reemplazo, actualización y optimización de calderas; c) Instalación

de sistemas de recuperación de calor; d) Instalación de sistemas térmicos solares como fuente de energía térmica principal o de respaldo; e) Implementación de sistemas de cogeneración y trigeneración; y f) Reemplazo, actualización y optimización de sistemas de refrigeración. Esta acción deberá iniciar con el desarrollo de un portafolio de tecnologías eficientes que respondan a las necesidades del sector, de acuerdo con los resultados de la ECDBC y la caracterización del sector industrial. Asimismo, definir los criterios de priorización desde la perspectiva del empresario incluyendo ROI, NPV, productividad, relación costo-beneficio y riesgo tecnológico (MinCIT, 2014).

El plan de acción indicativo 2015 del Programa de Uso Racional y Eficiente de Energía y Fuentes No Convencionales (PROUIRE) (MinMinas y UPME, 2010) identifica ocho subprogramas prioritarios con algún grado de avance por parte de diferentes entidades. El Cuadro 35 muestra un resumen de costos y objetivos de los subprogramas en una primera fase en el sector.

Cuadro 35. Costos estimados de subprogramas prioritarios en el sector industrial.

Subprograma prioritario	Costo (M US\$)	Objetivo
Optimización del uso de la energía eléctrica para fuerza motriz	6	Sustitución de 14.000 kW de motores convencionales por motores eficientes
Optimización del uso de calderas	30	En una primera fase incluye capacitación, investigación aplicada, desarrollo de normatividad y renovación tecnológica en algunas industrias
Eficiencia en iluminación	5	En una primera etapa incluye el reemplazo de luminarias en un cercano de 500 industrias
Gestión integral de la energía en la industria con énfasis en producción más limpia	35	Se considera en una primera etapa la aplicación del programa en 500 empresas con una inversión de US\$70.000 por empresa
Cogeneración y autogeneración	15	En una primera fase incluye capacitación, investigación aplicada, desarrollo de normatividad y renovación tecnológica en algunas industrias
Uso racional y eficiente de la energía en Pequeñas y Medianas Empresas (PYMES)	15	Desarrollo de programas en cinco ciudades principales
Optimización de procesos de combustión	0,5	Dirigido básicamente a capacitación e investigación aplicada
Optimización de la cadena de frío	1	Dirigido básicamente a capacitación e investigación aplicada

Fuente: MinMinas y UPME (2010).

Implementar sistemas agrosilvopastoriles

- Tierras forestales convertidas en pastizales: 13,8%
- Emisiones directas de N₂O de suelos gestionados: 11,7%
- Fermentación entérica: 10%
- Directas de N₂O por gestión de estiércol: 5,3%

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, acompañadas 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 (PNUID y 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.

Desmante gradual de quemas programadas

- Tierras de cultivo que permanecen (solo quema de caña): 11%

La quema de biomasa es generadora de problemas de salud, tales como infecciones respiratorias agudas que comprenden enfermedades como la faringitis y la bronquitis. Por esta razón se debe trabajar en acciones que permitan la disminución de las quemas y se aplique

otro tipo de prácticas menos agresivas a los cultivos para el control de plagas y malezas (Hernández de L, 1995).

Medidas complementarias para lograr la carbono eficiencia en el sector agropecuario

De acuerdo con el PNUID y Universidad de los Andes (2014), los programas de reducción de emisiones en el sector agropecuario deberán estar acompañados de políticas y programas que respalden a largo plazo la implementación de las tecnologías o prácticas que se pretenden promover. Se identificaron cinco aspectos complementarios:

Educación. Para una mejora sustancial en el sector agropecuario colombiano es necesario que la educación escolar, técnica y profesional haga presencia en todos los niveles productivos del campesinado, del pequeño, mediano y gran productor e incluso al nivel de la agricultura industrial. Con base en lo anterior, las políticas y programas se podrán construir a partir de un diálogo más fluido, bajo el entendimiento de las partes involucradas.

Validación tecnológica. Las opciones evaluadas en el presente estudio, y las demás opciones tecnológicas que llevan a mejorar la carbono eficiencia de la producción agropecuaria, necesitan ser probadas en campo bajo las distintas condiciones agroecológicas y culturales de nuestro país, con el fin de avalar su uso.

Capacidad de transferencia tecnológica. La implementación de nuevas prácticas o tecnologías debe hacerse a través de un programa claro y completo de transferencia tecnológica, en el cual el productor se familiarice en campo, bajo una unidad productiva auto-sostenible, con las características de la nueva tecnología y en el cual cuente con el apoyo técnico, para poder prever y superar los contratiempos que se presentan en los cambios productivos.

Financiamiento. Las políticas y programas que de este y otros estudios puedan formularse necesitan de una clara opción de financiamiento, en la cual los rubros destinados sean específicos para las tecnologías carbono eficientes. Lo anterior lograría reducir la competencia que hay por los recursos e incentivos públicos, que en muchas oportunidades sin quererlo se vuelven excluyentes para el común de los productores.

Reconocimiento y diferenciación de mercados. El aspecto económico y la capacidad de comercializar más fácilmente un producto con una mayor carbono eficiencia debe estar sustentado en una acción gubernamental que favorezca la trazabilidad de los productos y que a su vez incentive al consumo de dichos productos a través de educación al consumidor, al productor, al vendedor o comercializador, previendo reglas claras de certificación de producto y creación de nuevos nichos de mercado en el ámbito nacional e internacional.

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.



Conclusiones

- En el sector energía se estimaron emisiones causadas por la industria manufacturera y de la construcción y por el sector transporte, los cuales contribuyen con el 94% y 6%, respectivamente, sobre el total estimado para el módulo. Como categoría clave se identifica la quema de combustibles en el sector industrial. Para este municipio, las fuentes fijas representan la mayor fuente de emisión del sector energía; las fuentes móviles como el transporte terrestre no es representativo, dado su bajo número de vehículos reportados.
- Es importante mejorar la información y los procesos de gestión y consolidación de información del sector energía en el municipio de Guadalajara de Buga, 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 procesos industriales en el municipio de Guadalajara de Buga, ya que en este primer inventario de GEI 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.
- En el sector residuos se lograron estimar emisiones por el tratamiento de residuos sólidos en tierra y por el tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas e industriales. La categoría principal que representa el 92% de las emisiones estimadas en este sector corresponde al tratamiento de residuos

sólidos. Si bien el tratamiento de aguas residuales no es representativo en términos de emisiones, se aconseja mejorar la información en cuanto a aguas residuales industriales para verificar la magnitud de las emisiones por esta fuente, en futuros inventarios.

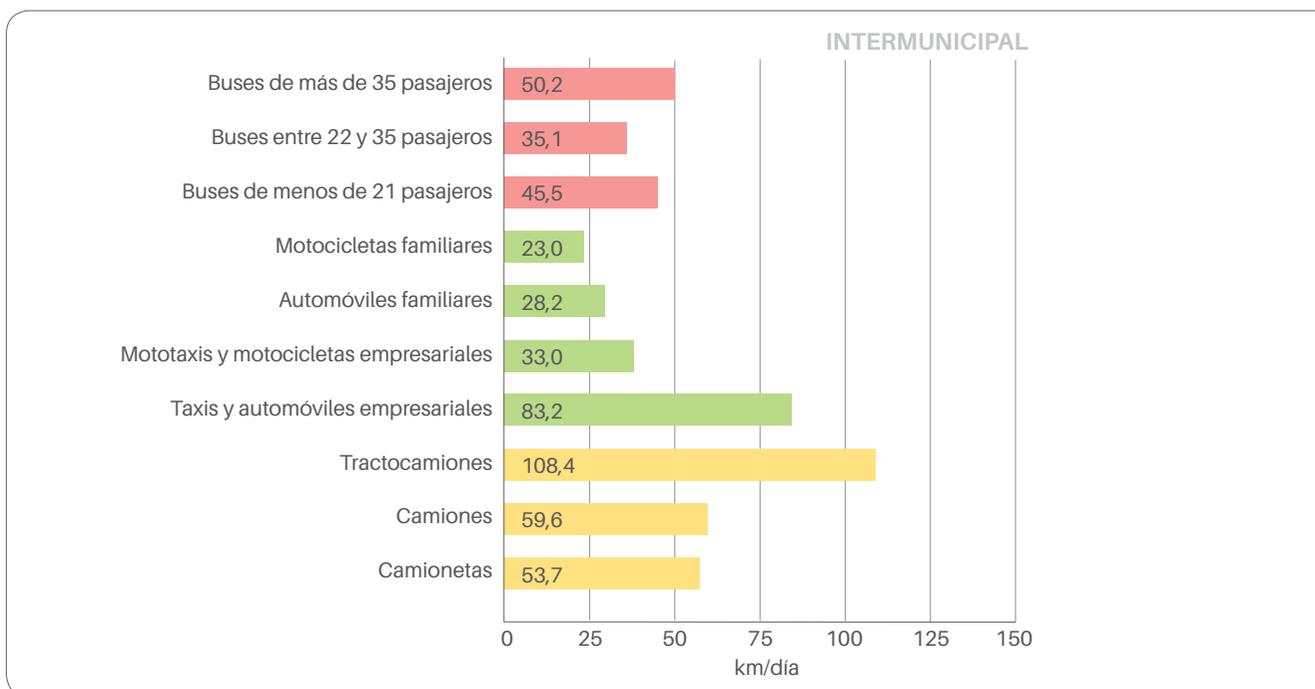
- Se calcularon las emisiones de 23 categorías pertenecientes a los módulos energía, agricultura, silvicultura y cambio en el uso de la tierra (AFOLU) y desechos, las cuales cuantificaron 285,685 t de CO₂ equivalente. Se evidenció que el sector AFOLU es el mayor contribuyente a las emisiones de GEI para el municipio de Guadalajara de Buga, con un 61% de aporte al total municipal.
- La categoría con mayor aporte de CH₄ son las emisiones por fermentación entérica, las cuales se cuantificaron en 1.366 t de CH₄. Esto evidencia la necesidad de aplicar medidas de mitigación apropiadas y viables, tanto para los productores como para el medio ambiente.
- Las mayores emisiones registradas por N₂O correspondieron a la categoría de emisiones directas de suelos gestionados, con emisiones calculadas en 49,5 t de N₂O. Al igual que las emisiones de CH₄,

se evidencia un potencial grande de mitigación, correspondiente a uso racional de fertilizantes nitrogenados, aprovechamiento de nitrógeno en residuos de cosecha y modificación de tratamientos de estiércol en sistemas pecuarios, máxime cuando el potencial de calentamiento del N₂O es 310 veces más que el CO₂.

- La categoría de tierras cuenta con el mayor sumidero de GEI para el municipio, cuantificado en 66.534 t de CO₂, perteneciente a tierras forestales. Es importante conservar esta área e implementar políticas de reforestación, ya que haciendo un balance de carbono, las emisiones municipales podrían inclusive llegar a un balance negativo.
- Como se describió en el capítulo de categorías principales, 4 de las 5 primeras categorías identificadas en el municipio corresponden al sector AFOLU. Esto evidencia que las políticas de mitigación deben ir enfocadas principalmente a este módulo, lo que implica el diseño, planeación y ejecución de acciones viables, tanto ambientalmente como socialmente, ya que gran porcentaje de la población del municipio depende económicamente de actividades agropecuarias.

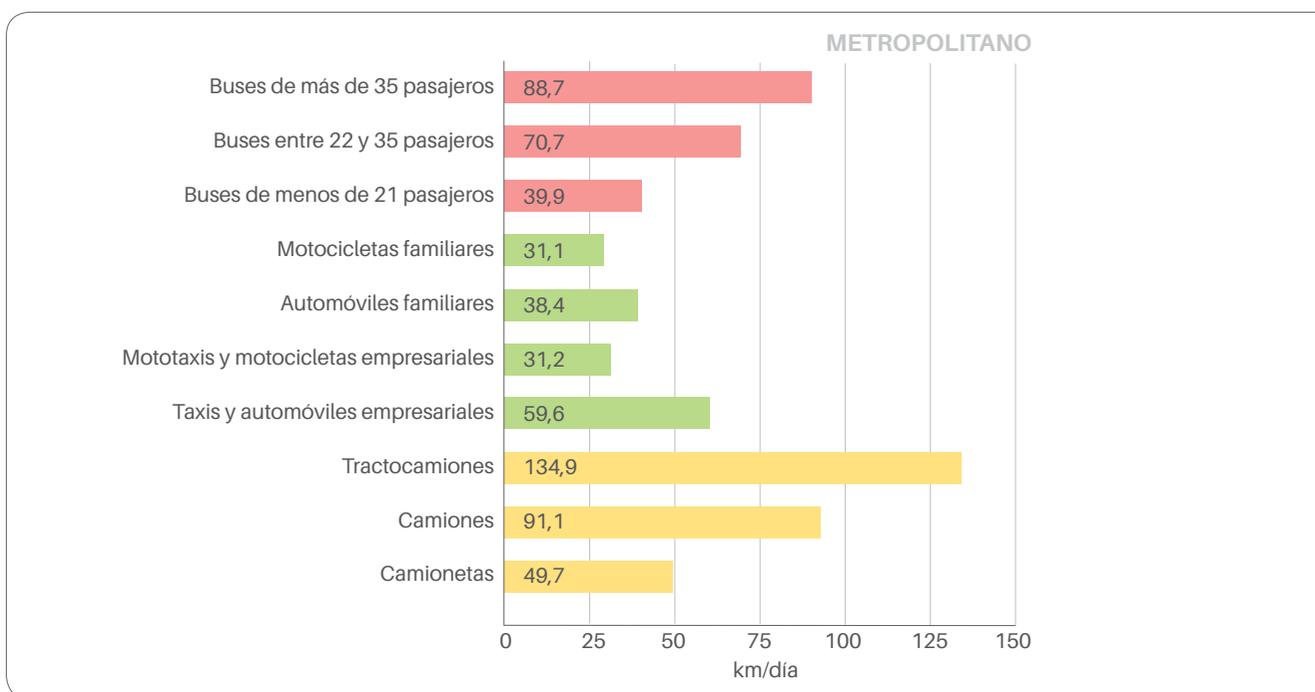
Anexos

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.



Fuente: UPME (2010).

Bibliografía

- Alcaldía Municipal de Guadalajara de Buga. 2010. Anuario estadístico Guadalajara de Buga, 2010. Valle del Cauca, Colombia.
- Alcaldía Municipal de Guadalajara de Buga. 2011. Anuario estadístico Guadalajara de Buga, 2011. Valle del Cauca, Colombia.
- Alcaldía Municipal de Guadalajara de Buga. 2014. Anuario estadístico Guadalajara de Buga, 2014. Valle del Cauca, Colombia.
- 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/1SUdl5h>
- Hernández de L, Y. 1995. Efecto de la quema de la caña de azúcar sobre la incidencia de enfermedades respiratorias en dos localidades del Estado Aragua, Venezuela. Resúmen. Caña de Azúcar 13(02):85-97.
- 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. París.
- 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.

MinCIT (Ministerio de Comercio, Industria y Turismo). 2014. Plan de Acción Sectorial de Mitigación Sector Industria. Bogotá D.C., Colombia. 40 p.

MinMinas (Ministerio de Minas y Energía); UPME (Unidad de Planeación Minero Energética). 2010. Programa de Uso Racional y Eficiente de Energía y Fuentes No Convencionales – PROURE. Plan de acción al 2015 con visión al 2025. Disponible en: <http://bit.ly/1SEml3l>

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.
Edición de producción: Gladys Rodríguez
Fotografías portada: <http://bit.ly/1PI6ivr>
Impresión: Velásquez Digital S.A.S., Cali, Colombia

2015



Informes

Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca

www.cvc.gov.co

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