

Inventario Municipal de Gases de Efecto Invernadero (IMGEI) Municipio de Tuluá

Informe Final Actividad E2014

Convenio No. 033 de 2014



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 Municipal de Gases de Efecto Invernadero (IMGEI) Municipio de Tuluá

Informe Final Actividad E2014

Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT)
Clima Soluciones S.A.S.
Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC)

Convenio No. 033 de 2014

Aunar esfuerzos y recursos humanos, económicos y técnicos para realizar acciones en el marco de la mitigación y la adaptación al cambio climático en el Valle del Cauca



Prefacio

Actualmente el cambio climático es uno de los fenómenos a escala mundial que más impactos ocasiona a nivel socioeconómico y ambiental. Situación que motivó a diferentes países, tanto desarrollados como en vía de desarrollo, a unirse para hacer frente a este fenómeno y en especial a los problemas generados por las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Grandes avances se han logrado a partir de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC) y del Protocolo de Kioto.

Colombia hace parte de la CMNUCC, por lo cual ha adquirido una serie de compromisos como el desarrollo de los inventarios de GEI. Ante la CMNUCC, se han presentado dos de estos reportes y actualmente se realiza el nuevo inventario de GEI a nivel nacional para el año 2010, siguiendo la metodología del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, 2006).

A nivel regional, se han iniciado esfuerzos para lograr estimar emisiones de GEI y así identificar el impacto que ocasiona el desarrollo de la economía local en cuanto a la magnitud de emisiones. Asimismo, se identifican los sectores con alto potencial para la implementación de medidas de mitigación, lo que se convierte en la base para direccionar adecuadamente inversiones de desarrollo sectorial en las regiones.

En Colombia, dos ciudades han desarrollado inventarios de GEI: Bogotá y Montería. A nivel departamental y

municipal, se ha incentivado el desarrollo y puesta en marcha de estas estimaciones.

El municipio de Tuluá, Valle de Cauca, es pionero en el país en iniciar un esfuerzo intersectorial en el desarrollo del inventario de GEI para la región. Esta iniciativa hará de Tuluá una región que cuente con una visión más explícita sobre cómo lograr abordar la mitigación de emisiones de GEI, y el desarrollo sostenible de los sectores.

Este documento presenta una introducción general de los inventarios de GEI y las metodologías del IPCC, que quedan recogidas en el capítulo relacionado con la guía para la elaboración del Inventario Regional de GEI de Tuluá. Se describe la metodología del IPCC, los sectores que contemplan estas directrices y el estado de avance de las etapas desarrolladas a la fecha.

Posteriormente, se presenta un listado de las fuentes de emisiones que fueron seleccionadas como objeto de estudio con base en la vocación del municipio. Igualmente, se presentan los cálculos finales desarrollados, que responden en gran medida a las fuentes de emisiones del sector Agricultura, ya que la vocación principal del municipio corresponde a actividades agrícolas y pecuarias.

Contenido

Introducción	1
Guía para inventarios de gases de efecto invernadero Año 2006	2
Gases de efecto invernadero	2
GEI directos	2
GEI indirectos	2
Sectores.....	2
Serie de tiempo	3
Buenas prácticas	3
Fases de desarrollo del inventario.....	4
Inventarios de GEI regionales.....	5
Beneficios adicionales del desarrollo del inventario regional de GEI.....	5
Generalidades del municipio de Tuluá	5
Resultados	6
Energía.....	6
Consumo residencial (1A4b).....	8
Transporte terrestre (1A3b).....	9
Procesos industriales.....	11
Agricultura.....	12
Ganadería (3.A).....	12
Fuentes agregadas y emisiones de no CO ₂ provenientes de la tierra (3.C).....	14
Emisiones de gases de efecto invernadero por quema de biomasa.....	17
Residuos.....	19
Sitios gestionados de eliminación de desechos (4A1).....	19
Tratamiento y eliminación de aguas residuales (4D).....	20
Consolidado de emisiones de GEI del municipio de Tuluá, Año 2010	21
Categorías clave.....	22
Acciones para la mitigación	23
Sector Energía	23
Sector Agricultura.....	24
Sector Residuos	25
Conclusiones	27
Recomendaciones	28
Bibliografía	29

Cuadros

Cuadro 1.	Potenciales de calentamiento global	5
Cuadro 2.	Servicios con los que cuenta la vivienda (2010)	6
Cuadro 3.	Fuentes de emisión sector Energía, municipio de Tuluá, Año 2010.....	7
Cuadro 4.	Consumo de gas natural residencial (m ³), Año 2010	8
Cuadro 5.	Factores de emisión para consumo de gas.....	8
Cuadro 6.	Factores de conversión.....	8
Cuadro 7.	Parque automotor activo por clase de vehículo, municipio de Tuluá, Año 2010.....	9
Cuadro 8.	Homologación tipo de vehículo, municipio de Tuluá, Año 2010	9
Cuadro 9.	Kilómetros promedio recorridos por clase de vehículo, municipio de Tuluá, Año 2010.....	9
Cuadro 10.	Estimación de la cantidad de combustible usado por el sector Transporte, municipio de Tuluá, Año 2010.....	10
Cuadro 11.	Factores de emisión para consumo de gasolina	10
Cuadro 12.	Resultados emisiones sector Energía, municipio de Tuluá, Año 2010	10
Cuadro 13.	Fuentes de emisión sector Procesos Industriales, municipio de Tuluá, Año 2010	11
Cuadro 14.	Fuentes de emisión sector Agricultura, municipio de Tuluá, Año 2010.....	12
Cuadro 15.	Emisiones de metano y óxido nitroso provenientes de la Ganadería, municipio de Tuluá, Año 2010.....	13
Cuadro 16.	Emisiones de óxido nitroso provenientes de fuentes agregadas y emisiones de no CO ₂ provenientes de la tierra; municipio de Tuluá, Año 2010.....	16
Cuadro 17.	Resultado emisiones sector Agricultura.....	16
Cuadro 18.	Superficie de caña quemada por ingenios azucareros en el municipio de Tuluá.....	17
Cuadro 19.	Valores por defecto para la cantidad de combustible realmente quemado y factores de emisión	17
Cuadro 20.	Resultados de emisiones de gases de efecto invernadero por quema de caña en el municipio de Tuluá.....	18
Cuadro 21.	Fuentes de emisión sector Residuos	19
Cuadro 22.	Datos de actividad en el Tratamiento de Residuos Sólidos	19
Cuadro 23.	Composición de los residuos sólidos a nivel nacional	20
Cuadro 24.	Factores de emisión para Residuos Sólidos.....	20
Cuadro 25.	Población de Tuluá.....	20
Cuadro 26.	Factores de emisión para Agua Residual Doméstica	20
Cuadro 27.	Emisiones de GEI provenientes del sector Residuos del municipio de Tuluá, Año 2010.....	20
Cuadro 28.	Consolidado del resultado de emisiones de GEI, municipio de Tuluá, Año 2010.....	21
Cuadro 29.	Listado de categorías clave para el municipio de Tuluá	22

Figuras

Figura 1. Etapas de desarrollo de un inventario de GEI	4
Figura 2. Localización geográfica del municipio de Tuluá.....	5
Figura 3. Población de Tuluá, Año 2010.....	6
Figura 4. Crecimiento demográfico de Tuluá, Año 2010.....	6
Figura 5. Emisiones del sector Energía (Gg de CO ₂ eq), municipio de Tuluá, Año 2010.....	10
Figura 6. Porcentaje de emisiones de CH ₄ por especie para fermentación entérica, Tuluá, Año 2010.....	13
Figura 7. Porcentaje de emisiones de CH ₄ por especie para gestión de estiércol, Tuluá, Año 2010.....	13
Figura 8. Porcentaje de participación de óxido nitroso en emisiones directas de suelos gestionados, Tuluá, Año 2010.....	15
Figura 9. Porcentaje de emisiones indirectas de óxido nitroso en suelos gestionados, Tuluá, Año 2010.....	15
Figura 10. Porcentaje de participación de óxido nitroso en emisiones de suelos gestionados, Tuluá, Año 2010.....	16
Figura 11. Aporte de CO ₂ equivalente por ingenios azucareros en el municipio de Tuluá.....	18
Figura 12. Porcentaje de participación de fuentes de GEI en el sector Residuos.....	21
Figura 13. Emisiones de GEI por sector, en Gg de CO ₂ eq, municipio de Tuluá, Año 2010.....	22
Figura 14. Emisiones de GEI por categoría, en Gg de CO ₂ eq, municipio de Tuluá.....	23

Introducción

En el municipio de Tuluá, se llevó a cabo el primer inventario de gases de efecto invernadero (GEI) a nivel del municipio, tomando como año base el 2010. Básicamente este trabajo se llevó a cabo porque los inventarios de emisiones de GEI son considerados instrumentos indispensables para facilitar los procesos de toma de decisiones, ya que son el punto de partida para la implementación, evaluación y ajuste de programas tendientes a mejorar los procesos de adaptación al cambio climático y calidad del aire en pequeñas y grandes localidades.

La forma como se planificó y ejecutó este trabajo se fundamentó principalmente en las directrices del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), a partir de una metodología de cálculo de Nivel I. Esta metodología consideró como variable de entrada la actividad de los sectores Energía, Agricultura y Desechos, y factores de emisión (por defecto) para distintos gases de efecto invernadero (CO_2 , CH_4 y N_2O) responsables de intensificar día tras día la problemática del calentamiento global a causa de la permanencia (años) y elevado forzamiento radiactivo de estos gases en la atmósfera.

Como resultado de este trabajo, se encontró que el sector que más emitió GEI en el municipio de Tuluá durante el año 2010 fue el sector Agrícola, seguido del sector Energía y Desechos con porcentajes de participación (% Gg de CO_2 eq) equivalentes a 65,27, 20,31 y 14,41%, respectivamente.

Respecto a estos valores, se determinó que la participación del sector Agrícola es coherente con la

vocación del municipio y que, por tanto, se convierte en un punto focal para políticas encaminadas hacia la disminución de emisiones de GEI y la vinculación de los diferentes actores hacia procesos de adaptación al cambio climático.

Específicamente, las categorías que más emisiones aportaron al sector Agrícola fueron las correspondientes a fuentes agregadas y emisiones de no CO_2 provenientes de la tierra (18,74%), quema de biomasa (18,06 %) y fermentación entérica (16,82%). Las razones por las cuales la categoría de fuentes agregadas tuvo una mayor participación en el inventario se asociaron principalmente a las emisiones de N_2O por su durabilidad (114 años aproximadamente) y alto potencial de calentamiento global (310). Aunque la categoría de quema de biomasa tuvo un porcentaje de participación similar (18,06%) al generado por fuentes agregadas, cabe destacar que en esta categoría el CO_2 resultó ser el gas más emitido posiblemente porque, durante el proceso de quema de caña (caña de azúcar), la biomasa tiende a quemarse completamente, en lugar de generar subproductos como el monóxido de carbono (CO).

Por otro lado, se definió que las emisiones del sector Transporte constituyen la tercera fuente de emisión más importante en el municipio con una participación del 15,04% y la más importante del sector energético con el 74% de participación. Igualmente dentro de este mismo sector, se encontró que las emisiones de GEI generadas por las motocicletas fueron las más altas (67%), seguidas por las emisiones de autos (22%), camiones para servicio ligero (8%) y pesado (2%).

Guía para inventarios de gases de efecto invernadero Año 2006

Un inventario de gases de efecto invernadero (GEI) tiene como objetivo determinar la magnitud de las emisiones en una región específica atribuibles a la actividad humana (emisiones antropogénicas).

Gases de efecto invernadero

Los gases de efecto invernadero 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

- Dióxido de carbono (CO₂)
- Metano (CH₄)
- Óxido nitroso (N₂O)
- Hidrofluorocarbonos (HFC)
- Perfluorocarbonos (PFC)
- Hexafluoruro de azufre (SF₆)

Los GEI más importantes considerados bajo la guía del IPCC para los inventarios de los GEI “directos” (gases que inducen directamente al forzamiento radiativo y al calentamiento global) son: el dióxido de carbono, el metano y el óxido nitroso, los cuales están contemplados en este inventario municipal.

Fuentes de dióxido de carbono (CO₂)

La mayor fuente a nivel mundial es la quema de combustibles fósiles. El cambio en el uso del suelo y las actividades de silvicultura también son importantes, tanto para las emisiones de CO₂ por deforestación como por captura de CO₂ por medio de sumideros forestales. Algunos procesos de producción industrial también emiten CO₂, 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 (CH₄)

Las fuentes más importantes a nivel mundial son la producción de ganado, el cultivo de 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, generado por las emisiones del proceso de fermentación entérica¹ 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.

GEI indirectos

- Monóxido de carbono (CO)
- Óxidos de nitrógeno (NO_x)
- Compuestos orgánicos volátiles distintos del metano (COVDM)
- Dióxido de azufre (SO₂)

Los GEI “indirectos” son aquellos gases que contribuyen indirectamente al forzamiento radiativo por medio de su impacto en la química atmosférica, ya que pueden modificar la formación y/o composición atmosférica de los GEI directos o contribuir a la formación de aerosoles. Los más importantes de estos GEI indirectos son: el monóxido de carbono (CO), los óxidos de nitrógeno (NO_x), los compuestos orgánicos volátiles distintos del metano (COVDM) y el dióxido de azufre (SO₂).

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:

- La exploración y explotación de las fuentes primarias de energía.

¹ Un proceso digestivo por medio del cual los microorganismos descomponen los carbohidratos en moléculas simples para la absorción hacia el torrente sanguíneo de un animal. Durante este proceso, se producen grandes cantidades de emisiones de metano (Nieves y Olarte, 2009).

- La conversión de las fuentes primarias de energía en formas más utilizables en refinerías y centrales eléctricas.
- La transmisión y distribución de 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

Dentro de este sector, se cuantifican las emisiones de GEI generadas por actividades relacionadas con los procesos industriales (uso y transformación de materias primas a través de procesos físicos y químicos), por el uso de GEI en los productos y por los usos no energéticos del carbono contenido en los combustibles fósiles.

Sector de Agricultura, Silvicultura y otros Usos de la Tierra

El uso y la gestión de la tierra influye sobre una diversidad de procesos del ecosistema que afectan 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). Estas emisiones contemplan las categorías de ganado, tierra y emisiones agregadas de no CO₂ provenientes de la tierra, donde básicamente se cuantifican las entradas al sistema de materias primas nitrogenadas, emisiones por cambios en el uso de la tierra y emisiones por la actividad bacteriana de especies domésticas.

Residuos

Se contemplan emisiones de dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O), procedentes de las siguientes categorías: eliminación de desechos sólidos, tratamiento biológico de los desechos sólidos, incineración abierta de desechos, tratamiento y eliminación de aguas residuales.

Metodología

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

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

En donde:

- Los datos de actividad describen la magnitud anual de una actividad (por ej., número de cabezas de ganado).
- Factor de emisión es la masa de los GEI emitidos por unidad de actividad. Un ejemplo sería: Gg CH₄ x cabeza de ganado.

Dentro de las directrices del IPCC (2006), se presenta una jerarquización según la información de factores de emisión con las que se cuentan en la región para el inventario de GEI.

Nivel 1: Factores de emisión por defecto del IPCC. Datos de actividad más básicos y menos desagregados.

Nivel 2: Métodos más detallados por fuente. Se cuenta con factores de emisión propios.

Nivel 3: Métodos de evaluación y factores de emisión específicos de la fuente y de la región, basados en mediciones puntuales. Datos de actividad altamente desagregados.

Serie de tiempo

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

Buenas prácticas

La *Orientación del IPCC sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero* (IPCC, 2000) indica los principios que se deben seguir para la estimación de emisiones y así lograr un inventario altamente confiable.

Transparencia: Documentación para cualquier tipo de público.

Exhaustividad: Inclusión de todas las fuentes, sumideros y gases.

Coherencia: Los resultados de los cálculos reflejan las emisiones reales. Coherencia en el tiempo.

Exactitud: No contiene estimaciones excesivas ni insuficientes, en la medida en la que pueda juzgarse.

Comparabilidad: Entre regiones del país.

Fases de desarrollo del inventario

Las etapas en las que se desarrolla un inventario de GEI inician con la revisión de las metodologías del IPCC, con el objetivo de conocer y comprender los diferentes métodos de cálculo, las variables requeridas y el tipo de resultado que se obtendrán (Figura 1). Posteriormente, con el listado de fuentes de emisión por sector, se seleccionaron las actividades que se desarrollan en la región y que generan emisiones de GEI. Lo que dio paso a la consolidación de información sectorial. Dentro de las directrices del IPCC, se conoce como consolidación de datos de actividad (por ej., número de cabezas de ganado). Esta etapa es quizás una de las más complejas de desarrollar, ya que el equipo coordinador del inventario debe apoyarse en los expertos sectoriales y en las entidades competentes para gestionar y administrar la información de los sectores de energía, procesos industriales, agricultura y servicios públicos domiciliarios.

Una vez obtenida la información de datos de actividad de los sectores, se debe iniciar un proceso de compilación, selección y tabulación de los datos que se usarán para la estimación de emisiones. En los casos en los que no se cuente con datos de actividad medidos (por 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 (por ej., número de vehículos por la cantidad de kilómetros recorridos, para obtener la cantidad de combustible requerido). Todos estos procesos de deben documentar debidamente para generar la línea base que permita comparar resultados posteriores en los que se aplique la misma metodología.

Este ejercicio también permite identificar los vacíos de información existentes en los sectores, generando una necesidad de establecer mecanismos que permitan una futura consolidación de la información, no solo para los próximos inventarios que se desarrollen, sino también para el bienestar y desarrollo 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. El Nivel 1, el cual fue seleccionado para el desarrollo del inventario de Tuluá (dado que no existen factores de emisión estimados en la región), presenta los factores de emisión por defecto. En la mayoría de los casos, el IPCC presenta factores de emisión por regiones y rangos. Estos deben ser seleccionados por el equipo coordinador del inventario de GEI.

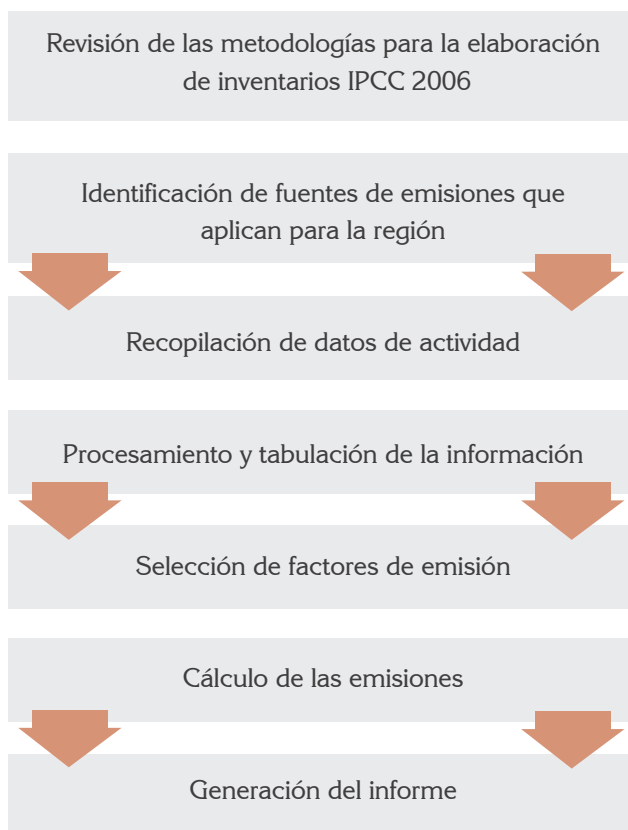


Figura 1. Etapas de desarrollo de un inventario de GEI. Fuente: IPCC (2006).

Una vez definidos tanto los datos de actividad como los factores de emisión, se procede al cálculo de emisiones por medio de las ecuaciones presentadas en las directrices del IPCC, según cada fuente de emisión. Con estos datos, se genera finalmente el informe donde se consolidan las emisiones estimadas por tipo de fuente y por GEI generado. Con el ánimo de lograr hacer una comparación exhaustiva e identificar las categorías clave o principales fuentes de emisión, todas las emisiones estimadas (emisiones de CO₂, CH₄ y N₂O) se convierten en CO₂ equivalentes (CO₂ eq) por medio de su potencial de calentamiento global (PCG), para así unificar las unidades en las que se presenta el inventario. El Cuadro 1 relaciona el PCG según el IPCC para los GEI que se contemplan en el inventario de Tuluá.

Cuadro 1. Potenciales de calentamiento global.

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

Fuente: IPCC (2006).

Inventarios de GEI regionales

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

Beneficios adicionales del desarrollo del inventario regional de GEI

- Proporciona información útil para la evaluación y planificación del desarrollo económico: información referente al suministro y utilización de recursos naturales (por ej., tierras de cultivo, bosques, recursos energéticos, agricultura) e información sobre la demanda y producción industrial.
- Proporciona información de utilidad para abordar otros problemas del medio ambiente (por ej., calidad del aire, uso del suelo y manejo de residuos, entre otros).
- Evalúa opciones de mitigación de GEI por sector.

- Proporciona la base para los esquemas de comercio de emisiones.

Generalidades del municipio de Tuluá

El municipio de Tuluá se encuentra ubicado en el suroeste colombiano, en el centro del departamento del Valle del Cauca, entre la cordillera Central y el río Cauca (Figura 2). Su posición geográfica es 4°05'16" de latitud norte y 76°12'03" de longitud occidental.

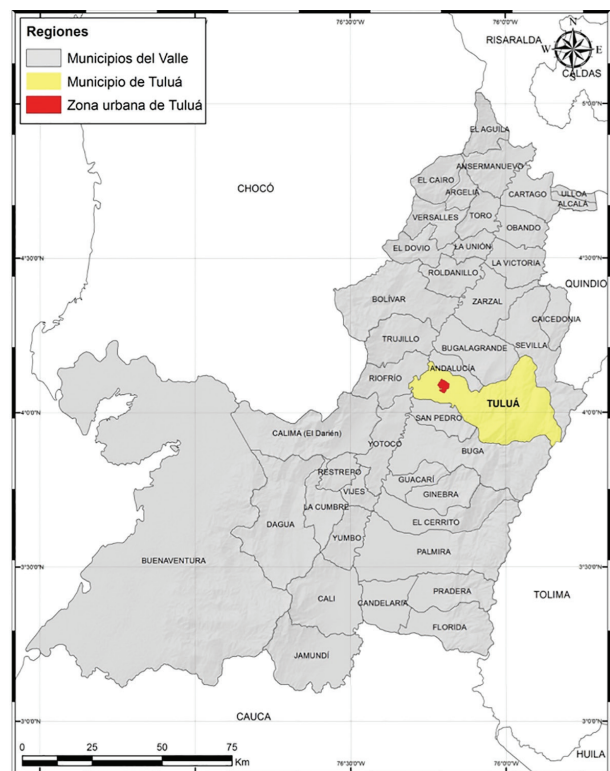


Figura 2. Localización geográfica del municipio de Tuluá.

Se distinguen cuatro zonas fisiográficas: la zona plana, el piedemonte de la cordillera Central, la media y la alta montaña. La cabecera municipal está a 960 metros sobre el nivel del mar en la zona plana y a 4.400 metros de altitud en los páramos de Barragán y Santa Lucía. La extensión territorial del municipio es de 910,55 km², de los cuales el 98,78% corresponde al sector rural y 1,22% al sector urbano.

La población para el año 2010 (año para el cual se realizó el inventario de GEI) era de 199.244 habitantes (86% población urbana y 14% población rural), con una tasa anual de crecimiento de 1,22 según datos del

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) y recopilados en el Anuario 2010 del municipio (Figuras 3 y 4) (Alcaldía del Municipio de Tuluá, 2011). Este municipio cuenta con una alta cobertura de servicios públicos en los hogares de la región, como se presenta en el Cuadro 2.

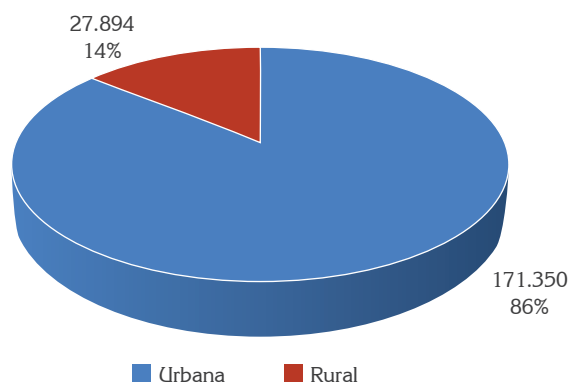


Figura 3. Población de Tuluá, Año 2010.
Fuente: Alcaldía del Municipio de Tuluá (2011).

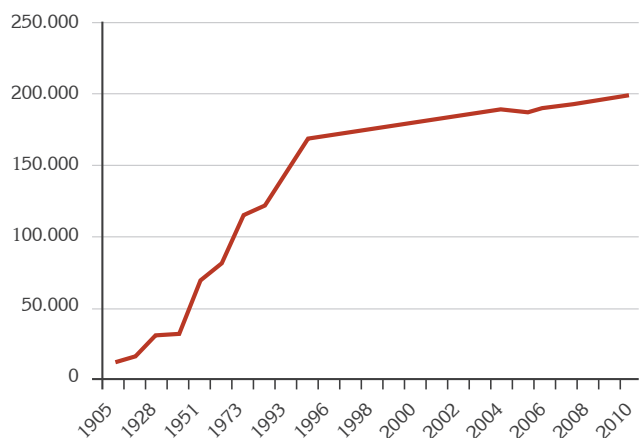


Figura 4. Crecimiento demográfico de Tuluá, Año 2010.
Fuente: Alcaldía del Municipio de Tuluá (2011).

Cuadro 2. Servicios con los que cuenta la vivienda (2010).

Servicios	# de viviendas	% de cobertura
Energía eléctrica	47.989	98,10
Alcantarillado	46.863	95,80
Acueducto	47.597	97,30
Gas natural	28.177	57,60
Teléfono	32.237	65,90

Fuente: Alcaldía del Municipio de Tuluá (2011).

Las principales industrias del municipio corresponden a la actividad de alimentos y bebidas, como la producción de azúcar, harinas, jugos y panela, entre otros. La economía de este municipio históricamente se ha basado principalmente en la agricultura, debido a la variedad de climas, lo que permite la diversificación de cultivos como trigo y cebada, y en climas templados, café, maíz, frijol, hortalizas y toda clase de frutas. En climas más cálidos, caña de azúcar, maíz, cacao, plátano, tabaco, algodón, soya, millo, ajonjolí y pastos de excelente calidad para la ganadería de especies como Holstein, Normando y Cebú.

Resultados

Energía

En el sector de energía, se estiman emisiones de GEI generadas por actividades relacionadas con la quema, extracción y manipulación de combustibles fósiles (petróleo y sus derivados, carbón y gas natural) (Cuadro 3). En cuanto a las actividades de exploración y explotación de las fuentes primarias de energía, no fueron tenidas en cuenta en este inventario, ya que según los reportes no se practican actividades como el aprovechamiento de yacimientos petroleros o explotaciones de carbón a gran escala. La conversión de las fuentes primarias de energía a sus derivados o a energía eléctrica tampoco fue objeto de estudio ya que no existen refinerías en la región, y la energía eléctrica proviene de hidroeléctricas y no de la quema de combustibles fósiles como carbón o gas natural.

El consumo de combustibles en aplicaciones estacionarias y móviles sí fueron fuentes de emisión que se analizaron y de las cuales el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) inició la recopilación de información con los actores clave. Otras emisiones que surgen de estas actividades por combustión y como emisiones fugitivas, o por escape sin combustión, no se incluyeron en el inventario, dado que no se presentan grandes explotaciones de petróleo y carbón.

Finalmente, para el sector Energía, se estimaron emisiones por quema de combustibles fósiles en i) el subsector de consumo residencial y ii) el sector de transporte. Otras fuentes de emisión como procesamiento de alimentos, bebidas y tabaco; consumo de combustibles a nivel comercial/institucional; y en

Cuadro 3. Fuentes de emisión sector Energía, municipio de Tuluá, Año 2010.

1 SECTOR ENERGÍA	ESTADO DE AVANCE
1A1. INDUSTRIAS DE LA ENERGÍA	
1A1ai Generación de electricidad	n/a
1A1aii Generación combinada por calor y energía	n/a
1A1aiii Centrales de carbón	n/a
1A1b Refinación de petróleo	n/a
1A1ci Fabricación de combustibles sólidos	n/a
1A1cii Otras industrias de la energía	n/a
1A2. INDUSTRIAS MANUFACTURERA Y DE LA CONSTRUCCIÓN	
1A2a Hierro y acero	n/a
1A2b Metales no ferrosos	n/a
1A2c Productos químicos	n/a
1A2d Pulpa, papel e imprenta	n/a
1A2e Procesamiento de alimentos, bebidas y tabaco	II
1A2f Minerales no metálicos	n/a
1A2g Equipos de transporte	n/a
1A2h Maquinaria	n/a
1A2i Minería (excepción de combustibles) y cantería	n/a
1A2j Madera y productos de madera	n/a
1A2k Construcción	n/a
1A2l Textiles y cuero	n/a
1A2m Industria no especificada	n/a
1A4. OTROS SECTORES	
1A4a Comercial/institucional	II
1A4b Residencial	EC
1A4ci Agricultura estacionaria	II
1A4ciii Pesca	n/a
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	n/a
1A3di Navegación marítima fluvial internacional	n/a
1A3dii Navegación marítima fluvial nacional	n/a
1A3e Otro tipo de transporte	n/a
1B EMISIONES FUGITIVAS	
1B1ai Emisiones fugitivas por minería subterránea de carbón	n/a
1B1aaii Emisiones fugitivas por minería terrestre de carbón	n/a

n/a 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 del 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.

el sector por actividades estacionarias no se lograron estimar, ya que no se contó con la información suficiente para desarrollar el cálculo. En cuanto a las emisiones del sector Transporte, el municipio contaba con el inventario

del parque automotor, y se usaron datos nacionales para obtener cifras de kilómetros recorridos en promedio por modo de transporte y consumo promedio de gasolina.

Consumo residencial (1A4b)

En el municipio de Tuluá, la empresa Gases de Occidente S.A. Empresa de Servicios Públicos es la entidad responsable de suministrar el servicio de gas natural a los diferentes sectores del municipio. Para esta actividad, se contó con información de consumo de combustible por estratos a nivel residencial. Otros consumos a nivel comercial e industrial no fueron obtenidos en la etapa de compilación de información; así como el posible

consumo de otros tipos de combustible, como gasolina y leña, que comúnmente son usados en los hogares separados del casco urbano.

Datos de actividad

Los siguientes son datos de actividad reportados por el Sistema Único de Información de Servicios Públicos (SUI), que permitieron identificar el consumo de gas natural a nivel residencial y estimar las emisiones de GEI generadas por esta actividad (Cuadro 4).

Cuadro 4. Consumo de gas natural residencial (m³), Año 2010.

Departamento	Municipio	Empresa	Estrato						Total
			1	2	3	4	5	6	
Valle del Cauca	Tuluá	Gases de Occidente S.A. Empresa de Servicios Públicos	770.993	3.626.377	2.003.895	306.341	174.153	623	6.882.382

Fuente: Sistema Único de Información de Servicios Públicos (SUI)
http://reportes.sui.gov.co/fabricaReportes/frameSet.jsp?idreporte=gas_com_009

Factores de emisión

Los factores de emisión seleccionados son registros del IPCC 2006 para la estimación de emisiones de GEI por consumo de gas natural a nivel residencial (Cuadro 5).

Cuadro 5. Factores de emisión para consumo de gas.

CO ₂ factor de emisión	CH ₄ factor de emisión	N ₂ O factor de emisión
(kg CO ₂ /TJ)	(kg CH ₄ /TJ)	(kg N ₂ O /TJ)
56.100	5	0,1

TJ: Terajoules.

Fuente: IPCC (2006).

Unidades y conversiones de cálculo

Las siguientes unidades son tomadas de la Tabla de Conversiones para Unidades Energéticas Comunes de la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE), datos usados por la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) en el Balance Energético Nacional Anual para Colombia (Cuadro 6).

Cuadro 6. Factores de conversión.

Unidad original (metro cúbico)	1,0
Factor de conversión (TJ/unidad)	0,0000347

Fuente: UPME (2006).

Transporte terrestre (1A3b)

Datos de actividad

Los siguientes son datos consolidados a partir del Anuario Estadístico 2010 (Alcaldía del Municipio de Tuluá, 2011) sobre el parque automotor para el año en estudio. Con esta información, y consultado el promedio de kilómetros recorridos por cada uno de los tipos de vehículos, se estimó la cantidad de combustible usado. Si bien son datos aproximados, era la opción más viable para lograr estimar las emisiones de este subsector que es de vital importancia dentro de un inventario de emisiones de GEI (Cuadro 7).

Cuadro 7. Parque automotor activo por clase de vehículo, municipio de Tuluá, Año 2010.

Clase de vehículo	Cantidad
Automóvil	7.381
Bus	181
Buseta	92
Camión	663
Camioneta	2.073
Campero	2.162
Microbús	292
Tractocamión	66
Volqueta	205
Motocicleta	39.875
Motocarro	76
Ambulancia	6
Mototriciclo	13
Cuatrimoto	72
Total	53.157

Fuente: Con base en datos de la Alcaldía del Municipio de Tuluá (2011).

El primer paso fue agrupar los tipos de vehículos en los cuatro grupos definidos por la metodología del IPCC 2006 (Cuadro 8).

Por medio de registros nacionales, se asumen los siguientes valores como los kilómetros que en promedio puede recorrer un automóvil en un año, según la clase de vehículo (Cuadro 9).

Cuadro 8. Homologación tipo de vehículo, municipio de Tuluá, Año 2010.

Automóvil	1A3bi Automóviles
Camión	1A3bii Camiones para servicio ligero
Camioneta	
Campero	
Ambulancia	
Bus	1A3biii Camiones para servicio pesado y autobuses
Buseta	
Microbús	
Tractocamión	
Volqueta	1A3biv Motocicletas
Motocicleta	
Motocarro	
Mototriciclo	
Cuatrimoto	

Fuente: IPCC (2006).

Cuadro 9. Kilómetros promedio recorridos por clase de vehículo, municipio de Tuluá, Año 2010.

Clase de vehículo	Kilómetros promedio recorridos
Automóvil	18.000
Bus	54.000
Buseta	54.000
Camión	25.000
Camioneta	25.000
Campero	15.000
Microbús	54.000
Tractocamión	60.000
Volqueta	10.000
Motocicleta	18.000
Motocarro	18.000
Ambulancia	10.000
Mototriciclo	10.000
Cuatrimoto	5.000

Fuente: Con base en datos de la Alcaldía del Municipio de Tuluá (2011).

A continuación, se presenta el cálculo para obtener el total de gasolina consumida por el sector Transporte. Se asume que, por cada galón de gasolina, los automóviles recorren 35 km, los camiones 30 km y las motocicletas 120 km (Cuadro 10).

Cuadro 10. Estimación de la cantidad de combustible usado por el sector Transporte, municipio de Tuluá, Año 2010.

Clase de vehículo	Número de vehículos	Km recorridos/año	Combustible (galones)
1A3bi Automóviles	7.381	27.018.000	771.943
1A3bii Camiones para servicio ligero	4.904	8.355.000	278.500
1A3biii Camiones para servicio pesado y autobuses	836	1.252.000	41.733
1A3biv Motocicletas	40.036	278.060.000	2.317.167

Factores de emisión

Los factores de emisión seleccionados son registros del IPCC 2006 para la estimación de emisiones de GEI por consumo de gasolina del parque automotor. Dado que no se contó con información detallada sobre la tecnología usada, se asumen datos de gasolina para motores sin controlar los valores promedio que indican las directrices (Cuadro 11).

Cuadro 11. Factores de emisión para consumo de gasolina

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

Fuente: IPCC (2006).

Emisiones de GEI provenientes del sector Energía del municipio de Tuluá, Año 2010

En el Cuadro 12, se consolidan los resultados de las emisiones de GEI estimadas para el sector Energía del municipio de Tuluá para el año 2010.

La categoría clave en el sector Energía es el Transporte, el cual emite el 74% de las emisiones estimadas, con un total de 38 Gg de CO₂ eq (Figura 5). El gas ampliamente predominante es el CO₂, tanto el CH₄ como el N₂O no son representativos en el sector.

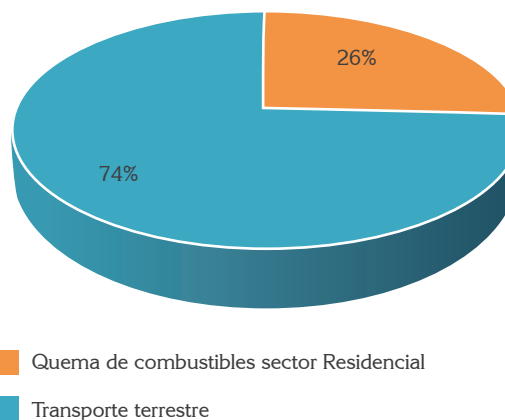


Figura 5. Emisiones del sector Energía (Gg de CO₂ eq), municipio de Tuluá, Año 2010.

Cuadro 12. Resultados emisiones sector Energía, municipio de Tuluá, Año 2010.

Sector		Emisiones de GEI (Gg)			
4	Energía	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂ eq
1A4b	Quema de combustibles sector Residencial	13,00	0,0011941	0,0000239	13,43
1A3b	Transporte terrestre	37,39	0,02	0,00	38,30
	1A3bi Automóviles	8,46	0,004	0,00	8,67
	1A3bii Camiones para servicio ligero	3,05	0,001	0,00	3,13
	1A3biii Camiones para servicio pesado y autobuses	0,46	0,00	0,00	0,47
	1A3biv Motocicletas	25,41	0,012	0,001	26,03
	Total sector Energía*	50,39	0,02	0,00	51,73

* Los totales solamente incluyen las cifras resaltadas en negrilla.

Procesos industriales

El sector industrial de esta región es limitado en cuanto a información generada. Pocas industrias son reportadas por los actores claves como grandes generadores. Inicialmente se tomaron en cuenta industrias de canteras y ladrilleras, uso de solventes, uso de parafina y la industria de alimentos y bebidas. Se realizó un esfuerzo para consolidar la información mínima requerida para la estimación de emisiones de GEI por estas fuentes, pero

dada la complejidad de cada proceso industrial y la poca información que reporta el sector y las entidades que las supervisan, no fue posible estimar las emisiones para este sector. Otras fuentes, como la industria química, no son desarrolladas en la región, al igual que la industria de metales.

Cuadro 13. Fuentes de emisión sector Procesos Industriales, municipio de Tuluá, Año 2010.

2 PROCESOS INDUSTRIALES	ESTADO DE AVANCE
2A INDUSTRIA MINERAL	
Otros usos de carbonatos en los procesos (ladrilleras)	II
2B INDUSTRIA QUÍMICA	
2B1 Producción de amoníaco	n/a
2B5 Producción de carburo	n/a
2B6 Dióxido de titanio producción	n/a
2B8 Petroquímica y de negro producción	n/a
2B8a Metanol	n/a
2B8b Etileno	n/a
2B8f Negro de humo	n/a
2B10 Otros	n/a
2C INDUSTRIA DEL METAL	
2C1 Hierro y acero	n/a
2C2 Producción de ferroaleaciones	n/a
2C3 Producción de aluminio	n/a
2C5 Producción de plomo	n/a
2C6 Producción de zinc	n/a
2C7 Otros	n/a
2D PRODUCTOS NO ENERGÉTICOS DE COMBUSTIBLES Y EL USO DE SOLVENTES	
2D1 Lubricante uso	n/a
2D2 Uso de cera parafina	II
2D3 Uso de solventes	II
2D4 Otros	n/a
2H OTROS	
2H1 Industria de pulpa y papel	n/a
2H2 Alimentos y bebidas industria	II
2H3 Otros	n/a

n/a 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 del 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.

Agricultura

Ganadería (3.A)

Las emisiones provenientes de la ganadería contemplan emisiones directas de metano y de óxido nitroso. Como principal categoría, se tienen las emisiones de metano por fermentación entérica. Inicialmente se había propuesto usar el nivel metodológico TIER 2 para las emisiones por fermentación entérica de la especie de bovino, ya que por comunicaciones anteriores se reporta

como la categoría más emisora de metano pero, al ser un primer ejercicio a escala municipal, las directrices del IPCC proponen hacer todos los cálculos con nivel metodológico TIER 1, generando la primera línea base que servirá como soporte, tanto metodológico como de cuantificaciones futuras que servirán de comparación para inventarios futuros. El Cuadro 14 presenta las categorías del sector y las que fueron objeto de estudio en el presente inventario.

Cuadro 14. Fuentes de emisión sector Agricultura, municipio de Tuluá, Año 2010.

3 AFOLU	ESTADO DE AVANCE
3A GANADERÍA	
3A1 Fermentación entérica	EC
3A2 Gestión de estiércol	EC
3B TIERRA	
3B1 Tierras forestales	II
3B2 Tierras de cultivo	II
3B3 Pasturas	II
3B4 Humedales	II
3B5 Asentamientos	II
3B6 Otras tierras	II
3C FUENTES AGREGADAS Y EMISIONES DE NO CO₂ PROVENIENTES DE LA TIERRA	
3C1 Quema de biomasa	II
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 de arroz	n/a

n/a 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 del 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.

Fueron contempladas las especies de bovinos (ganado de leche y otro ganado), bufalinos, caprinos, ovinos, equinos, mulares, asnares, aves de corral y cunícolas, que representaban, para el año 2010, poblaciones significativas. Como principal dato de actividad, fue recopilado, por parte del equipo del CIAT, la población de las especies anteriormente nombradas, con lo que se estimaron emisiones de metano del municipio de Tuluá para el año 2010 de 2,03 Gg, que equivalen a 2.035 toneladas de CH₄. De estas emisiones, el 96,68%

corresponde al ganado bovino, seguido de 1,7% proveniente de búfalos (Figura 6).

Se calculó un total de 0,038 Gg de emisiones de metano provenientes de la gestión de estiércol, que equivalen a 38 toneladas de CH₄. Al igual que en la fermentación entérica, la mayor participación la tiene la especie bovina con un 86%, pero se resalta un porcentaje de 7,33% proveniente de la población equina del municipio. También es significativo el

aporte de metano que se genera por los residuos de las 9.500 aves que hicieron parte del censo pecuario para el año 2010, con una participación del 4,8%. Los demás porcentajes se detallan en la Figura 7.

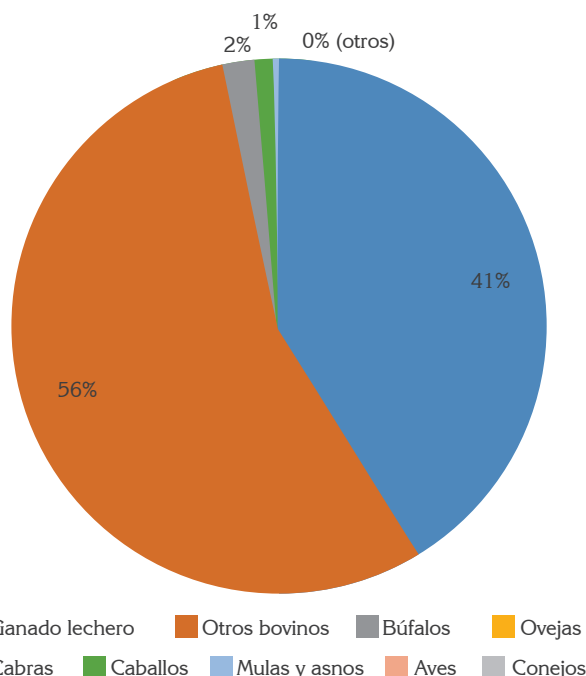


Figura 6. Porcentaje de emisiones de CH₄ por especie para fermentación entérica, Tuluá, Año 2010.

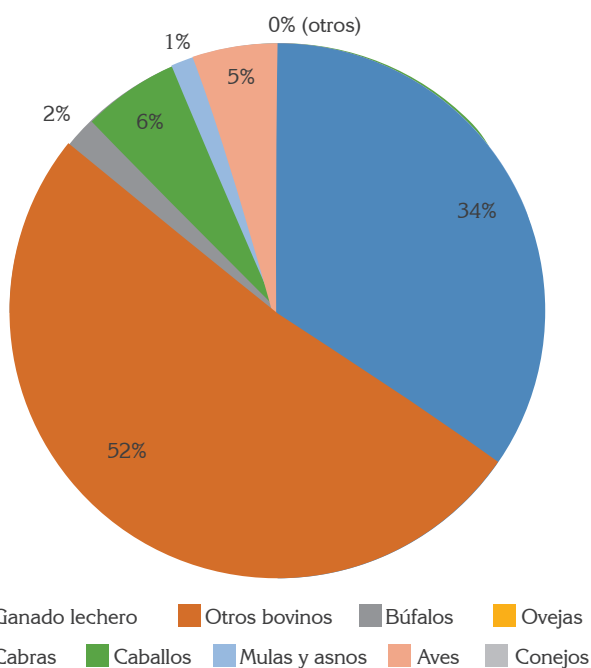


Figura 7. Porcentaje de emisiones de CH₄ por especie para gestión de estiércol, Tuluá, Año 2010.

Finalmente, la categoría de Ganadería contempla las emisiones directas de óxido nitroso provenientes de la gestión del estiércol. Para este cálculo, es importante conocer la rata de excreción diaria de nitrógeno por parte de cada categoría de especies. Para tener este dato, se considera un peso promedio por cada especie: para ganado lechero 550 kg, para otros bovinos 450 kg, búfalos 380 kg, ovejas 28 kg, cabras 30 kg, equinos 238 kg, mulas y asnos 130 kg, aves de corral 1,8 kg y conejos 1,6 kg. Los anteriores pesos fueron tomados de las Guías IPCC 2006, Volumen 4 Capítulo 10 Tablas 10A1–10A-9, exceptuando los pesos de bovinos que fueron calculados bajo estándares de la ganadería nacional. Fueron contemplados dos sistemas de gestión de estiércol: pasturas, asumiendo que el 100% de las excretas de las especies de bovinos, bufalinos, ovinos, caprinos, equinos, mulares y asnares es depositado directamente en las mismas sin ningún tipo de tratamiento; y el sistema de manejo de sólidos, asumiendo que el 100% de las excretas de las aves y conejos practican este sistema de gestión con sus desechos.

Basados en la anterior clasificación por sistemas de gestión de estiércol, se tienen unas emisiones totales de 0,093 Gg de N₂O equivalentes a 93 toneladas de N₂O, de las cuales el 99,9% corresponde al nitrógeno depositado en las pasturas, lo que hace insignificante el aporte de N₂O proveniente del sistema de gestión de estiércol de manejo de sólidos propio de porcinos, aves y conejos.

Finalmente, de la categoría de Ganadería, se reporta para el año 2010 un total de 2,07 Gg de CH₄ y 0,093 Gg de N₂O, equivalentes a 72,38 Gg de CO₂ equivalente (72.389 toneladas de CO₂ eq), asumiendo un potencial de calentamiento (GWP) para metano de 21 y para óxido nitroso de 310, respectivamente (Cuadro 15).

Cuadro 15. Emisiones de metano y óxido nitroso provenientes de la Ganadería, municipio de Tuluá, Año 2010.

Sector		Emisiones de GEI (Gg)		
		CO ₂ eq	CH ₄	N ₂ O
3A	Ganadería	72,38	2,07	0,093
3A1	Fermentación entérica		2,04	
3A2	Gestión del estiércol		0,04	0,093

Fuentes agregadas y emisiones de no CO₂ provenientes de la tierra (3.C)

Esta categoría contempla las emisiones indirectas de óxido nitroso proveniente de la gestión de estiércol, las emisiones directas de N₂O de suelos gestionados, las emisiones indirectas de N₂O de suelos gestionados por la deposición atmosférica de nitrógeno volatilizado y emisiones por nitrógeno lixiviado, emisiones de CO₂ por encalado, emisiones de CO₂ por aplicación de urea y emisiones de metano para cultivos de arroz (subcategoría que no aplica para el municipio).

Las emisiones de N₂O indirectas de gestión de estiércol se estimaron en 0,0093 Gg, que equivalen a 9,34 toneladas de óxido nitroso, emitidas para el año 2010. Al igual que todas las emisiones de ganadería, para la gestión de estiércol, se contemplaron los sistemas de gestión de pasturas y de manejo de sólidos, siendo las pasturas la principal fuente de emisiones con cerca del 99,6%.

Las emisiones directas de óxido nitroso contemplan la cantidad de fertilizantes nitrogenados sintéticos aplicados durante el año 2010. Para este cálculo, se contemplaron los requerimientos de nitrógeno de los principales cultivos (café, maíz y caña de azúcar), asumiendo así un requerimiento de 100 kg de nitrógeno/ha⁻¹ para café, 190 kg/h⁻¹ para maíz y 110 kg/h⁻¹ para caña de azúcar; para las 3.916 ha cosechadas de café, 775 ha de maíz y 5.668 ha de caña panelera reportadas para el año 2010 en el municipio. Para el nitrógeno proveniente de abonos orgánicos, se contempló un requerimiento de 30 kg/h⁻¹ provenientes de material orgánico en descomposición. Este dato permite cuantificar de un modo acertado la cantidad de nitrógeno que entra al sistema por abonos orgánicos. Para el nitrógeno proveniente de los residuos de cultivos, fueron contemplados los cultivos de mayor impacto en el municipio, con esto tenemos nuevamente el café, el maíz y la caña de azúcar, con una superficie cosechada de 10.382 ha para el año 2010. En este punto, el principal énfasis es en el área cosechada, producción y rendimientos.

El IPCC, en su ecuación 11.7, es enfático en contemplar cultivos que en sus prácticas agrícolas contemplan la quema. Por esta razón, se asume una relación de producción de residuos y un porcentaje de residuos quemados que, al no tener datos del municipio, se

toman los datos por defecto del IPCC. Se recomienda así la incorporación de datos locales, con el objetivo de reducir incertidumbres y engranar estudios locales a los inventarios nacionales. Para las demás variables, se contemplaron las guías IPCC (1997) y las buenas prácticas (IPCC, 2005), con el objetivo de tener datos de factores de combustión, los cuales son requeridos para la cuantificación de N depositado. Se contempla un factor de emisión para el nitrógeno depositado en las pasturas por orina y heces de animales en pastoreo, que se relaciona con un factor de emisión particular EF_{3_PRP}, ya que las pasturas se contemplan en los suelos gestionados y los aportes de nitrógeno por parte de los animales que tienen que ser cuantificados.

Las emisiones directas de óxido nitroso provenientes de suelos gestionados fueron calculadas en 0,116 Gg, equivalentes a 116 toneladas de N₂O, con los aportes distribuidos de la siguiente manera: 16 t N₂O año⁻¹ por parte de los fertilizantes nitrogenados sintéticos, 4,3 t N₂O año⁻¹, 35,2 t N₂O año⁻¹ para residuos agrícolas (este ítem se llevó un gran peso participativo debido a que fueron contemplados los rendimientos de maíz y caña de azúcar. Específicamente este último presentó rendimientos para el 2010 de 113,3 t ha⁻¹, lo que implica una gran cantidad de materia verde por área, generando una mayor cantidad de residuos agrícolas propios de sistemas de producción azucareros), 1,17 t N₂O año⁻¹, correspondiente a cambios en el uso de suelos gestionados, 0,12 t N₂O año⁻¹ por manejo de suelos y finalmente 59,4 t N₂O año⁻¹ provenientes del nitrógeno depositado en las pasturas por bovinos, bufalinos, caprinos, ovinos, equinos, mulares y asnares. Los porcentajes correspondientes a la participación de cada fuente de óxido nitroso proveniente de suelos gestionados se describen en la Figura 8, donde se resalta la participación de los residuos de cultivo con un 30,2%, y el depositado por los animales en pastoreo correspondiente al 51% del total de las emisiones (Figura 8).

Finalmente las emisiones indirectas provenientes de suelos gestionados contemplan el N₂O por deposición atmosférica del nitrógeno volatilizado de suelos gestionados y el N₂O del nitrógeno por lixiviación o escorrentía de suelos gestionados. Se contemplan las entradas de nitrógeno al sistema (suelos, sintéticos, orgánicos y pasturas), multiplicándolos por unos factores de volatilización y factores de emisión por defecto, sugeridos por las Guías

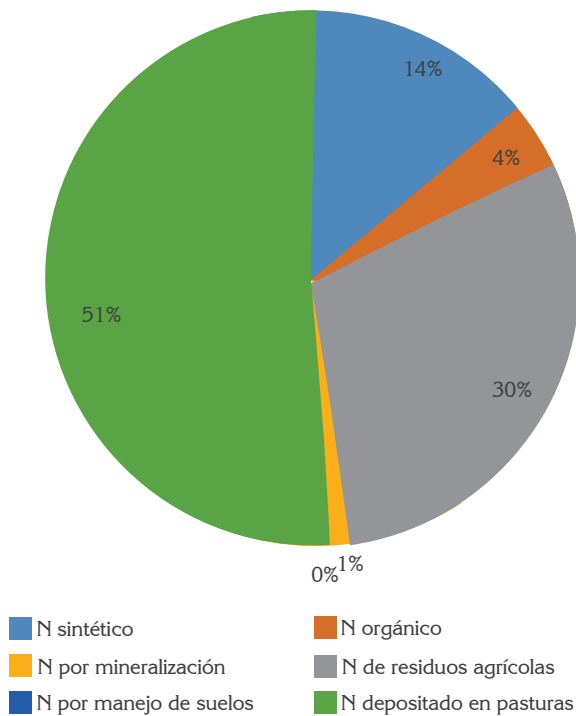


Figura 8. Porcentaje de participación de óxido nitroso en emisiones directas de suelos gestionados, Tuluá, Año 2010.

IPCC 2006 para países tropicales. Adicionalmente, se contemplan emisiones por lixiviación y escorrentía de las entradas de nitrógeno anteriormente nombradas, con la diferencia de contemplar el nitrógeno que se mineraliza en suelos minerales, asociado con la pérdida o ganancia de carbono de suelos orgánicos, como resultado de cambios en el uso de los suelos gestionados. Para obtener este dato, al no estar disponible a nivel municipal, se ponderó del total nacional por el área municipal de 910,55 km². Con este dato, se estimó un delta C necesario para la cuantificación del N. De la anterior metodología, fueron emitidos un total de 0,029 Gg de N₂O que equivalen a 29,6 toneladas de óxido nitroso (Figura 9).

En el Cuadro 16, se resumen las emisiones totales de fuentes agregadas y emisiones de no CO₂ provenientes de la tierra, las cuales fueron estimadas en 0,154 Gg de óxido nitroso, equivalentes a 47,74 Gg de CO₂ eq, obteniendo 154 t de óxido nitroso proveniente de fuentes agregadas con un potencial de calentamiento de 310, equivalentes a 47,74 t CO₂ para 2010. La participación por fuentes agregadas

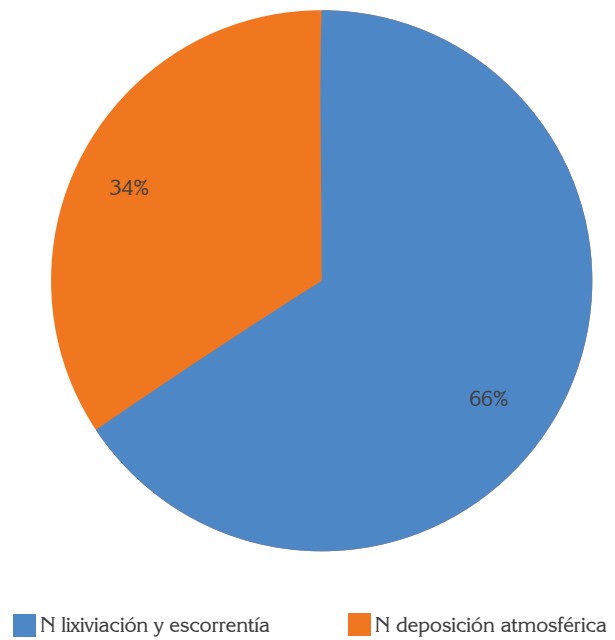


Figura 9. Porcentaje de emisiones indirectas de óxido nitroso en suelos gestionados, Tuluá, Año 2010.

y emisiones de no CO₂ provenientes de la tierra se resumen en el Figura 10, donde se destaca que el 75,3% de las mismas provienen de emisiones directas de suelos gestionados, emisiones que contemplan el uso de fertilizantes nitrogenados sintéticos, orgánicos y residuos de cultivos, porcentaje que confirma que las acciones de mitigación municipal podrían ir encaminadas a prácticas agrícolas amigables con el medio ambiente, donde las entradas de nitrógeno al sistema (independientemente de su origen) podrían ser más controladas en cuanto a la aplicación de los mismos.

Por otro lado, el 18,8% corresponde a emisiones indirectas de los suelos, porcentaje de participación que no depende tanto de las prácticas de los productores, sino del tipo del suelo donde se encuentran los sistemas productivos. Finalmente, las emisiones indirectas de óxido nitroso aportan el 5,8% restante que, al no ser el de mayor aporte, nos proporciona una visión general para gestionar los residuos pecuarios de una manera diferente a la aplicación directa en las pasturas.

Cuadro 16. Emisiones de óxido nitroso provenientes de fuentes agregadas y emisiones de no CO₂ provenientes de la tierra; municipio de Tuluá, Año 2010.

	Categoría	CO ₂ eq	CH ₄	N ₂ O
3C	Fuentes agregadas y emisiones de no CO ₂ provenientes de la tierra	47,74	0	0,154
3C4	Emisiones directas de N ₂ O de suelos gestionados			0,116
3C5	Emisiones indirectas de N ₂ O de suelos gestionados			0,029
3C6	Emisiones indirectas de N ₂ O de gestión del estiércol			0,009
3C7	Cultivo de arroz		n/a	n/a

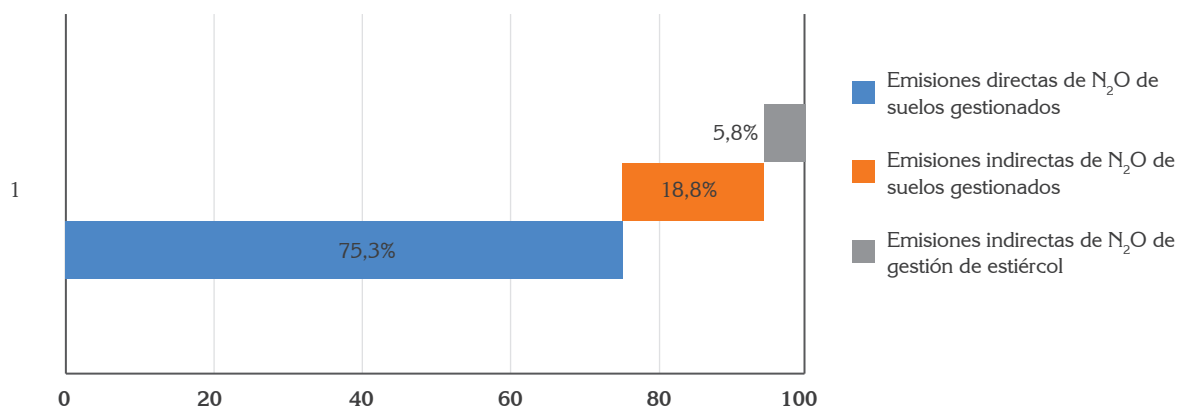


Figura 10. Porcentaje de participación de óxido nitroso en emisiones de suelos gestionados, Año 2010.

Emisiones de gases de efecto invernadero provenientes de la agricultura del municipio de Tuluá, Año 2010

Según la información suministrada correspondiente al sector agropecuario del municipio de Tuluá, Valle del Cauca, para el año 2010, se tienen emisiones totales de CO₂ equivalentes de 120,12 Gg, de las cuales 2,07 Gg corresponden a emisiones de metano, con un potencial de calentamiento (GPW) de 21, aporta 43,47 Gg de CO₂ equivalentes al 36,2%, de los cuales el 99,9 % corresponden a la fermentación entérica. Los aportes generados por óxido nitroso para el año base fueron de 76,65 Gg de CO₂ equivalentes correspondientes a emisiones de 0,154093 Gg de N₂O, con un potencial de calentamiento de 310. Los aportes de óxido nitroso de la agricultura fueron del 63,8%. Estos

datos generados muestran la realidad de un municipio con más vocación agrícola que pecuaria (Cuadro 17).

No se logró contar con la información requerida para cuantificar las emisiones por cambios en el uso del suelo (Silvicultura y Cambios en el Uso del Suelo). Esta categoría necesita mapas a escalas apropiadas que indiquen el cambio normalmente en hectáreas de dos o más series temporales de un mismo lugar. Con el fin de obtener las áreas de cambio de un tiempo A a un tiempo B, es importante el apoyo de entidades que manejen estos registros (Corine Landcover, Imágenes satelitales LANDSAT) a escalas locales para poderse incluir en próximos inventarios de gases de efecto invernadero (INGEI) municipales.

Cuadro 17. Resultado emisiones sector Agricultura.

Sector		Emisiones de GEI (Gg)			
		CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂ eq
3	Agricultura				
3A	Ganadería		2,08	0,093	42,84
3C	Fuentes agregadas y emisiones de no CO ₂ provenientes de la tierra			0,154	47,74
3C1	Quema de biomasa	43,74	0,078	2,02 · 10 ⁻³	46,00
	Total sector Agricultura	43,74	2,158	0,24902	166,12

Emisiones de gases de efecto invernadero por quema de biomasa

A continuación, se describe la forma como se cuantificaron las emisiones de GEI (CH_4 , N_2O y CO_2) por quema de biomasa en el municipio de Tuluá. Resulta importante tener en cuenta que solo se consideraron las emisiones debidas a la quema de biomasa en cultivos agrícolas (caña de azúcar) porque constituyen a nivel local una de las fuentes más importantes de GEI.

Para estimar las emisiones de GEI por quema de caña de azúcar en el municipio de Tuluá, se empleó una metodología de cálculo de Nivel I con base en IPCC

(2006). En la información necesaria para realizar este tipo de estimaciones, se consideraron los siguientes aspectos: i) superficie de caña quemada; ii) cantidad de combustible realmente quemado y iii) factor de emisión por defecto según el tipo de contaminante.

Para obtener el dato de superficie de caña quemada en el municipio de Tuluá, se accedió a la información dispuesta por la CVC (2013). Sobre esta información, cabe indicar que los datos corresponden al año 2013 debido a que no fue posible acceder a información para el año base 2010. El Cuadro 18 muestra la información correspondiente a la quema de caña en el municipio de Tuluá.

Cuadro 18. Superficie de caña quemada por ingenios azucareros en el municipio de Tuluá.

Ingenio	Quema no programada (ha)	Quema programada (ha)	Total (ha)
San Carlos	58,75	3.285,33	3.344,08
Carmelita	6,56	782,35	788,91
Riopaila	20	242,83	262,83
Manuelita	26,76	0	26,76
Providencia	18,99	0	18,99
Total	131,06	4.310,51	4.441,57

Fuente: Datos reportados por la CVC en 2013.

En cuanto a los otros parámetros (cantidad de combustible realmente quemado y factor de emisión por tipo de contaminante), cabe mencionar que se establecieron atendiendo las recomendaciones

dadas por el IPCC (2006). El Cuadro 19 muestra los valores (por defecto) de los parámetros mencionados anteriormente para el cálculo de las emisiones de gases de efecto invernadero.

Cuadro 19. Valores por defecto para la cantidad de combustible realmente quemado y factores de emisión.

Parámetro	Unidad	Valor	Referencia
Cantidad de combustible realmente quemado en cultivos de caña de azúcar	t/ha ⁻¹	6,5	IPCC (2006)
Factores de emisión para gases de efecto invernadero			
CO ₂	g CO ₂ · kg materia seca quemada ⁻¹	1.515	
CH ₄	g CH ₄ · kg materia seca quemada ⁻¹	2,7	
N ₂ O	g N ₂ O · kg materia seca quemada ⁻¹	0,07	

Teniendo en cuenta la información de los Cuadros 18 y 19, se procedió a cuantificar las emisiones de GEI mediante la siguiente ecuación, la cual considera las siguientes variables de entrada: i) superficie o área

quemada; ii) cantidad de combustible realmente quemado; y iii) factor de emisión por cada tipo de contaminante.

$$L_{\text{Incendio}} = \frac{A_{\text{Caña}} \cdot (M_{BCf}) \cdot G_{FE}}{10^6}$$

En donde:

L_{Incendio} = Cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero provocada por incendios (Gg de gas)

A = Superficie de caña quemada o incendiada (hectárea)

M_{BCf} = Cantidad de combustible realmente quemado (6,5 toneladas materia seca quemada · Hectárea⁻¹)

G_{FE} = Factores de emisión (g de cada gas · kg de materia seca quemada⁻¹)

Luego de integrar la información mostrada en los Cuadros 18 y 19 mediante esta ecuación, se determinaron las emisiones de GEI por quema de caña en el municipio de Tuluá. Estos resultados se muestran en el Cuadro 20 con base en las unidades correspondientes a cada tipo de gas y también en términos de CO₂ eq.

Teniendo en cuenta los resultados del Cuadro 20, se tiene que el CO₂ es el GEI que más se libera al ambiente por la quema de caña que practican los diferentes ingenios en el municipio de Tuluá. Específicamente, se puede notar que de todos los ingenios que emiten GEI, el ingenio San Carlos y Carmelita son quienes más contribuyen al calentamiento global debido a los altos valores de CO₂ eq que aportan (34,63 y 8,10 CO₂ eq, respectivamente). Esta información se muestra en la Figura 11.

Cuadro 20. Resultados de emisiones de gases de efecto invernadero por quema de caña en el municipio de Tuluá.

Sector		Emisiones de GEI (Gg)			
		CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂ eq
3C1	Quema de caña de azúcar	43,74	0,078	2,02 · 10 ⁻³	46,00

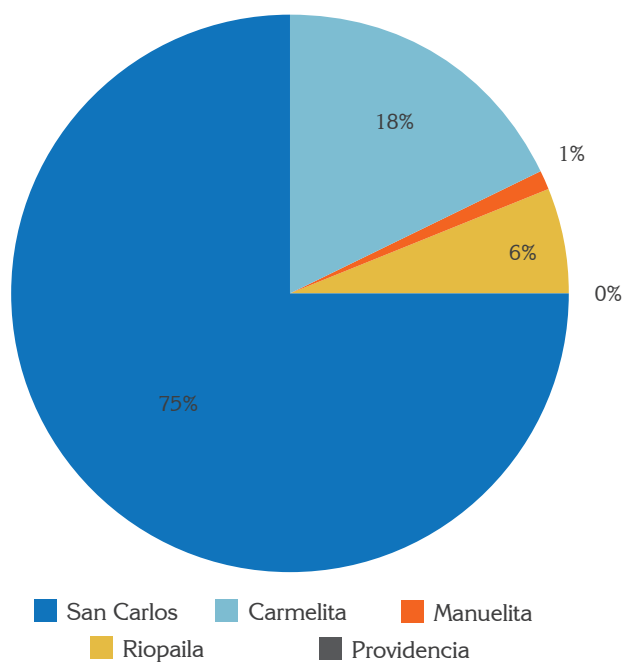


Figura 11. Aporte de CO₂ equivalente por ingenios azucareros en el municipio de Tuluá.

Residuos

Para el sector de Residuos, se estimaron emisiones generadas por la descomposición de residuos sólidos dispuestos en tierra y tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas. Otras categorías como

Incineración de Residuos y Tratamiento Biológico no se contemplaron, debido a que son actividades que no cuentan con datos de actividad suficiente para la estimación de emisiones de GEI (Cuadro 21).

Cuadro 21. Fuentes de emisión sector Residuos.

4 RESIDUOS	ESTADO DE AVANCE
4A ELIMINACIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS	
4A1 Sitios gestionados de eliminación de desechos	EC
4A2 Sitios no gestionados de eliminación de desechos	n/a
4A3 Sitios no categorizados de eliminación de desechos	n/a
4B TRATAMIENTO BIOLÓGICO DE RESIDUOS SÓLIDOS	II
4C INCINERACIÓN E INCINERACIÓN ABIERTA DE DESECHOS	
4C1 Incineración de desechos	n/a
4C2 Incineración abierta de desechos	n/a
4D TRATAMIENTO Y ELIMINACIÓN DE AGUAS RESIDUALES	
4D1 Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas	EC
4D2 Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales	II
4E OTROS	

n/a 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 del 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.

Sitios gestionados de eliminación de desechos (4A1)

Para esta fuente de emisión, se contó con información de la empresa prestadora de servicios de aseo del municipio y con datos presentados en el Anuario Estadístico de la región (Alcaldía del Municipio de Tuluá, 2011).

Datos de actividad

Para determinar la composición de los residuos sólidos, ya que no se cuenta con información municipal, se tomó el promedio de la composición de los residuos a nivel nacional. Estos son datos generados por las entidades competentes nacionales (Cuadros 22 y 23).

Cuadro 22. Datos de actividad en el Tratamiento de Residuos Sólidos.

Municipio	Departamento	Población Cabecera 2010	PPC* kg/día	Generación de residuos (t/año)	Generación Gg/año	Tipo de disposición
Tuluá	Valle del Cauca	199.244	0,96	41.764	41,7	Relleno sanitario

* PPC: Producción per cápita.

Fuente: Anuario Estadístico 2010 (Alcaldía del Municipio de Tuluá, 2011).

Cuadro 23. Composición residuos sólidos a nivel nacional.

Tipo de residuo dispuesto	% Composición física de los residuos sólidos dispuestos en Colombia
Materia orgánica	65
Plástico	14
Papel y cartón	5
Vidrio	4
Papel	5
Textiles	3,5
Ordinarios	2
Metales	1,5
Total % composición	100

Fuente: SSPD (2008).

Tratamiento y eliminación de aguas residuales (4D)

Datos de actividad

En la fuente de emisión de Tratamiento y Eliminación de Aguas Residuales Domésticas, se contó con la siguiente información (Cuadro 25):

- Se asume cloaca cerrada (alcantarillado cerrado)
- 1, 2, 3: estratos bajos
- 4, 5, 6 y 7: estratos altos
- Como tipo de vía o sistema de tratamiento y eliminación, se asume sin tratamiento con vertimiento directo en el río

Cuadro 25. Población de Tuluá.

Estrato	Población
1, 2, 3	167.542
4, 5, 6, 7	31.722

Fuente: Anuario Estadístico 2010 (Alcaldía del Municipio de Tuluá, 2011).

Factores de emisión

Los factores de emisión seleccionados son registros del IPCC 2006 para la estimación de emisiones de metano por residuos sólidos (Cuadro 24).

Cuadro 24. Factores de emisión para Residuos Sólidos.

Fracción de carbono orgánico degradable (COD) en los residuos sólidos urbanos	Fracción de COD que realmente se degrada	Fracción del carbono liberado como metano
0,1278	0,77	0,5

Fuente: IPCC (2006).

Los factores de emisión seleccionados son registros del IPCC 2006 para la estimación de emisiones de metano por aguas residuales domésticas (Cuadro 26).

Cuadro 26. Factores de emisión para Agua Residual Doméstica.

Factor corrector para el metano (MCFj) ^a	Factor de emisión (FE) (kg CH ₄ /kg DBO) ^b
0,1	0,06

^a MCFj: Factor de corrección para el metano.

^b DBO: Demanda bioquímica de oxígeno.

Fuente: IPCC (2006).

Emisiones de gases de efecto invernadero provenientes del sector Residuos del municipio de Tuluá, Año 2010

Cuadro 27. Emisiones de GEI provenientes del sector Residuos del municipio de Tuluá, Año 2010.

Sector		Emisiones de GEI (Gg)			
		CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂ eq
4	Residuos				
4.A	Eliminación de desechos sólidos		1,6		35
4.D	Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas		0,003	0,007	2,178

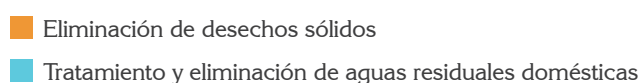
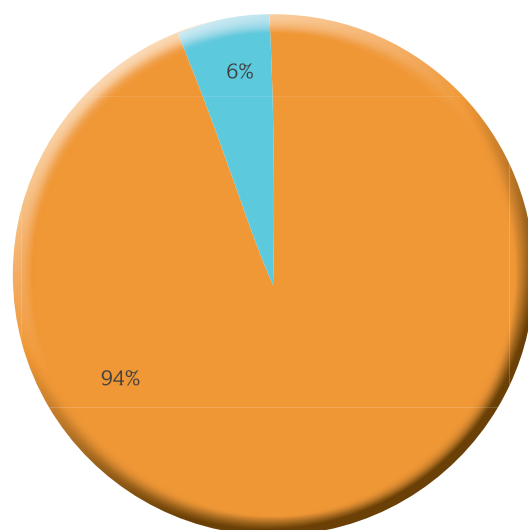


Figura 12. Porcentaje de participación de fuentes de emisión de GEI en el sector Residuos.

Consolidado de emisiones de GEI del municipio de Tuluá, Año 2010

El total de emisiones generadas en el municipio de Tuluá, Valle del Cauca, para el año 2010, fue de 254,69 Gg de CO₂ eq, es decir 254.690 toneladas de CO₂ equivalente (Cuadro 28 y Figura 13).

Cuadro 28. Consolidado del resultado de emisiones de GEI, municipio de Tuluá, Año 2010.

Sector		CO ₂	CH ₄	NO ₂	CO ₂ eq	% de participación con respecto al total
1	ENERGÍA					
1A4b	Quema de combustible sector Residencial	13,4	0,0	0,0	13,43	5,27
1A3b	Transporte terrestre	37,39	0,02	0,00	38,30	15,04
3	AGRICULTURA				0,00	
3A	Ganadería					
3A1	Fermentación entérica		2,04		42,84	16,82
3A2	Gestión de estiércol		0,04	0,093	29,67	11,65
3C	Fuentes agregadas y emisiones de no CO ₂ provenientes de la tierra			0,154	47,74	18,74
3C1	Quema de biomasa	43,74	0,078	0,002	46,00	18,06
4	RESIDUOS					
4A	Eliminación de desechos sólidos		1,64		34,53	13,56
4D	Tratamiento y eliminación de aguas		0,002	0,006	2,18	0,86
	Total				254,69	100,00

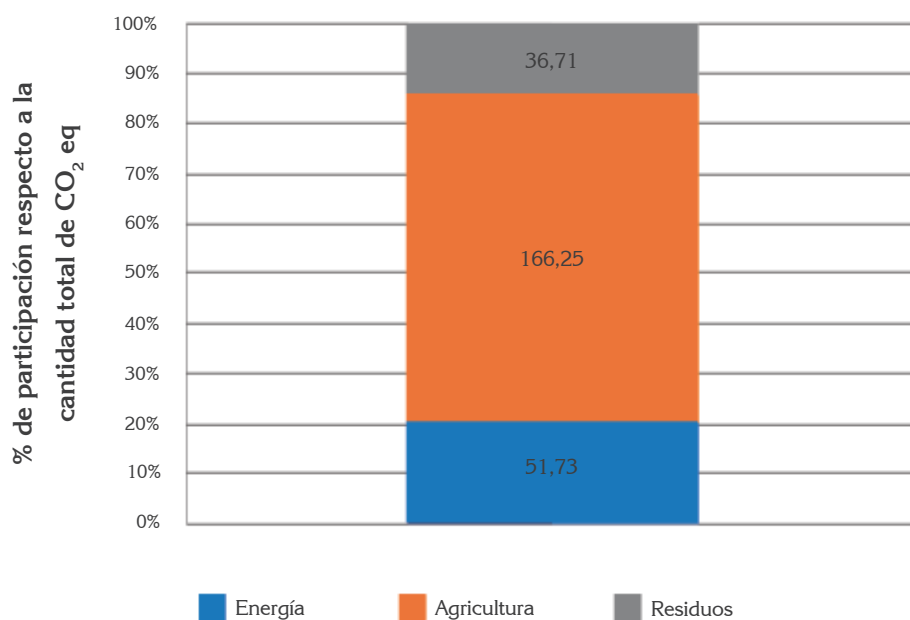


Figura 13. Emisiones de GEI por sector, en Gg de CO₂ eq, municipio de Tuluá, Año 2010.

Categorías clave

Se entiende como categorías clave aquellas que suman más del 80% de las emisiones totales del inventario. Sobre estas fuentes de emisión, se aconseja al municipio direccionar las medidas de mitigación de GEI que generen en un futuro reducción de emisiones (Cuadro 29).

Cuadro 29. Listado de categorías clave para el municipio de Tuluá.

Código IPCC	Categoría	% de participación con respecto al total
3C	Fuentes agregadas y emisiones de no CO ₂ provenientes de la tierra	18,74
3C1	Quema de biomasa	18,06
3A1	Fermentación entérica	16,82
1A3b	Transporte terrestre	15,04
4A	Eliminación de desechos sólidos	13,56
3A2	Gestión de estiércol	11,65
1A4b	Quema de combustibles sector Residencial	5,27
4D	Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas	0,86

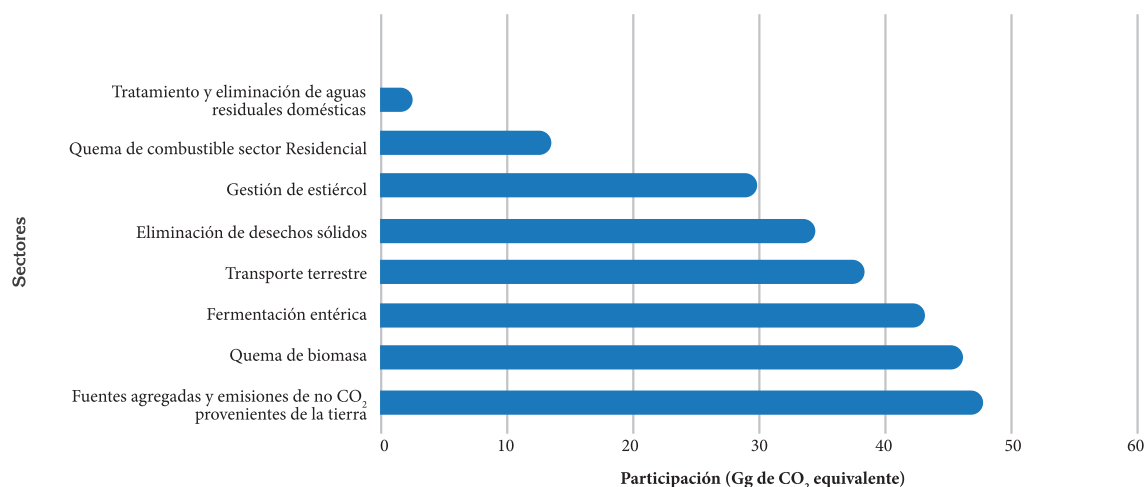


Figura 14. Emisiones de GEI por categoría, en Gg de CO₂ eq, municipio de Tuluá.

Acciones para la mitigación

Basados en los resultados de cada sector, se presentan diferentes medidas de mitigación (políticas, programas y NAMAs – Acciones de Mitigación Apropriadas a Nivel Nacional) 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 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 Cali, y que contó con la participación de más de 50 actores del Nodo Regional Pacífico Sur, entre ellas: 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, Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente (DAGMA), Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico (IIAP), Corporación Autónoma Regional de Risaralda (CARDER), World Wildlife Fund (WWF), EPSA, Ingenio Providencia, Gases de Occidente, ACOPI, ANDI Cauca, Tecnoquímicas, Metro Cali, entre otros.

Las acciones aquí formuladas representan un conjunto de actividades, programas y políticas que permitirían reducir las emisiones de GEI frente a una línea base de emisiones proyectadas en el corto, mediano y largo plazo. Se convierten en una oportunidad para que las

acciones de mitigación identificadas contribuyan a lograr los objetivos de desarrollo del sector generando además cobeneficios económicos, sociales y ambientales, basados en el Inventario de Gases de Efecto Invernadero (INGEI) de Tuluá.

A continuación, se presentan dichas acciones, las cuales deben ser validadas y priorizadas en la región mediante talleres participativos, que permitan profundizar en ellas y verificar su representatividad y pertinencia para el municipio:

Sector Energía

Sectores emisores: Quema de combustible sector Residencial y Transporte Terrestre.

Política directriz 1: Promover el uso del gas natural

Objetivo

Reducir las emisiones de GEI por medio del uso de gas natural y gases licuados de petróleo (GLP) como alternativas al uso de combustibles como diésel, kerosene y gasolina, con mayor factor de emisión.

Acción

Promover el uso del gas mediante el apoyo intersectorial en la formulación de políticas de sustitución de fuentes de energía con mayor factor de emisión.

Política directriz 2: Promoción y desarrollo de la política de eficiencia energética a nivel nacional

Objetivo

Reducir las emisiones de GEI mediante ahorros en el consumo de energía, generados por acciones y programas de eficiencia energética.

Acciones:

- Promover la creación de un fondo de eficiencia energética para apoyar proyectos en el sector residencial y las pequeñas y medianas empresas (PYMEs).
- Desarrollar el programa municipal de sustitución de refrigerados domésticos.
 - o Implementar proyectos de sustitución de refrigerados domésticos ineficientes por refrigerados eficientes.
- Promover y apoyar proyectos de eficiencia energética en el sector Residencial.
 - o Implementar proyectos de mejora de eficiencia de estufas de gas natural.
 - o Realizar campañas de divulgación sobre eficiencia energética de estufas de gas natural.
 - o Implementar proyectos de precalentamiento de agua con energía solar.
 - o Realizar campañas de divulgación sobre precalentamiento de agua con energía solar.

Política directriz 3: Mitigación y sostenibilidad en el transporte público

Objetivo

Reconstrucción y optimización del transporte público.

Acciones

- Asegurar un adecuado mantenimiento y mejoramiento de la infraestructura y el sistema de transporte público.
 - o Renovación de la flota de transporte público.
- Creación CIUDAT: Centro para Intervenciones Urbanas de Desarrollo Avanzado hacia el Transporte.
 - o Articulación entre proyectos de vivienda, desarrollo urbano y transporte.

Política directriz 4: Complemento política nacional logística de transporte de carga

Objetivo

Optimizar cadenas logísticas al interior de las ciudades

Acción

- Programa de desintegración de vehículos de carga mayores de 20 años.

Política directriz 5: Transporte no motorizado

Objetivo

Optimización y promoción del transporte no motorizado.

Acciones

- Construir ciclo-rutas accesibles, directas, conectadas, atractivas, continuas, cómodas, que garanticen la seguridad física y personal del usuario.
- Construcción de parqueaderos de bicicletas y servicios higiénicos en terminales de transporte como promoción de la intermodalidad.
- Construir redes peatonales accesibles, directas, conectadas, atractivas, continuas, cómodas, que garanticen la seguridad física y personal del usuario.

Sector Agricultura

Sectores emisores: Fermentación entérica y gestión de estiércol (ganadería) y fuentes agregadas y emisiones de no CO₂ provenientes de la tierra.

Objetivo

Implementar extensión agropecuaria participativa con apoyo de la comunidad y entidades territoriales, por aptitud de uso de suelo y tipo de productor, con procesos de seguimiento continuo por medio de indicadores estándar de país.

Acciones

- Promover el uso eficiente del agua y el suelo en actividades agrícolas
- Uso eficiente de fertilizantes en actividades agropecuarias
- Realizar actividades de siembra de bosques comerciales y reforestación comercial
- Implementar sistemas agrosilvopastoriles

- Manejar excretas para biofertilizantes
- Realizar siembras y manejo de pasturas
- Realizar manejos pecuarios
- Sembrar cultivos permanentes y sistemas mixtos
- Fomentar la producción orgánica
- Usar los residuos de cosecha para la generación de energía
- Manejar excretas para la generación de energía

Sector Residuos

Sectores emisores: Eliminación de desechos sólidos y tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas.

Política directriz 1: Realizar estudios y/o desarrollos normativos del sector, relacionados con los servicios de aseo

Objetivo

Fortalecimiento de la capacidad institucional local para la inclusión de recicladores de manera formal a la prestación del servicio de aseo, según lo ordena la Corte Constitucional, para lo cual deben considerarse las necesidades regionales del gremio del reciclador e incluir aspectos sociales, de seguridad laboral, administrativos, financieros y del mercado.

Acciones

- Promover el desarrollo y evaluación de líneas estratégicas para la estructuración de esquemas que permitan la formalización empresarial de los recicladores.

Política directriz 2: Apoyar técnicamente la gestión integral de los residuos sólidos con alcance regional y operación especializada

Objetivo

Fortalecer la gestión de residuos sólidos. Dichas medidas se han identificado como prioritarias para el sector, con un impacto directo o indirecto en la mitigación de GEI, acorde con la metodología establecida por la Estrategia Colombiana de Desarrollo Bajo en Carbono (ECDBC) para la construcción de Planes de Acción Sectorial de mitigación (PASm).

Acciones

- Apoyar técnicamente la implementación de sistemas de conducción y tratamiento del biogás (quemado) en rellenos en los que por su costo-efectividad no pueda ser aprovechado, con el objeto de cumplir con la normatividad ambiental vigente.
- Fortalecer el Plan de Gestión de Residuos Sólidos Municipal mediante 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.
- Apoyar la difusión de las buenas prácticas en la planeación logística (ruteo, uso de vehículos híbridos, mantenimiento preventivo a los vehículos, con criterios de eficiencia en la prestación del servicio de aseo).

Política directriz 3: Incentivar el mercado de los productos generados en los procesos de aprovechamiento de residuos orgánicos e inorgánicos

Objetivo

Apertura del mercado para las corrientes valorizables generadas a partir de los residuos sólidos. Este proceso requiere del trabajo conjunto del gobierno nacional y local, de los gremios industriales, recicladores y de las empresas de aseo interesadas en participar en el mercado de corrientes valorizables.

Acciones

- Explorar mecanismos y alianzas que promuevan la demanda y fortalecimiento del mercado de residuos valorizables, incluyendo incentivos al uso del compost mediante convenios de mejoramiento paisajístico urbano; promoviendo las posibles alianzas público-privadas que permitan el fortalecimiento de mercados estratégicos de residuos valorizables y comercialización del reciclaje.
- Estudiar los mejores incentivos o normas que promuevan el coprocesamiento de residuos en la industria bajo estándares ambientales.
- Fortalecer capacidades técnicas en el municipio para la implementación de procesos de compostaje.

Política directriz 4: Apoyar acciones relacionadas con el tratamiento de aguas residuales, especialmente en las cuencas priorizadas incluidas en el Plan Nacional de Desarrollo (PND)

Objetivo

Fomentar la implementación de procesos de aprovechamiento de subproductos del tratamiento de aguas residuales (biogás y biosólidos), lo que permite reducir los GEI y adicionalmente estimular un mercado subvalorado en Colombia, mejorando la rentabilidad de las empresas.

Acciones

- Fomentar el aprovechamiento de los lodos de los sistemas de tratamiento de agua residual (STAR) según alternativas de uso identificadas, como por ejemplo el compostaje de lodos, recuperación de taludes, uso en suelo no agrícola, cobertura en rellenos sanitarios.
- Trabajar en conjunto con el Ministerio de Desarrollo Sostenible (MADS) y el Ministerio de Agricultura

y Desarrollo Rural (MADR) en la expedición de los lineamientos normativos para la gestión de biosólidos.

- Apoyar al MADS y al Ministerio de Minas y Energía (MME) en la formulación de directrices que permitan incentivar las actividades de generación y venta de electricidad a partir del biogás procedente de las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) con sistemas anaerobios.

Política directriz 5: Fortalecimiento de la gestión de proyectos de Acueducto y Alcantarillado.

Acciones

- Promover la optimización en la operación de los sistemas de tratamiento existentes.
- Promover el uso eficiente de energía en sistemas de saneamiento y el uso de energías renovables alternativas como fuente energética en sistemas de agua potable.

Conclusiones

1. Al ser un primer ejercicio de cuantificación de gases de efecto invernadero a escala municipal, se tiene un primer panorama de las emisiones por sectores y su participación en el mismo.
2. Dentro del sector Energía, la categoría de quema de combustibles fósiles a nivel residencial genera el 25% de las emisiones del sector y el 5,27% del total de las emisiones generadas en el municipio. Esto solo teniendo en cuenta el consumo residencial de gas natural.
3. Las emisiones del sector Transporte son la tercera fuente de emisión más importante en el municipio con una participación del 15,04% y la más importante del sector energético con el 75% de participación.
4. Dentro del sector Transporte, las emisiones de GEI generadas por las motocicletas son las más altas con un 67%, seguidas por las emisiones de autos con el 22%. Con una menor participación, camiones para servicio ligero con el 8% y camiones pesados y autobuses con el 2%.
5. Para lograr estimar emisiones de GEI generadas por el sector industrial, se debe hacer un mayor seguimiento y control a las actividades que este sector genera. Actividades como la industria de canteras y ladrilleras, uso de solventes, uso de parafina, y la industria de alimentos y bebidas son actividades que claramente generan emisión de GEI pero que, dada la carencia de información, no se lograron estimar.
6. La eliminación de residuos sólidos hoy en día es uno de los problemas ambientales más frecuentes en los territorios. Esta actividad se encuentra en la lista de categorías clave del inventario, lo que indica que causa un impacto significativo en cuanto a la generación de emisiones. Representa el 6,4 de las emisiones totales y es la categoría principal en el sector de Residuos con el 94% de las emisiones, seguido del 6% de emisiones por el tratamiento de agua residual doméstica.
7. Al igual que en los inventarios nacionales, la fermentación entérica tiene un porcentaje de participación significativo dentro de las estimaciones municipales con un 16,82% para Tuluá. Es importante recalcar que la gestión del estiércol es también un punto importante, especialmente cuando el óxido nitroso tiene un potencial de calentamiento de 310, razón por la cual las acciones de mitigación deben priorizar estas emisiones.
8. Las emisiones de fuentes agregadas aportaron, según el presente informe, el 18,74% del total de las emisiones. Como se comentó en el punto anterior, las emisiones de óxido nitroso tienen una gran influencia dentro de un inventario por su potencial de calentamiento. Como principal categoría, las emisiones directas de suelos gestionados aportaron el 75,3% del total. Esta categoría cuantifica las entradas de nitrógeno (sintéticas, orgánicas, pasturas, cambio en el uso del suelo, entre otros) al sistema, lo que puede considerarse, junto con la fermentación entérica, los focos de mitigación municipal para disminuir emisiones provenientes de la agricultura.
9. Sumando las emisiones de fuentes agregadas y las de fermentación entérica tenemos una participación del 35,56% provenientes de actividades agropecuarias. Este porcentaje es coherente con la vocación del municipio y un punto focal y específico para políticas de disminución de emisiones, máxime cuando un gran porcentaje de los municipios de Colombia tienen la misma actividad económica: Agropecuaria.

Recomendaciones

1. Con el ánimo de ser más efectivos en la estimación de los GEI, se requiere mejorar la información sectorial del municipio. Actividades como el consumo de combustibles fósiles primarios y secundarios en los sectores residencial, comercial, agrícola e industrial son fuentes de emisión importantes para un municipio, ya que pueden marcar claramente las tendencias y los sectores con mayores aportes de emisiones a la atmósfera. Es recomendable que las empresas prestadoras de este tipo de servicios faciliten a las autoridades territoriales información clara y oportuna frente al consumo de combustibles como el gas natural, desagregado por sectores de consumo.

Asimismo, es importante que el municipio cuente con un estudio sobre la clase y cantidad de combustibles fósiles que usan para la cocción en los hogares, pues es habitual que no toda la población cuente con gas natural y recurra a otro tipo de combustibles como gasolina y leña. Esta última muy usada en la población rural, lo que a nivel municipal causa un impacto significativo en las emisiones de GEI, tanto por la combustión de la misma como por la deforestación asociada al consumo de leña.
2. Si bien el municipio cuenta con información sobre inventario del parque automotor existente, no se cuentan con datos de la tecnología usada, como tipos de motores. Esta información afecta la elección del factor de emisión. Para el caso de Tuluá, se asumió que los motores usados no tienen tecnología para controlar emisiones. Datos como tipos y consumo de combustibles usados en el transporte terrestre no fueron cifras obtenidas. Gracias a la información nacional sobre kilómetros recorridos y consumos promedio de gasolina, se estimó el dato total aproximado de consumo de combustible en este sector. Es recomendable para el municipio contar con información más detallada, ya que no solo es útil para el desarrollo de los futuros inventarios, sino que además permitirá al sector hacer mejor seguimiento a la operatividad del municipio.
3. Generar un tipo de encuesta que describa la industria manufacturera del municipio es una iniciativa que mejoraría notablemente el conocimiento detallado de las actividades de la región.
4. Para mejorar el cálculo de las emisiones de GEI del sector Residuos, se debe contar con un estudio de caracterización y composición de los residuos sólidos generados en la región, puesto que en esta oportunidad se tomaron datos nacionales. Los expertos nacionales del sector afirman que la composición de los residuos varía considerablemente por tipo de regiones en el país.
5. Las emisiones por tratamiento de aguas domésticas residuales se logró hacer con el total de la población del municipio y con datos por defecto del IPCC. En cuanto a las emisiones por tratamiento de aguas residuales industriales, a pesar de que se contó con el caudal tratado, no se tenían datos del origen de estos vertimientos, lo que afecta la elección del factor de emisión. Para futuros inventarios, se deberá contar con caudal por tipo de industria, lodos tratados y tipo de tratamiento.
6. El módulo de Agricultura, bajo el estándar de las guías IPCC 2006, cuenta con la fusión de Silvicultura y Cambio en el Uso de la Tierra, conocido como AFOLU. Se obtuvo la información necesaria para el cálculo de emisiones del sector Agricultura con las subcategorías de Ganadería y fuentes agregadas de la tierra. No se obtuvo información para Silvicultura y Cambios en el Uso de la Tierra. Es importante recabar información a escala municipal que nos proporcione áreas de cambios y de reservas forestales de mínimo dos fechas específicas. Este cálculo no se pudo concretar por la limitante de la información.

Bibliografía

- Alcaldía del Municipio de Tuluá. 2011 Anuario Estadístico de Tuluá 2010. Tuluá, Valle del Cauca
- IDEAM (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia). 2010. Segunda Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático – República de Colombia.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 1996. Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry. [Penman J; Gytarsky M; Hiraishi T; Krug T; Kruger D; Pipatti R; Buendía L; Miwa K; Ngara T; Tanabe K; Wagner F. (eds.)]. IPCC National Greenhouse Gas Inventories Programme, Institute for Global Environmental Strategies (IPCC-IGES). Disponible en: www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpplulucf/gpplulucf.html
- IPCC (Intergovernmental Panel of Climate Change). 1997. Revised 1996 IPCC Guidelines for national greenhouse gas inventories [Houghton JT; Meira Filho LG; Lim B; Tréanton K; Mamaty I; Bonduki Y; Griggs DJ; Callander BA (eds.)]. Intergovernmental Panel on Climate Change, Meteorological Office, Bracknell, United Kingdom.
- IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático). 2000. Orientación del IPCC sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Disponible en: www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/spanish/gpgaum_es.html
- IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático). 2005. 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; Buendía L; Miwa K; Ngara T; Tanabe K; Wagner F. (eds.)]. IPCC-IGES. Suiza. Disponible en: www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpplulucf/gpplulucf/spanish/full.pdf
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2006. 2006 IPCC Guidelines for national greenhouse gas inventories. Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme. [Eggleston HS; Buendía L; Miwa K; Ngara T; Tanabe K. (eds.)]. IPCC-IGES. Japón. Disponible en: www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2008. 2006 IPCC Guidelines for national greenhouse gas inventories – A primer. Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme [Eggleston HS; Miwa K; Srivastava N; Tanabe K. (eds.)]. IPCC-IGES, Japón. 20 p. Disponible en: www.ipcc-nggip.iges.or.jp/support/Primer_2006GLs.pdf
- Nieves H; Olarte C. 2009. Módulo de Agricultura. Capítulo 4 en: IDEAM (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales). Inventario nacional de fuentes y sumideros de gases de efecto invernadero 2000–2004 República de Colombia. Disponible en: www.ideam.gov.co/documents/40860/214237/CAP+4+MODULO+DE+AGRICULTURA.pdf/f5a84fec-c20b-433d-be89-0d188018d628
- PNUID/FMAM (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo/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. 105 p. Disponible en: http://www2.inecc.gob.mx/descargas/cclimatico/e2008g_guia.pdf
- SSPD (Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios). 2008. Situación de la disposición final de residuos sólidos en Colombia. República de Colombia.
- UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change). 2007. Manual for the UNFCCC non-Annex I Greenhouse Gas Inventory Software. Version 1.3.2. 31 p. Disponible en: http://unfccc.int/resource/cd_roms/na1/ghg_inventories/unfccc_software/user_manual/Software_Manual.pdf
- UPME (Unidad de Planeación Minero Energética). 2006. Balances energéticos 1975–2006. República de Colombia. Ministerio de Minas y Energía. Disponible en: www.upme.gov.co/Docs/balance_energetico_2006.pdf

Diagramación:	MAGAR Design S.A.S.
Edición de producción:	Victoria Eugenia Rengifo, CIAT
Fotografías portada:	(3) CIAT (1) Andrés Garzón (Licencia CC)
Impresión:	Velásquez Digital S.A.S. Cali, Colombia

Agosto 2015

Equipo técnico y colaboradores:



Informes

Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca

www.cvc.gov.co

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