

Apoyo en la implementación de medidas de mitigación de acuerdo con el Plan de Adaptación de Cambio Climático (PIACC) del municipio de Palmira

Alianza Bioversity International – Centro Internacional de Agricultura Tropical CIAT

Actualización del inventario de Gases de Efecto Invernadero (GEI) del municipio de Palmira para el año 2014

Informe técnico

Palmira, Valle del Cauca
Diciembre 29, 2020

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	6
1. INTRODUCCIÓN	7
2. OBJETIVOS	8
2.1. GENERAL	8
2.2. ESPECÍFICOS	8
3. GENERALIDADES DEL MUNICIPIO DE PALMIRA	9
3.1. LOCALIZACIÓN Y DIVISIÓN POLÍTICA ADMINISTRATIVA	9
3.2. DEMOGRAFÍA	10
3.3. ECONOMÍA	10
4. MARCO TEÓRICO	13
4.1. EFECTO INVERNADERO	13
4.3. CAUSAS DEL EFECTO INVERNADERO	19
5. METODOLOGÍA	24
5.1. DESCRIPCIÓN DE ETAPAS	31
6. RESULTADOS	35
6.1. EMISIONES DE GEI EN EL MUNICIPIO DE PALMIRA	35
6.2. EMISIONES DE GEI EN EL SECTOR ENERGÍA	39
6.3. EMISIONES DE GEI EN EL SECTOR PROCESOS INDUSTRIALES Y USO DE PRODUCTOS (IPPU)	45
6.4. EMISIONES DE GEI EN EL SECTOR AGRICULTURA, SILVICULTURA Y OTROS USOS DEL SUELO (AFOLU)	48
6.5. EMISIONES DE GEI EN EL SECTOR RESIDUOS	61
7. ANÁLISIS DE CATEGORÍAS PRINCIPALES	65
8. CONCLUSIONES	68
9. RECOMENDACIONES	70
10. BIBLIOGRAFÍA	72
ANEXOS	75

Alianza



LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Población del municipio de Palmira (área urbana y rural).....	10
Figura 2. Participación al valor agregado del PIB del municipio de Palmira	11
Figura 3. Empresas por actividad económica en el municipio de Palmira en el año 2014	12
Figura 4. Concentraciones de GEI en los últimos 1000 años y su forzamiento radiativo en la atmósfera.....	14
Figura 5. Forzamiento radiativo de GEI.....	15
Figura 6. Características principales en un inventario de emisiones	21
Figura 12. Árbol de decisión para la quema de combustibles fósiles en el sector Energía	25
Figura 13. Árbol de decisión para el uso de productos no energéticos de combustibles fósiles en el sector de Procesos Industriales y Uso de Productos.....	26
Figura 14. Árbol de decisión para emisiones de N ₂ O de suelos gestionados en el sector AFOLU	27
Figura 15. Árbol de decisión para estimar las emisiones de CH ₄ procedentes de las aguas residuales domésticas	28
Figura 16. Ciclo de desarrollo para la ejecución de un Inventario de GEI.....	30
Figura 17. Consolidado de emisiones de GEI por categoría IPCC	36
Figura 18. Estructura del sector Energía	39
Figura 19. Emisiones de GEI en el sector Energía	41
Figura 20. Participación de emisiones de GEI por subcategoría fuente del sector Energía en 2010	42
Figura 21. Participación de emisiones de GEI por subcategoría fuente del sector Energía en 2014	44
Figura 22. Estructura del sector IPPU	45
Figura 23. Emisiones de GEI en el sector IPPU	46
Figura 24. Emisiones de GEI a nivel de subcategorías del sector IPPU durante el 2010 y 2014	47
Figura 25. Estructura del sector AFOLU.....	49
Figura 26. Emisiones de GEI en el sector AFOLU	50
Figura 27. Cambios de coberturas asociadas a procesos de deforestación en el municipio de Palmira durante el 2010.....	51
Figura 28. Dinámica del consumo de leña y aprovechamiento forestal en Palmira durante el 2010 y 2014.....	52
Figura 29. Cambios de cobertura asociados a procesos de deforestación.....	53
Figura 30. Cambios de cobertura asociados a procesos de regeneración	53
Figura 31. Emisiones de GEI en la categoría Fuentes agregadas.....	54
Figura 32. Factores asociados a emisiones directas e indirectas de N ₂ O en suelos gestionados en Palmira durante el año 2014	55
Figura 33. Toneladas de Urea aplicada en cultivos agrícolas en Palmira durante el año 2010 ..	55
Figura 34. Toneladas de Urea aplicada en cultivos agrícolas en Palmira durante el año 2014 ..	56

Alianza



Figura 35. Emisiones de GEI no CO ₂ por la quema de caña de azúcar en Palmira.....	56
Figura 36. Emisiones de GEI en la categoría Ganado en Palmira durante el 2010 y 2014.....	57
Figura 37. Participación en las emisiones de GEI (CH ₄) por fermentación entérica.....	57
Figura 38. Participación en las emisiones de GEI (CH ₄) por fermentación entérica.....	58
Figura 39. Participación de emisiones de CH ₄ y N ₂ O por la gestión de estiércol de especies pecuarias en Palmira durante el 2010 y 2014	58
Figura 40. Participación en emisiones de CH ₄ generadas por la gestión de estiércol de especies pecuarias de Palmira en 2010	59
Figura 41. Participación en emisiones de CH ₄ generadas por la gestión de estiércol de especies pecuarias de Palmira en 2014	59
Figura 42. Participación en emisiones de N ₂ O generadas por la gestión de estiércol de especies pecuarias de Palmira en 2010	60
Figura 43. Participación en emisiones de N ₂ O generadas por la gestión de estiércol de especies pecuarias de Palmira en 2014	60
Figura 44. Estructura del sector Residuos.....	61
Figura 45. Emisiones de GEI en el sector Residuos.....	62
Figura 46. Participación de CH ₄ en subcategorías del sector Residuo durante el año 2010.....	63
Figura 47. Participación de CH ₄ en subcategorías del sector Residuo durante el año 2014.....	63
Figura 48. Categorías y subcategorías emisoras de GEI en el municipio.....	64
Figura 49. Identificación de categorías principales en el inventario de GEI del municipio de Palmira en el año 2010.....	66
Figura 50. Identificación de categorías principales en el inventario de GEI del municipio de Palmira en el año 2014.....	67

Alianza



LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Concentraciones y tiempo de residencia de algunos GEI generados en actividades antropogénicas	17
Tabla 2. Resumen de Potenciales de Calentamiento Global de Gases de Efecto Invernadero ..	19
Tabla 3. Fuentes de información para la ejecución y actualización del Inventario de GEI	32
Tabla 4. Base de datos en línea consultadas	33
Tabla 5. Consolidado de Emisiones de GEI en Colombia, Valle del Cauca y Palmira	36
Tabla 6. Consolidado de emisiones de GEI para el municipio de Palmira	37
Tabla 7. GEI estimados en el sector Energía.....	40
Tabla 8. GEI estimados para el sector IPPU	46
Tabla 9. GEI estimados para el sector AFOLU	49
Tabla 10. GEI estimados para el sector Residuos	62
Tabla 11. Identificación de categorías principales para el municipio de Palmira en 2010 y 2014	65
Tabla 12. Medidas de mitigación propuestas para el municipio de Palmira	70

Alianza



RESUMEN

De acuerdo con el IPCC un inventario de GEI trasciende las fronteras del tema de la calidad del aire para tener injerencia en actividades económicas, industriales, energéticas y de transporte, además de influir en la política ambiental local y regional de un país. Con base en esta idea, este trabajo se planificó y ejecutó tomando como referencia las directrices dadas por el IPCC (2006h) en materia de construcción de inventarios de Gases de Efecto Invernadero a escala municipal mediante la aplicación de una metodología de cálculo que considera la actividad realizada por distintos sectores (Energía, IPPU, AFOLU y Residuos) dentro de un área geográfica y tiempo definido, junto con factores de emisión establecidos por defecto (Nivel I) a nivel internacional o determinados a nivel local mediante modelos matemáticos (Nivel II) o mediciones in-situ (Nivel III) de distintos GEI (CO₂, CH₄ y N₂O).

Como resultado de este trabajo se encontró que el municipio de Palmira en el 2014 emitió una cantidad de GEI igual a 1.091,89 Gg CO₂ eq y la contribución a nivel regional fue del 6,6%. Los sectores que presentaron una mayor participación en las emisiones del municipio fueron Energía (69%), AFOLU (19%), Residuos (10%) e IPPU (2%) con los siguientes valores 755,87 Gg CO₂ eq, 211,27 Gg CO₂ eq, 111,15 Gg CO₂ eq y 13,60 Gg CO₂ eq respectivamente.

En el sector Energía, las categorías que mayores emisiones de GEI generaron estuvieron dadas por el uso de combustibles fósiles en la Aviación civil y de carga que se presenta por la actividad del aeropuerto Alfonso Bonilla Aragón, Automóviles y la Industria química. En orden de importancia, la Aviación civil y de carga aportó el 38% (285,72 Gg CO₂ eq), los Automóviles contribuyeron con el 13% (97,37 Gg CO₂ eq) mientras que la Industria química el 9% (70,08 Gg CO₂ eq). En cuanto a la composición de los GEI generados por el sector se determinó que el CO₂ es el principal gas de efecto invernadero puesto que representó el 98%. En el sector AFOLU, las categorías que más emisiones de GEI aportaron al municipio fueron las Tierras forestales que permanecen como tales, Emisiones directas de N₂O de suelos gestionados y la Fermentación entérica con los siguientes valores 71,27 Gg CO₂ eq, 50,47 Gg CO₂ eq y 27,03 Gg CO₂ eq respectivamente. Se identificó que el CO₂ y N₂O son los principales GEI generados en el sector, al presentar una participación del 41% cada uno, seguido en menor medida por el CH₄ (18%). En cuanto al sector Residuos, se observó que las categorías con mayor generación de GEI fueron la Disposición de residuos sólidos en el Relleno Sanitario Presidente y el Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales debido a que emitieron una cantidad de 63,32 Gg CO₂ eq y 40,40 Gg CO₂ eq, en relación con el tipo de GEI generado por el sector se encontró que el CH₄ presenta la mayor participación (98,20%) seguido del N₂O (1,36%). Finalmente, en el sector Procesos Industriales y Uso de productos se determinó que la Producción y consumo de cemento y cal, representan las principales fuentes de emisión al generar una cantidad de GEI iguales a 8,78 Gg CO₂ eq y 1,52 Gg CO₂ eq respectivamente.

Alianza



1. INTRODUCCIÓN

La Organización de las Naciones Unidas (ONU, 1992) define al cambio climático como “un cambio del clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observado durante periodos de tiempo comparables”. Aunque se ha demostrado que el Cambio Climático es un proceso cíclico en la historia del planeta, en la actualidad la contribución de las emisiones antropogénicas, sumada al amplio deterioro ambiental han generado un incremento de los Gases de Efecto Invernadero (GEI) hasta niveles nunca antes registrados.

Debido al efecto negativo de las actividades humanas, las concentraciones atmosféricas de estos gases, se han ido incrementando desde la época preindustrial hasta la actualidad. Con base en esta tendencia y a los patrones de producción y consumo de las sociedades modernas, muchos científicos han llegado a la conclusión de la relación existente entre Cambio Climático y el aumento de concentraciones de GEI (Yepes et al., 2011).

A partir de esta problemática, la Convención Marco de las Naciones Unidas Sobre el Cambio Climático (CMNUCC), ha establecido lineamientos generales con el ánimo de regular esfuerzos internacionales encaminados a abordar de manera clara dicho problema para estabilizar las concentraciones de GEI en la atmósfera a un nivel que sea menos perjudicial. Por tal motivo los países pertenecientes a la CMNUCC deben presentar mediante comunicaciones nacionales las estimaciones de los GEI generados, así como las medidas y planes para estabilizar sus emisiones (CEPAL y GTZ, 2009).

Por esta razón se ha establecido a nivel nacional una serie de compromisos con la CMNUCC para hacerle frente al Cambio Climático, entre los que se encuentra el desarrollo de inventarios de Gases de Efecto Invernadero. Ante la CMNUCC, Colombia ha presentado en el marco de tres comunicaciones nacionales, Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero correspondientes a los años 1990 a 2014 tomando como base la metodología del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Mientras que a nivel regional y municipal también se han realizado esfuerzos para lograr estimar emisiones de GEI e identificar el impacto que ocasiona el desarrollo de la economía local en cuanto a la magnitud de emisiones en sectores con alto potencial para la implementación de medidas de mitigación (CIAT et al., 2014; IDEAM et al., 2016).

En este sentido, el Convenio interinstitucional No. 993 celebrado entre el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) y la Alcaldía de Palmira, comprende la actualización del inventario de Gases de Efecto Invernadero del municipio de Palmira para el año 2014 con el ánimo de identificar y cuantificar los aportes (en emisiones) de los distintos sectores productivos.

Alianza



2. OBJETIVOS

2.1. GENERAL

Actualizar el inventario de Gases de Efecto Invernadero (GEI) del municipio de Palmira para el año 2014 con base en las directrices del IPCC (2006).

2.2. ESPECÍFICOS

- Estimar las emisiones y absorciones de Gases de Efecto invernadero (GEI) con base en la información recopilada de los sectores productivos del municipio de Palmira durante el año 2014.
- Analizar las emisiones y absorciones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) generadas por los sectores productivos el municipio de Palmira durante el 2014.
- Implementar un análisis de categorías principales al inventario de emisiones y absorciones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en el municipio de Palmira durante el 2014.

Alianza

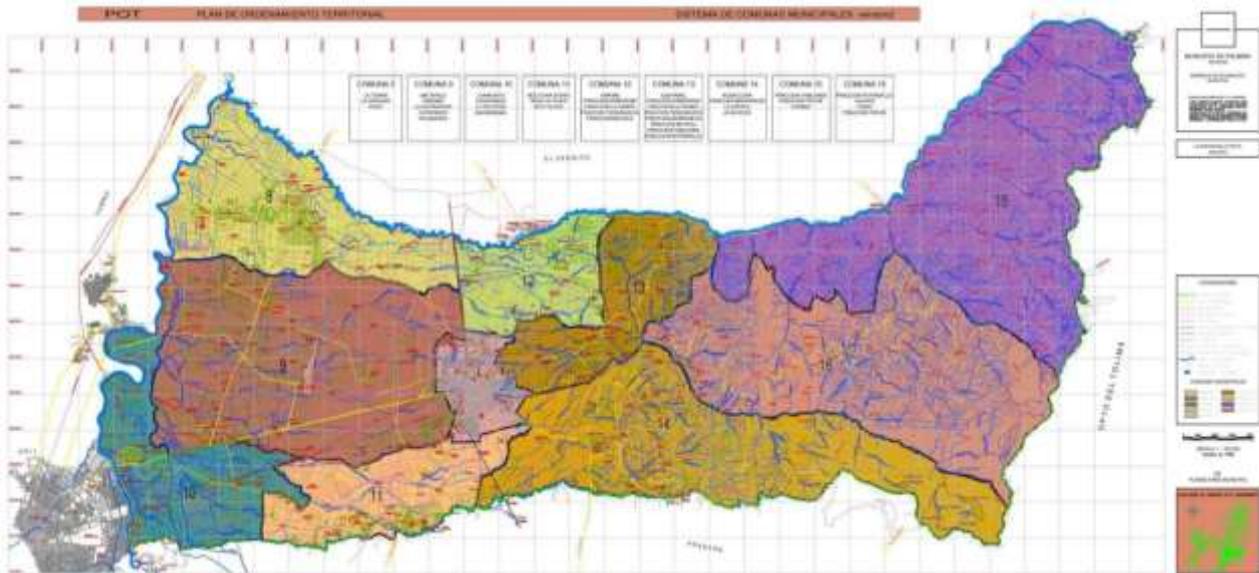


3. GENERALIDADES DEL MUNICIPIO DE PALMIRA

Con el propósito de contextualizar el inventario de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en el municipio de Palmira para el año 2014 se presenta a continuación una descripción general relacionada con su localización y división política administrativa, demografía y economía.

3.1. LOCALIZACIÓN Y DIVISIÓN POLÍTICA ADMINISTRATIVA

El Municipio de Palmira se encuentra localizado en la región sur del Departamento del Valle del Cauca. Su cabecera está situada a 3°31'48" de latitud Norte y 76°81'13" de Longitud al Oeste de Greenwich. Cuenta con una superficie de 1.028 Km², de los cuales 1.005 Km² se encuentran en la zona rural y 22,89 km² en la zona urbana (Cámara de comercio de Palmira, 2020). Limita al Norte con el municipio de El Cerrito, al Este con el departamento del Tolima, al Sur con los municipios de Pradera y Candelaria y al Oeste con los municipios de Cali, Yumbo y Vijes. El territorio de Palmira en su conjunto (zona plana y zona de ladera), corresponde a un sistema de asentamientos de distinto orden (de población, industriales, institucionales). La división político-administrativa en comunas del municipio de Palmira está conformada por dos sistemas: uno urbano (barrios) y uno rural (corregimientos). El primero está estructurado por comunas, que van desde la comuna número uno hasta la comuna número siete; y el segundo, desde la comuna número 8 hasta la 16 (Mapa 1).



Mapa 1. División político-administrativa de Palmira

Fuente. Alcaldía de Palmira (2020)

Alianza

3.2. DEMOGRAFÍA

De acuerdo con el DANE (2020) el municipio de Palmira registró en 2010 una población total de 294.570 habitantes y en 2014 de 302.727 habitantes, con un promedio del 80% de la población concentrada en el área urbana y un 20% restante en el área rural.

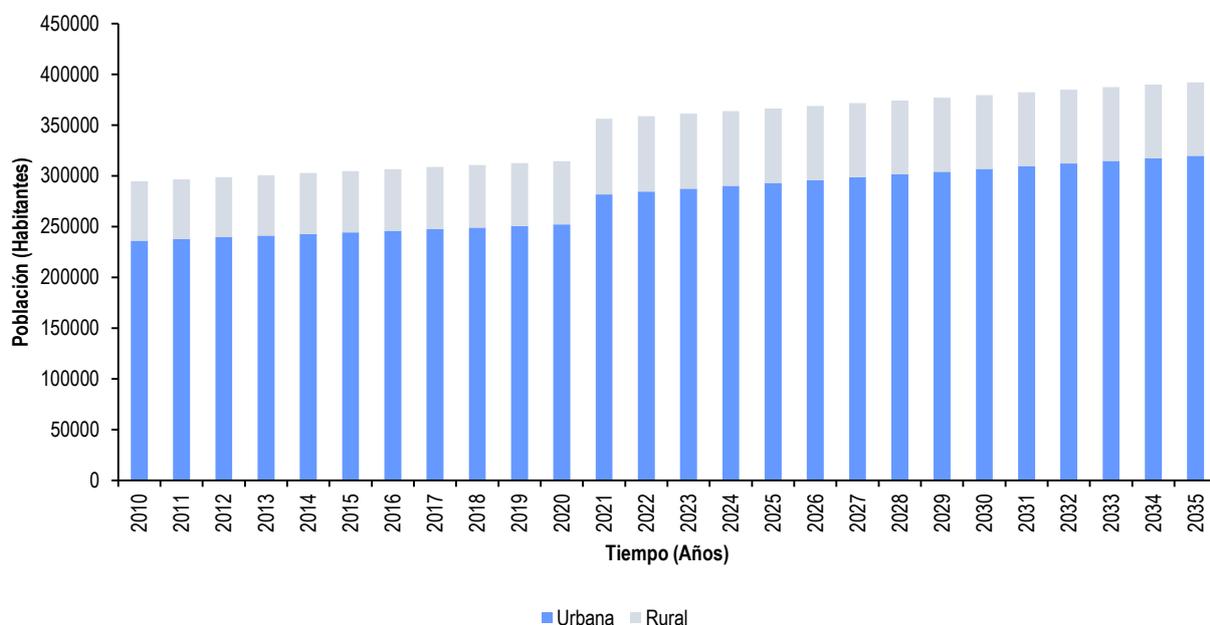


Figura 1. Población del municipio de Palmira (área urbana y rural)

Fuente. DANE (2020a, 2020b)

3.3. ECONOMÍA

La economía del municipio de Palmira presenta en promedio un peso relativo municipal en el valor agregado departamental del 7,5% a 8,0%, definido por el sector primario en el que se incluyen todas aquellas actividades asociadas a la agricultura, ganadería, silvicultura y pesca, y explotación de minas y canteras; también por el sector secundario, en el que tiene lugar actividades de industrias manufactureras y de la construcción; y finalmente por el sector terciario, que involucra actividades de electricidad, gas y agua, comercio, reparación de vehículos automotores, transporte, entre otros. De acuerdo con el DANE (2019), de los tres sectores mencionados anteriormente, el que presenta un mayor grado de participación en el valor agregado del departamento es el sector terciario que entre el periodo 2011-2018 pasó de un 60% a 65% de participación, seguido por sector secundario que para el año 2018 disminuyó en un 5% el porcentaje de participación con respecto al valor determinado en el 2010 (33%), mientras que el

Alianza



sector primario durante este mismo periodo de tiempo (2011-2018) mantuvo su contribución al valor agregado del departamento alcanzando en el año 2018 una participación del 9% (Figura 2).

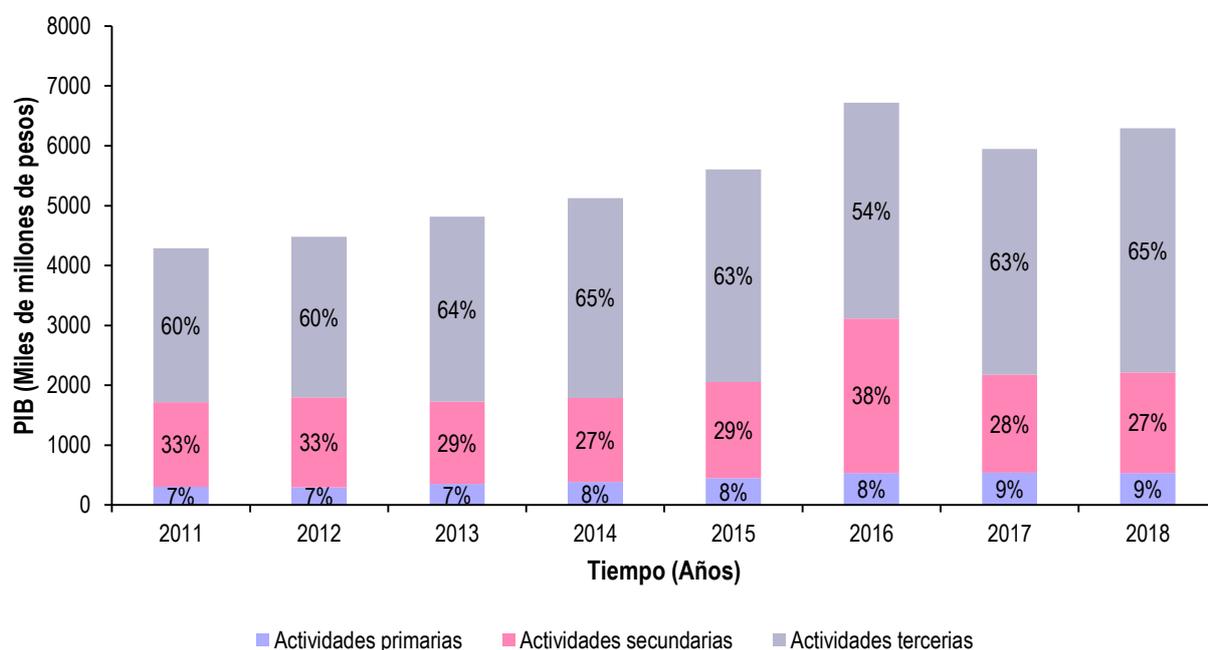


Figura 2. Participación al valor agregado del PIB del municipio de Palmira por grandes actividades económicas a precios corrientes

Fuente. DANE (2019)

Teniendo en cuenta que en el sector primario de Palmira se llevan a cabo actividades asociadas a la agricultura, cabe señalar que en el municipio se cultivan alrededor de 34 cultivos agrícolas (entre transitorios y permanentes), en donde el cultivo de caña de azúcar representa la mayor área cultivada puesto que se estima en más de 35.000 Ha que equivalen al 95% de toda la superficie cultivada en el municipio (37.000 Ha). Por ejemplo, para el año 2014 se cultivaron cerca de 35.624 Ha de Caña correspondientes al 95.37% de toda el área sembrada (37.352 Ha), mientras que el 5% restante lo conformaron otros cultivos permanentes como el Café (418 Ha), Caña panelera (178 Ha), Plátano (114 Ha), y algunos transitorios como el Cilantro (220 Ha), Maíz (98 Ha), Frijol (88 Ha), entre otros (MADR, 2019).

Por otra parte, en la producción ganadera del municipio cabe resaltar que se lleva a cabo tanto la cría de ganado bovino para la producción de leche y carne como la cría de aves de postura y engorde, porcinos, búfalos, ovinos, caprinos, entre otros. En este sentido, de acuerdo con cifras reportadas por el ICA durante el 2014 se llevó a cabo la cría de 23.164 cabezas de ganado bovino, 73 búfalos, 403 ovinos, 135 caprinos, 117.748 porcinos, entre otros (ICA, 2020).

Alianza



En relación al sector secundario y terciario de Palmira, se tiene que durante el año 2014 existían alrededor de 6.693 empresas, distribuidas entre micro (92,94%), pequeñas (4,79%), medianas (1,58%) y grandes empresas (0,69%) dedicadas a diversas actividades económicas entre las cuales se destacan el comercio al por mayor y al por menor, industrias manufactureras, alojamiento y servicios de comida, transporte y almacenamiento, entre otras (Figura 3).

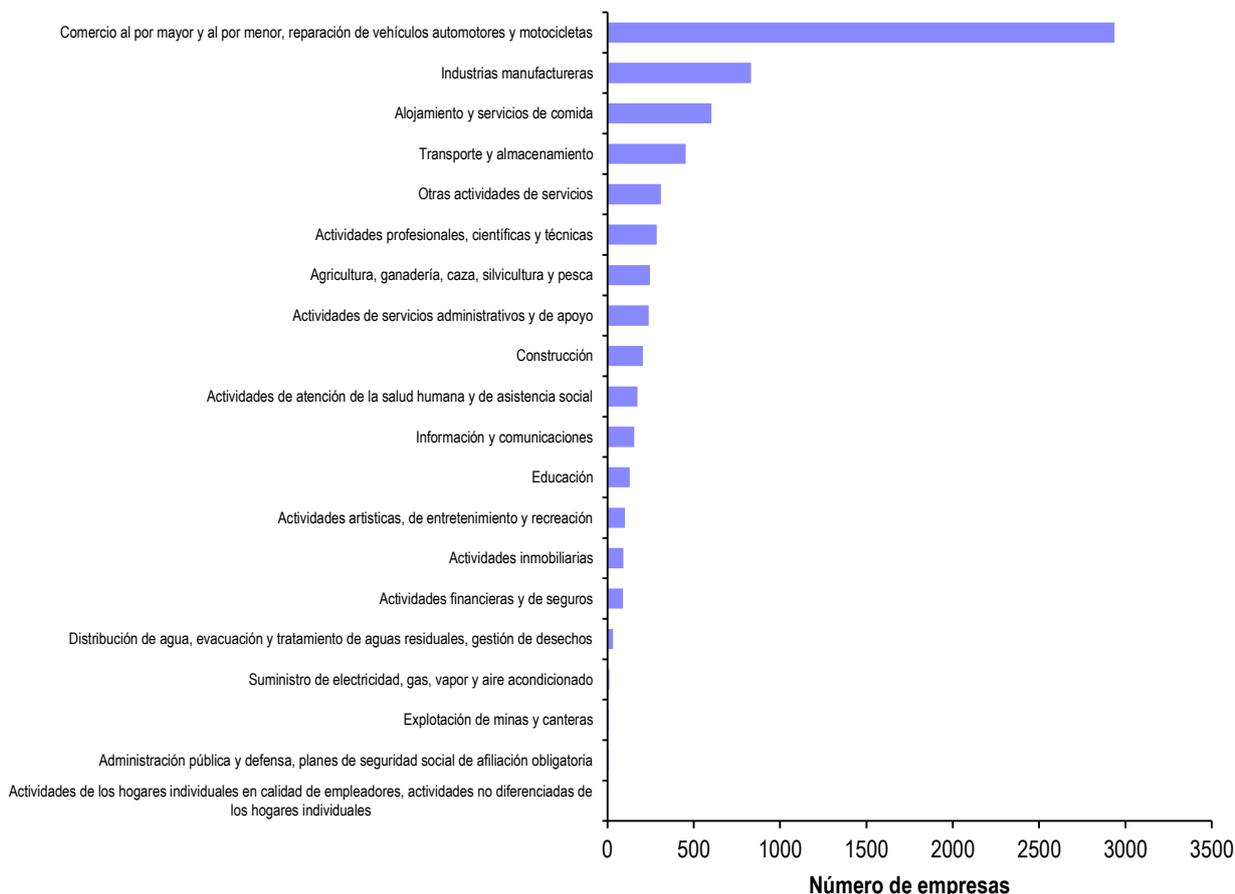


Figura 3. Empresas por actividad económica en el municipio de Palmira en el año 2014

Fuente. Cámara de comercio de Palmira (2014)

De acuerdo con el anuario estadístico de la Cámara de comercio de Palmira (2014), las actividades que presentaron mayor capital de inversión durante el año 2014 se relacionan con la actividad de industrias manufactureras, agricultura, ganadería y pesca, comercio al por mayor y menor, actividades en atención de salud humana y asistencia social, entre otras.

4. MARCO TEÓRICO

4.1. EFECTO INVERNADERO

El efecto invernadero es un proceso natural que ocurre en la tierra, y es el responsable de mantener la temperatura promedio de la superficie terrestre por arriba del punto de congelamiento del agua, y de permitir que la vida en la tierra pueda desarrollarse tal como se conoce.

El IPCC (2007) indica que el efecto invernadero proviene de moléculas más complejas y muchos menos comunes que el nitrógeno (N₂) y oxígeno (O₂), como es el caso del vapor de agua y dióxido de carbono que se encuentran en primer y segundo nivel de importancia además del metano, óxido nitroso, ozono y otros gases presentes en la atmósfera, que en pequeñas cantidades contribuyen también al efecto invernadero.

La intensidad del efecto invernadero depende mucho de la región en que se quiera evaluar y de la concentración de dióxido de carbono generado por actividades antropogénicas. Por ejemplo, se tiene que en regiones ecuatoriales húmedas con alta concentración de vapor de agua en el aire la adición de una pequeña cantidad de GEI como el CO₂ tiene solo un impacto directo pequeño en la radiación infrarroja descendente. Mientras que, en regiones frías y polares, el efecto de un pequeño incremento de CO₂ o vapor de agua es mucho mayor.

Con base en lo mencionado anteriormente se resalta el hecho de que existen varios mecanismos de “retroefecto” que intensifican o disminuyen el efecto invernadero de una región a otra. Por un lado se menciona que el retroefecto generado por el vapor de agua puede ser lo suficientemente fuerte como para casi duplicar el aumento del efecto invernadero debido solamente al CO₂ añadido, ya que en la medida en que se calienta la atmosfera por los niveles crecientes de este gas, la concentración del vapor de agua se incrementa intensificando aún más el efecto invernadero lo que a su vez causa mayor calentamiento que trae consigo un incremento adicional del vapor de agua, en un ciclo de auto-reforzamiento.

Y por otra parte el retroefecto generado por las nubes podría tener un carácter dual tanto en el calentamiento como enfriamiento de la atmosfera, debido a que las nubes son eficaces en la absorción de radiación infrarroja y, por tanto, ejercen un gran efecto invernadero que calienta la tierra, sin embargo, estas también son eficaces reflejando la radiación solar entrante, lo que conlleva a un proceso de enfriamiento de la Tierra. Según el IPCC (2007), un cambio en cualquiera de los aspectos de las nubes, como el tipo, ubicación, contenido de agua, altitud, tamaño y forma de las partículas o duración, afecta el grado en que las nubes calientan o enfrían la tierra, por tal motivo es que actualmente se realizan múltiples investigaciones para comprender mejor cómo cambian las nubes en respuesta al calentamiento del clima y cómo estos cambios afectan el clima mediante diversos mecanismos de retro-efecto.

Alianza



4.2. VARIABLES FÍSICAS DEL EFECTO INVERNADERO

De la misma manera como se ha realizado los estudios para comprender los cambios sucedidos en la composición de la atmósfera a lo largo de la formación del planeta tierra, también se han documentado estudios basados en los factores (aumentos en la concentración de GEI, cambios en los usos del suelo, y cambios en la intensidad de la radiación solar) responsables de estos cambios con la finalidad de comprender la naturaleza del clima y de poder predecir la forma en que evolucionará en el futuro.

La concentración de GEI es uno de los factores más importantes y cuyo efecto se conoce mejor, de modo que a la hora de evaluar los efectos que producen los distintos tipos de gases es necesario considerar los siguientes aspectos: i) concentración en el aire, ii) capacidad o potencial de calentamiento (que normalmente se expresa en relación al CO₂), y iii) tiempo de residencia o de vida (que indica el tiempo que transcurre desde que son producidos hasta que son eliminados de la atmósfera y dejan de tener efectos en cuanto al calentamiento global).

Con base en estos aspectos se tiene que no todos los gases de efecto invernadero son igualmente importantes. De acuerdo con Gallego et al. (2012), el CO₂ es considerado el principal puesto que se trata del más abundante y tiene tiempo de residencia relativamente largos, a pesar de que también existen otros gases de efecto invernadero más potentes que este pero en concentraciones mucho menores, tal como se presenta en la Figura 4 y Figura 5 donde se observa que tanto las emisiones de CO₂ (en ppm) como de metano y óxido Nitroso (en ppb) han aumentado de forma exponencial desde la revolución industrial. Sin embargo, a la hora de evaluar su contribución al efecto invernadero con base en el forzamiento radiativo, se aprecia la verdadera importancia del CO₂ frente a los otros, debido que resulta tres veces superior al CH₄ y diez veces mayor que el N₂O.

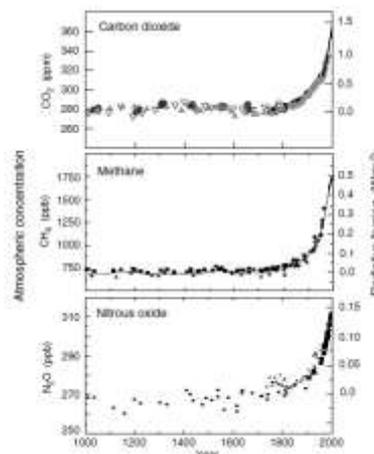


Figura 4. Concentraciones de GEI en los últimos 1.000 años y su forzamiento radiativo en la atmósfera
Fuente. IPCC (2001)

Alianza

4.2.1. Forzamiento radiativo.

De acuerdo con el IPCC (2007), la influencia de un factor que puede causar un Cambio Climático, como por ejemplo, el gas de efecto invernadero, se evalúa a menudo en términos de su forzamiento radiativo, el cual constituye una medida de cómo el equilibrio del sistema atmosférico de la tierra se comporta cuando se alteran los factores que afectan el clima.

La palabra radiativo proviene del hecho de que estos factores cambian el equilibrio entre la radiación solar entrante y la radiación infrarroja saliente dentro de la atmósfera terrestre y se utiliza para indicar que el equilibrio radiativo de la tierra está siendo separado de su estado normal.

El forzamiento radiativo se cuantifica por lo general como la tasa de cambio de energía por unidad de área del planeta medida en la parte superior de la atmósfera y se expresa en Vatios por metro cuadrado ($W.m^{-2}$). Como se presenta en la Figura 5, cuando el forzamiento radiativo de un factor o grupo de factores se evalúa en términos positivo, significa que la energía del sistema atmósfera-tierra se incrementará posteriormente y conducirá al calentamiento del sistema. Por el contrario, un forzamiento radiativo negativo hará que la energía disminuya posteriormente, conduciendo a un enfriamiento del sistema.

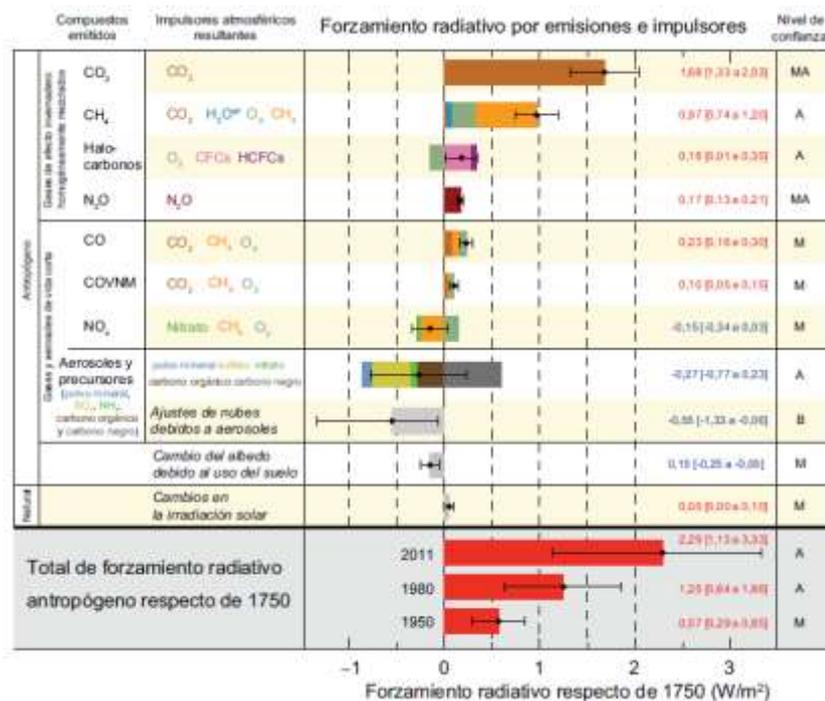


Figura 5. Forzamiento radiativo de GEI

Fuente. IPCC (2007)

Alianza



A partir de la información que se muestra en la Figura 5 y considerando el hecho de que una de las tareas más importantes a la que se enfrentan los climatólogos actualmente consiste en identificar todos los factores que afectan el clima y los mecanismos mediante los cuales se ejerce un forzamiento, con el fin de poder cuantificar el forzamiento radiativo de cada factor y evaluar el forzamiento radiativo total de los grupos de factores se presenta a continuación algunos ejemplos asociados con actividades antropogénicas y naturales.

- **Forzamiento radiativo de factores afectados por las actividades humanas**

Emisiones de aerosoles. Las partículas de aerosoles influyen directamente en los forzamientos radiativos y en la absorción de la radiación solar e infrarroja de la atmósfera. Algunos aerosoles traen como consecuencia un forzamiento positivo mientras otros producen uno negativo. La suma de los forzamientos radiativos directos y todos los tipos de aerosoles es negativa. De manera indirecta, los aerosoles traen como resultado también un forzamiento radiativo negativo debido a los cambios que causan en las propiedades de las nubes.

Cambios en el uso del suelo. Desde el comienzo de la era industrial, las actividades humanas han modificado la naturaleza de la envoltura terrestre en todo el mundo, sobre todo mediante cambios en las tierras agrícolas, los pastizales y los bosques. Han modificado además las propiedades reflectoras del hielo y la nieve. En general, es probable que actualmente se refleje más radiación solar de la superficie terrestre debido a las actividades humanas. Este cambio trae como resultado un forzamiento negativo.

Estelas de condensación por aeronaves. Los aviones dejan atrás una cola lineal de condensación en las regiones donde hay temperaturas bajas y alta humedad. Las estelas de condensación son una forma de cirro que refleja la radiación solar y absorbe la radiación infrarroja. Las estelas lineales de las operaciones aeronáuticas a nivel mundial han incrementado la nubosidad de la tierra y se calcula que producen un pequeño forzamiento radiativo positivo.

- **Forzamientos radiativos a partir de cambios naturales**

Cambios de radiación solar y erupciones volcánicas. La radiación solar total se ha incrementado gradualmente desde la era industrial causando un pequeño forzamiento radiativo puesto que calienta directamente al sistema climático y afecta la abundancia en la atmósfera de algunos gases de efecto invernadero, como el ozono estratosférico. Mientras que las explosiones de las erupciones volcánicas pueden crear un forzamiento negativo de breve duración (de 2 a 3 años) mediante el incremento temporal de sulfato (formación de aerosoles) en la estratósfera.

Según el IPCC (2007b), las diferencias en las estimaciones de los forzamientos radiativos entre los valores actuales y los del comienzo de la era industrial para los cambios en la irradiancia solar

Alianza



y los volcanes son muy pequeñas en comparación con las diferencias en los forzamientos radiativos, que se estima son el resultado de la actividad humana. Como consecuencia de ello, en la atmósfera actual, los forzamientos radiativos ocasionados por la actividad humana son mucho más importantes para el Cambio Climático actual y futuro que los forzamientos radiativos calculados a partir de los cambios en los procesos naturales.

4.2.2. Tiempo de residencia o de vida de GEI en la atmósfera

El tiempo de residencia o de vida de un GEI en la atmósfera según el IPCC (2007) es determinante a la hora de establecer políticas de acción contra el calentamiento global, ya que los efectos de los gases emitidos hoy pueden tener influencia en el calentamiento de la atmósfera durante los próximos 12 años por el CH₄; 200 años por el CO₂; y hasta más de 50.000 años por el CF₄ (Tabla 1).

Tabla 1. Concentraciones y tiempo de residencia de algunos GEI generados en actividades antropogénicas

Tipo de GEI	Concentración			Tiempo de vida (años)
	Pre-industrial	1998	2005	
CO ₂	280 ppm	365 ppm	379 ppm	5 a 200
CH ₄	715 ppb	1745 ppb	1774 ppb	12
N ₂ O	270 ppb	314 ppb	319 ppb	114
CFC-11	0	0,268 ppb	0,256 ppb	45
HFC-23	0	0,014 ppb	0,017 ppb	260
CF ₄	0,04 ppb	0,080 ppb	0,076 ppb	> 50.000

Fuente. IPCC (2007) y Gallego et al. (2012)

Respecto al CO₂, existen muchos datos relativos a la evolución de las concentraciones de este gas. Según el análisis del aire atrapado en el hielo de los últimos milenios, la concentración de este gas se ha mantenido aproximadamente constante, alrededor de las 280 ppm, hasta 1850. Este valor ha experimentado un incremento muy importante en los últimos años y continúa acelerándose, aunque está sujeto a variaciones interanuales. El promedio de aumento de 1,4 ppm anuales entre 1960 y 2005 se ha visto aumentado hasta 1,9 ppm por año en el periodo 1995-2005 (IPCC, 2007).

En el caso del metano (CH₄) sus concentraciones en la atmósfera han aumentado un 150% desde 1750. Alrededor de la mitad de las emisiones actuales proceden de fuentes humanas y tiende a aumentar, aunque en los años 90 lo hizo de forma más irregular que en décadas anteriores. Se trata de un GEI importante no solo porque tiene origen en actividades económicas relacionadas con la ganadería y extracción de gas natural, sino también porque su forzamiento radiactivo directo

Alianza



representa un 14% del total de todos los GEI considerados muy persistentes ($0,48 + 0,5 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$) en 2005 (IPCC, 2007).

Por otra parte, en relación al óxido nitroso (N_2O) se tiene que su concentración en la atmósfera ha seguido un aumento a un ritmo del 0,25% anual. El IPCC (2007) indica que el balance mundial del óxido nitroso presenta considerables incertidumbres en cuanto al origen de las emisiones debido a la complejidad del ciclo biogeoquímico del nitrógeno. Se estima que un 40% es de origen antrópico y que entre las distintas fuentes naturales están los suelos con un 65% de las emisiones, y los océanos con un 30%.

A parte de los GEI mencionados anteriormente, existen otros que tienen valores de forzamiento radiativo relativamente grandes pero que debido a sus bajas concentraciones son considerados de una importancia menor. Los halocarbonos o clorofluoro carbonos (CFC-11, HFC-23, CF_4 , entre otros), son compuestos de este tipo que además contribuyen a la destrucción de la capa de ozono cuando alcanzan la estratósfera. Se caracterizan porque son muy persistentes sin embargo sus concentraciones presentan una tendencia a la baja gracias a las políticas de lucha contra el agotamiento de la capa de ozono.

4.2.3. Potencial de Calentamiento Global

El Potencial de Calentamiento Global (WPG, por sus siglas en inglés) es una medida útil para comparar el impacto climático potencial de las emisiones de los diferentes GEI. Compara el forzamiento radiativo integrado durante un período de tiempo específico (por ejemplo, 100 años) con una emisión de pulso de una unidad de masa y constituye una forma de comparar el Cambio Climático potencial asociado con las emisiones de diferentes Gases de Efecto Invernadero.

El potencial de calentamiento no es más que el forzamiento radiativo de 1 kg de un gas en comparación con el de 1 kg de CO_2 (cuyo potencial es igual a uno) acumulado a lo largo de un periodo de tiempo determinado. Los gases con flúor o cloro en su composición tienen potenciales de calentamiento muy altos y tiempos de residencia en la atmósfera largos. Esto provoca que los efectos sobre el calentamiento global sean incluso más altos cuanto más tiempo transcurre desde su emisión. En la Tabla 2 se presenta a modo de resumen el potencial de calentamiento de numerosos GEI.

Alianza



Tabla 2. Resumen de Potenciales de Calentamiento Global de Gases de Efecto Invernadero

Gas	Periodo de vida (años)	Potencial de calentamiento (horizonte temporal en años)			
		20	100	500	
Dioxido de carbono	CO ₂	-	1	1	1
Metano	CH ₄	12	72	21	7,6
Óxido Nitroso	N ₂ O	114	289	310	153
Hidrofluorocarbonos					
HFC-23	CHF ₃	270	12.000	11.700	12.200
HFC-32	CH ₂ F ₂	4,9	2.330	650	205
HFC-125	CHF ₂ CF ₃	29	6.350	2.800	1.100
HFC-134a	CH ₂ FCF ₃	14	3.830	1.300	435
HFC-143a	CH ₃ CF ₃	52	5.890	3.800	1.590
HFC-152a	CH ₃ CHF ₂	1,4	437	140	38
Sustancias controladas por el protocolo de Montreal					
CFC-11	CCl ₃ F	45	6.730	3.800	1.620
CFC-113	CClF ₃	640	10.800	14.400	16.400
Tetracloruro de carbono	CCl ₄	26	2.700	1.400	435
Bromuro de metilo	CH ₃ Br	0,7	17	5	1
HCFC-22	CHClF ₂	12	5.160	1.500	549
HCFC-123	CHCl ₂ CF ₃	1,3	273	90	24
HCFC-141b	CH ₃ CCl ₂ F	9,3	2.250	725	220
HCFC-142b	CH ₃ CClF ₂	18	5.490	1.800	705

Fuente. IPCC (2007)

4.3. CAUSAS DEL EFECTO INVERNADERO

De acuerdo con el IPCC (2013), se ha detectado que la influencia humana o antropogénica ha generado distintos cambios en el ambiente no solo relacionado con la intensificación del efecto invernadero sino también en alteraciones del ciclo global del agua, reducciones de la cantidad de nieve y hielo, elevación media mundial del nivel del mar y cambios climáticos extremos.

Respecto al efecto invernadero se tiene que este empezó a ser mayor desde la industrialización de la economía debido a que las emisiones de GEI fueron creciendo de manera exponencial acumulándose en la atmósfera hasta aumentar sus concentraciones a niveles que la misma naturaleza no ha sido capaz de asimilar. A continuación, se mencionan algunas de las actividades humanas responsables de aumentar la concentración de GEI (CO₂, CH₄, N₂O, entre otros) en la atmósfera:

Alianza



- **Dióxido de carbono (CO₂).** Este gas ha aumentado debido al uso de combustibles en el transporte, los sistemas de calefacción y aire acondicionado de edificaciones, la producción de cemento y otros bienes. Con la deforestación también se libera CO₂ y se reduce la absorción de este por las plantas. El CO₂ se libera también en procesos naturales como la descomposición de la materia vegetal.
- **Metano (CH₄).** Sus emisiones han aumentado como resultado de las actividades humanas relacionadas con la agricultura, la distribución del gas natural y quema en antorcha. Existen también procesos naturales y artificiales en los que se libera metano como por ejemplo en humedales y tratamiento anaerobio de residuos sólidos y líquidos.
- **Óxido nitroso (N₂O).** Este gas ha aumentado como resultado de las actividades humanas relacionadas con el uso de fertilizantes y la quema de combustibles fósiles. Los procesos naturales de los suelos y los océanos también liberan N₂O.
- **Vapor de Agua (H₂O).** Representa el gas de efecto invernadero más abundante e importante presente en la atmósfera. Sin embargo, las actividades humanas tienen sólo una pequeña influencia directa respecto de la cantidad de vapor de agua en la atmósfera. De manera indirecta, los seres humanos tienen la capacidad de incidir sustancialmente sobre el vapor de agua y cambiar el clima. Por ejemplo, una atmósfera más cálida contiene más vapor de agua. Las actividades humanas también influyen en el vapor de agua a través de las emisiones de CH₄, debido a que este último sufre una destrucción química en la estratosfera, produciendo así una cantidad pequeña de vapor de agua.
- **Aerosoles.** Son partículas pequeñas presentes en la atmósfera que tienen un amplio rango de variación en cuanto a concentración, composición química y tamaño. Algunos aerosoles se emiten directamente a la atmósfera mientras que otros se forman a partir de compuestos emitidos. Los aerosoles contienen compuestos que se producen de forma natural y otros que son emitidos como resultado de las actividades humanas. La quema de combustibles fósiles y de biomasa ha incrementado el porcentaje de aerosoles que contienen compuestos de azufre, compuestos orgánicos y carbón negro (hollín). Las actividades humanas tales como la explotación minera a cielo abierto y los procesos industriales han incrementado las cantidades de polvo en la atmósfera. Entre los aerosoles naturales están el polvo mineral liberado por la superficie, los aerosoles de la sal marina, las emisiones biogénicas del suelo y los océanos, y los aerosoles de polvo y en sulfato producidos por las erupciones volcánicas.

Alianza



4.4. INVENTARIO DE EMISIONES

Existen diferentes definiciones dadas al concepto de inventarios de emisiones puesto que algunas de ellas dependen del tipo de gas, alcance o área de estudio debido a que existen diferencias entre los que se desarrollan a nivel municipal, regional o nacional, y los que se elaboran al interior de una empresa (también llamados huella de carbono) o por producto. Por lo que de ahora en adelante se hará referencia a los primeros, es decir los que se elaboran dentro de un área geográfica determinada y que sirve para la planeación de políticas a distintas escalas (municipal, regional y nacional).

De esta manera, el MAVDT (2008) define un inventario de emisiones como un conjunto de datos que caracterizan y consolidan mediante sumatoria, las emisiones de gases a la atmósfera de acuerdo con el tipo de sector o fuente de emisión en un área geográfica y en un intervalo de tiempo. Por otra parte, el INECC (2016) indica que se trata de un instrumento de gestión ambiental debido a que permite identificar a generadores de emisiones y aporte de gases a la atmósfera por sector. Finalmente, la Secretaría Distrital de Ambiente (2016) como una rendición de cuentas de la cantidad de gases emitidos o eliminados hacia la atmósfera durante un periodo de tiempo específico, también proporciona información sobre las actividades que causan las emisiones, así como de antecedentes sobre los métodos utilizados para hacer los cálculos.

4.4.1. Características de un inventario de emisiones

Las características de un inventario de emisiones están en función de los propósitos para los cuales decida llevarse a cabo, en este sentido depende tanto los tipos de gases considerados como de la metodología de cálculo para su determinación. Sin embargo, las tres características que no pueden pasar desapercibida independientemente de la manera como decida aplicarse se muestran en la Figura 6.



Figura 6. Características principales en un inventario de emisiones
Fuente. Elaboración propia

Alianza

- **Espacio.** Se refiere a la cobertura geográfica donde se va a llevar a cabo el inventario de emisiones y puede ser dividida en subregiones o zonas.
- **Año base.** Se refiere al año para el cual se desarrolla el inventario de emisiones. Éste, en la mayoría de casos corresponde al año anterior al que se desarrolla el inventario de emisiones, por lo cual, tanto la información recopilada como los cálculos se seleccionan para ese periodo de tiempo.
- **Categorías o fuentes de emisión.** En un inventario resulta fundamental determinar y definir cada una de las categorías o fuentes a incluir para estimar las emisiones de gases. No obstante, vale la pena recalcar que de acuerdo a la metodología que se decida seleccionar, así mismo varía la forma como se presentan los resultados o agregan las emisiones de gases, por lo que a continuación se describen las fuentes de emisión consideradas por el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC).

4.4.2. Sectores considerados por el IPCC en un inventario de GEI

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

- **Energía.** Se cuantifican las emisiones de GEI generados por las actividades antrópicas relacionadas con la quema, extracción y manipulación de combustibles fósiles (carbón, gas natural, petróleo y sus derivados). El sector energético comprende principalmente la exploración y explotación de las fuentes primarias de energía, la conversión de las fuentes primarias de energía en formas más utilizables en refinerías y centrales eléctricas, la transmisión y distribución de los combustibles, y 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 y Uso de productos (IPPU, por sus siglas en inglés).** Para este sector se cuantifican las emisiones de GEI provocadas por los procesos industriales, por el uso de GEI en los productos y por los usos no energéticos del carbono contenido en los combustibles fósiles. Las principales fuentes de emisión son las descargas provenientes de los procesos industriales, que generan la transformación de materia prima a partir de procesos tanto físicos como químicos en productos donde se han usado GEI. De la misma manera contempla los usos no energéticos del carbono contenido en los combustibles fósiles.
- **Agricultura, Silvicultura y Otros usos de la tierra (AFOLU, por sus siglas en inglés).** El uso y la gestión de la tierra tiene su influencia sobre una diversidad de procesos del

Alianza



ecosistema que afectan a los flujos de los gases de efecto invernadero, 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). Para el caso del CO₂, los flujos 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.** En este sector las emisiones de GEI están ligadas principalmente al CH₄, N₂O y CO₂ debido a la eliminación de residuos sólidos en sitios de disposición final (rellenos sanitarios, plantas integrales, celdas de contingencia, entre otros.), por el tratamiento biológico de los residuos sólidos, la incineración e incineración abierta de residuos sólidos, y el tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas e industriales.

Alianza



5. METODOLOGÍA

Para elaborar el inventario de gases de efecto invernadero de Palmira inicialmente se tuvo en cuenta la importancia de seleccionar una técnica de medición común que permitiría luego comparar los resultados obtenidos con experiencias o casos de estudio desarrollados en Colombia bajo la misma escala o nivel de estimación.

Con base en esto, se optó por emplear la metodología desarrollada por el Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC por sus siglas en Inglés) aplicada en la construcción de inventarios nacionales, la cual se caracteriza por ser muy flexible en los cálculos mediante el uso de métodos con distinto grado de complejidad que varían de acuerdo a la disponibilidad de información y/o el costo de estimación que conlleve realizar para las distintas fuentes de emisión la cuantificación de gases de efecto invernadero (GEI). Esta metodología resulta ser muy útil para la identificación de las principales fuentes emisoras y por lo tanto para la priorización de sectores para el desarrollo de políticas y proyectos de mitigación a nivel nacional, departamental y municipal.

El IPCC ha elaborado distintas versiones o revisiones (1996, 2003 y 2006) de la metodología para cuantificar las emisiones de GEI en sectores relacionados con la producción de Energía, Procesos Industriales y Uso de productos (IPPU por sus siglas en inglés), Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra (AFOLU por sus siglas en inglés), y Residuos. A nivel nacional por ejemplo se han elaborado inventarios en distintos periodos de tiempo (1990 a 2014) con base en la versión de 2006, y en el marco de la Tercera Comunicación Nacional (TCN) se han elaborado inventarios departamentales bajo esta misma versión. Y a nivel municipal se cuenta con inventarios de GEI realizados para Santiago de Cali, Tuluá, Buga y Palmira con línea base de 2010.

Las Directrices del IPCC (2006) elaboradas para la construcción los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero constituyen el resultado de la invitación efectuada por la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) para actualizar las Directrices, versión revisada en 1996 y la Orientación de buenas prácticas asociada (IPCC, 2000), en las que se brindan metodologías acordadas internacionalmente para que las utilicen los países, con el objeto de estimar los inventarios de gases de efecto invernadero e informarlos a la CMNUCC. En este sentido, el marco general para la compilación de inventarios de GEI se fundamentó en las siguientes etapas: i) recopilación de datos y métodos de estimación de emisiones, ii) análisis de categoría principal, iii) coherencia de la serie temporal, iv) garantía de calidad (GC) y Control de calidad (CC), y v) Generación de informes.

En la recopilación de datos y métodos de estimación de emisiones las directrices proporcionan orientaciones relativas a la elección del método de estimación a nivel de categoría fuente empleando arboles de decisión muy parecidos a los que se muestran en la Figura 7 a Figura 10

Alianza



para la quema de combustibles fósiles en el sector Energía, el uso de productos no energéticos de combustibles fósiles en el sector IPPU, las emisiones de N₂O de suelos gestionados en el sector AFOLU y las emisiones de CH₄ procedentes del tratamiento de aguas residuales en el sector Residuos. Los árboles de decisión permiten formalizar la selección del método de estimación más apropiado para las circunstancias nacionales, regionales o municipales y a su vez proporcionan también información sobre la elección de factores de emisión y datos de actividad (IPCC, 2000).

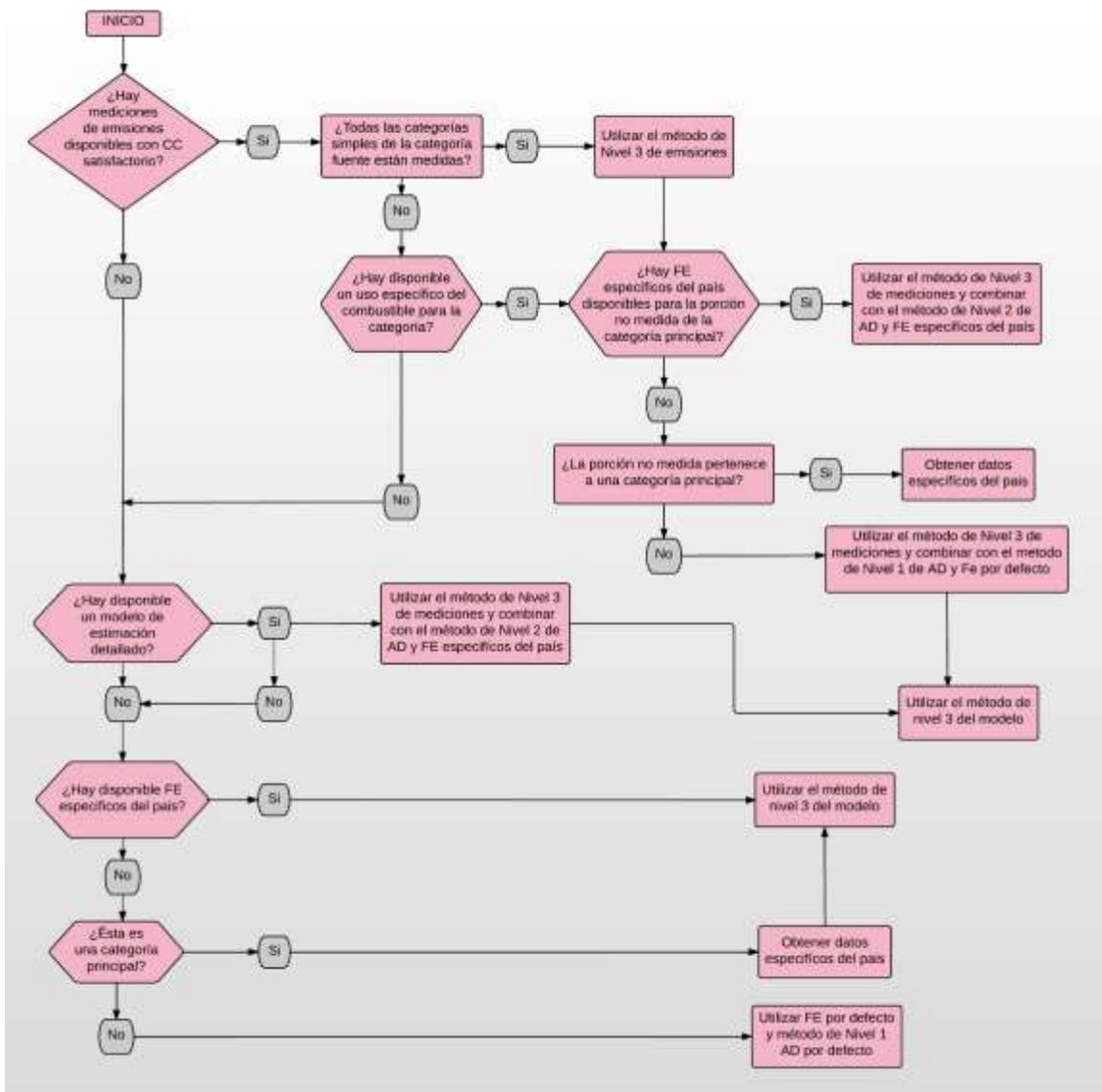


Figura 7. Árbol de decisión para la quema de combustibles fósiles en el sector Energía

Fuente. IPCC (2006b)

Alianza



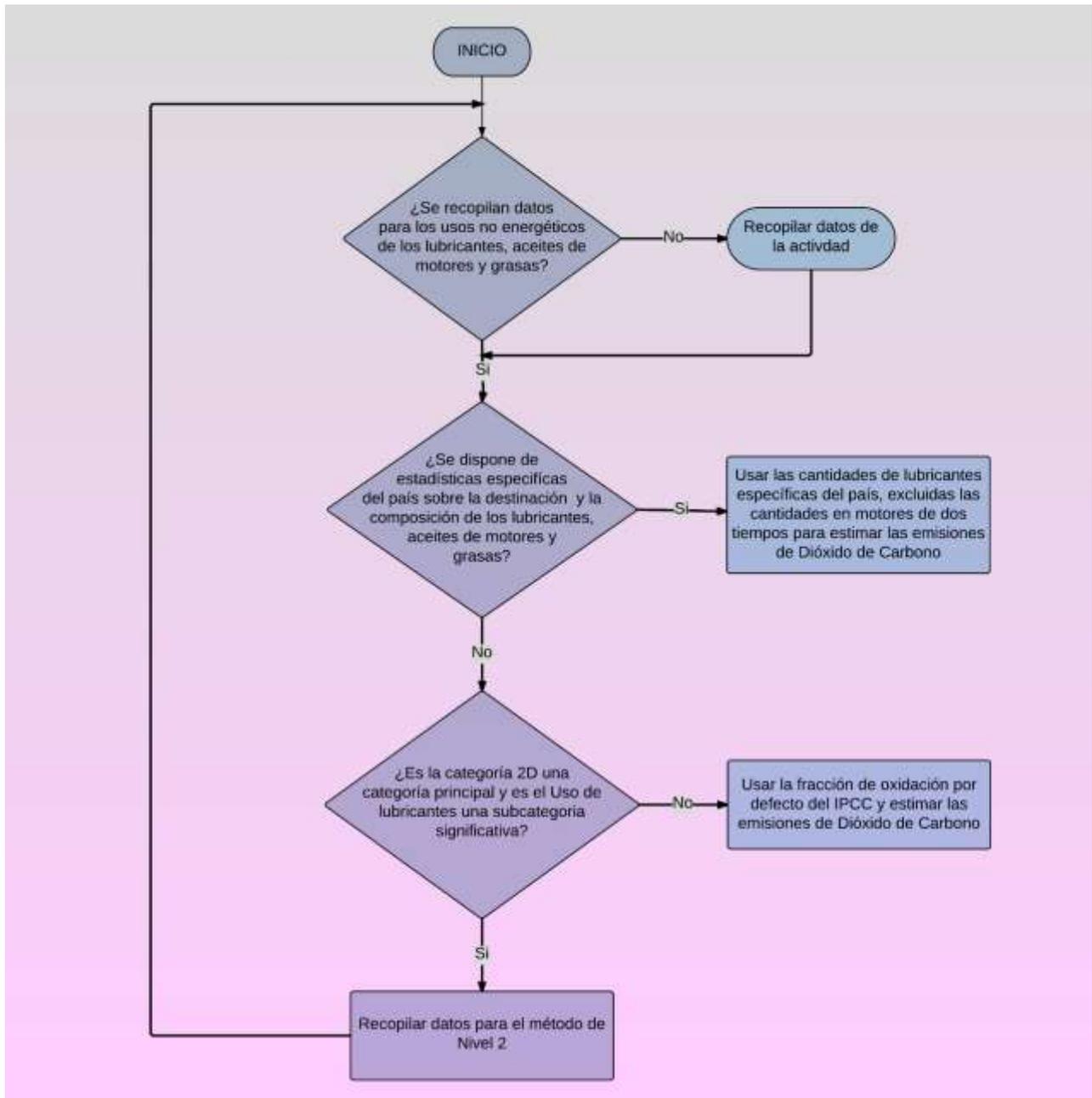


Figura 8. Árbol de decisión para el uso de productos no energéticos de combustibles fósiles en el sector de Procesos Industriales y Uso de Productos

Fuente. IPCC (2006c)

Alianza



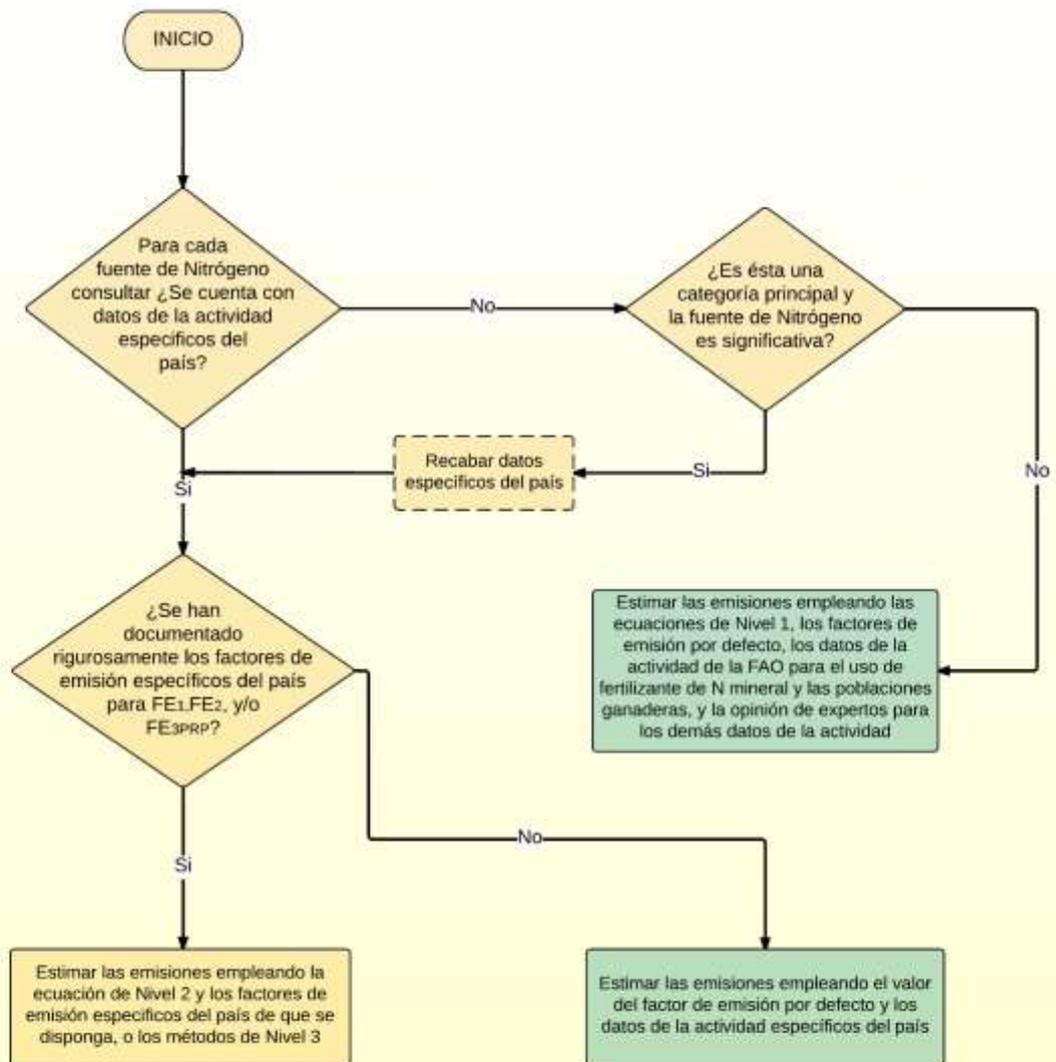


Figura 9. Árbol de decisión para emisiones de N₂O de suelos gestionados en el sector AFOLU

Fuente. IPCC (2006a)

Alianza

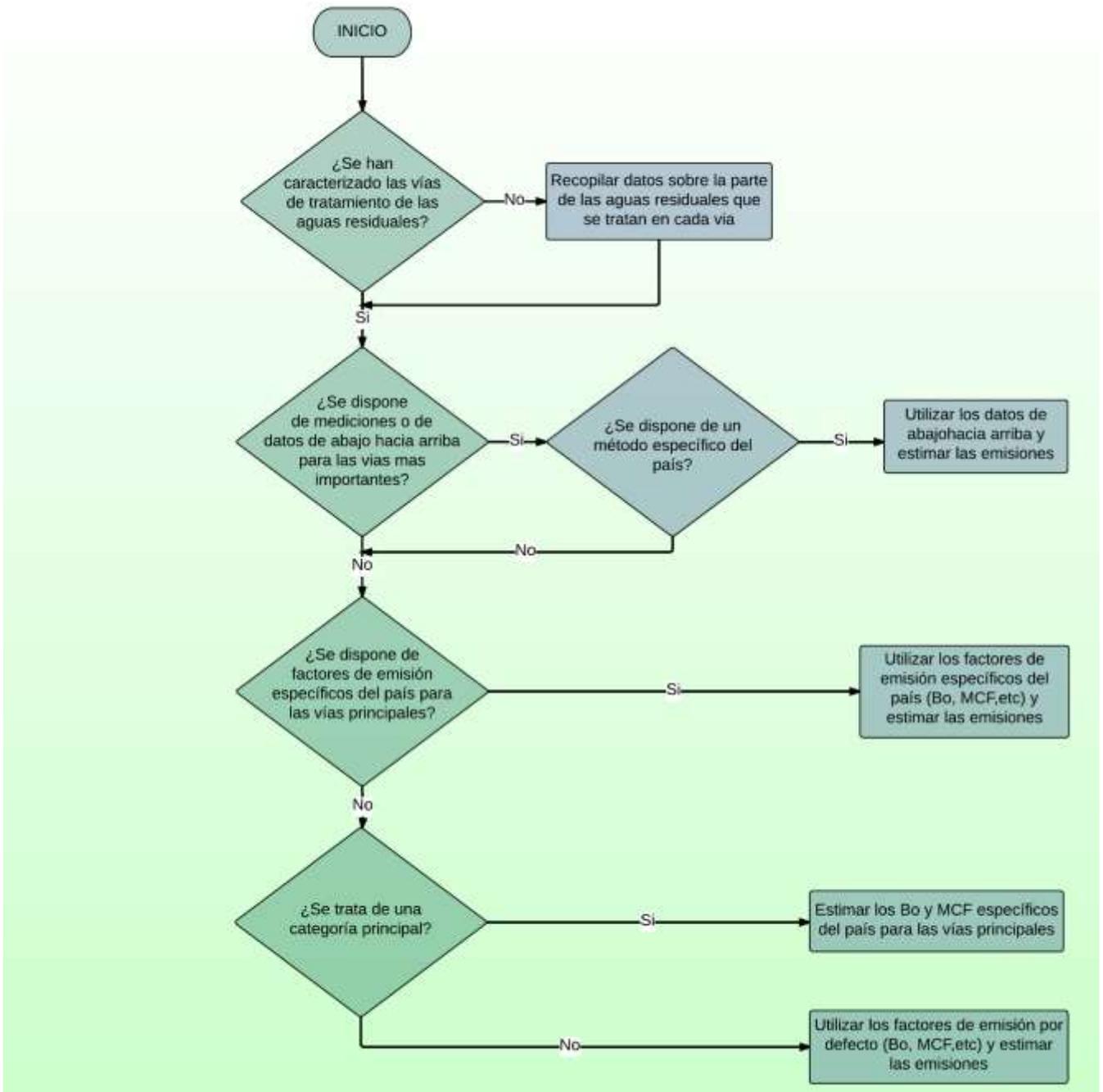


Figura 10. Árbol de decisión para estimar las emisiones de CH₄ procedentes de las aguas residuales domésticas

Fuente. IPCC (2006d)

Alianza

En relación a este último punto, las directrices del IPCC (2006c) incorporan el método por niveles mediante árboles de decisión para guiar al compilador del inventario en la selección del nivel más apropiado para estimar la categoría o fuente de emisión de interés con base en la disponibilidad de información y tecnología disponible, por lo que conceptualmente se consideran los siguientes tres niveles de complejidad metodológica:

- **Método de Nivel (Tier) 1.** Es el menos detallado, utiliza factores de emisión por defecto tomados de la literatura y en algunos casos datos de actividad también tomados de fuentes internacionales, generalmente con amplio rango de incertidumbre e información general del sector que produce las emisiones.
- **Método de Nivel (Tier) 2.** Se basa principalmente en procedimientos relacionados con balances de masa y factores de emisión de procesos específicos para el país o región de estudio. Usualmente se emplean modelos desarrollados por el IPCC para obtener factores de emisión que representen las condiciones locales del sitio de interés donde se desea ejecutar el inventario.
- **Método de Nivel (Tier) 3.** Es una evaluación rigurosa y detallada de la fuente que requiere de inventarios detallados de la infraestructura y de factores de emisión específicos (*in-situ*) de la fuente o sector a evaluar. Por lo general en este método se requiere de mayor inversión económica por la demanda de equipos sofisticados y movimiento de personal.

A pesar de las discrepancias que puedan existir entre los distintos niveles de complejidad metodológica, el IPCC señala que todos los niveles tienen por objeto proporcionar estimaciones insesgadas, y la exactitud y la precisión deberían en general mejorar del nivel 1 al nivel 3. Ya que la provisión de diferentes niveles permite a los compiladores de inventarios utilizar métodos coherentes con sus recursos y dirigir sus esfuerzos a esas categorías de emisiones y absorciones que hacen su mayor aporte a los totales y a las tendencias de las emisiones nacionales o regionales (IPCC, 2000).

En este sentido se llevó a cabo el inventario de gases de efecto invernadero en este municipio siguiendo las siguientes etapas: i) selección de la técnica de medición; ii) identificación de las fuentes y/o sectores de emisión; iii) recopilación de información; iv) selección de factores de emisión; v) cálculo de emisiones; y vi) generación y documentación de resultados tal como se presenta en la Figura 11.

Alianza



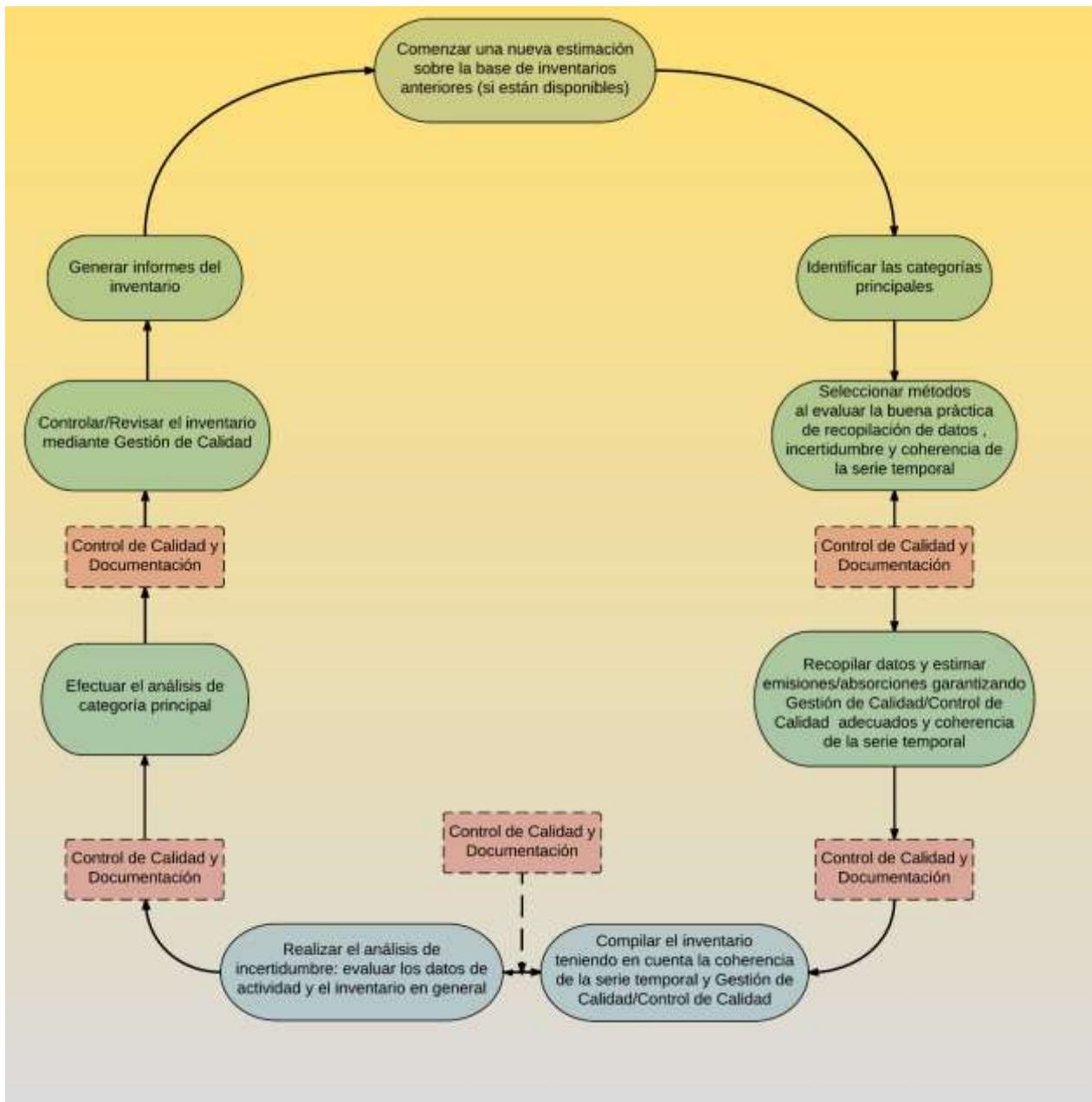


Figura 11. Ciclo de desarrollo para la ejecución de un Inventario de GEI

Fuente. IPCC (2000)

Alianza



5.1. DESCRIPCIÓN DE ETAPAS

- **Etapa No.1: Selección de la técnica de medición**

Para la estimación de las Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) a escala municipal se empleó la metodología de cálculo propuesta en las directrices del IPCC. Mediante esta metodología se lograron cuantificar las emisiones de Metano (CH₄), Dióxido de Carbono (CO₂) y Óxido Nitroso (N₂O) considerando como variables de entrada los datos de actividad y factores de emisión en los sectores Energía, IPPU, AFOLU y Residuos.

La Ecuación 1 muestra de forma general la expresión matemática propuesta por el IPCC para medir o calcular las emisiones de CH₄, CO₂ y N₂O en el sector Energía, IPPU, AFOLU y Residuos. En esta ecuación la variable **Emisión** fue considerada como la variable de respuesta principal, y permitió evaluar la cantidad GEI en cada uno de los sectores. La variable **Actividad** representó el dato de la actividad generadora de los GEI como por ejemplo el consumo de combustible (Terajulio - TJ), producción de carbón (Toneladas - Ton), superficie de área quemada (Hectárea - Ha) y población de ganado (Cabezas - Cab), entre otras actividades.

Por otro lado, la variable **Factor de emisión** se consideró como un coeficiente para transformar la **Actividad** de cada sector en **Emisión**, ya que relaciona el dato de actividad con la emisión relativa que se produce por unidad de medida. Por ejemplo, el factor de emisión relaciona la cantidad de CO₂ generado por cantidad de combustible quemado. Generalmente los factores de emisión están expresados en unidades de peso del gas (kg) por unidad de peso, volumen, distancia o duración de la actividad emisora y en la mayoría de los casos son producto de numerosas investigaciones a nivel internacional (IPCC, 2006j).

$$Emision = Actividad * Factor de emisión$$

Ecuación 1

Cabe mencionar que en el Anexo A.1 se presenta el conjunto de ecuaciones utilizadas para estimar las emisiones de GEI en todos los sectores. Para cada sector se lista de manera explícita la fórmula de cálculo empleada junto con los requerimientos de información por actividad y factores de emisión según la disponibilidad de información a nivel municipal para construir en lo posible inventarios que obedezcan a las características propias del lugar en el cual se hacen las respectivas estimaciones.

- **Etapa No.2: Identificación de las fuentes/ sectores de emisión**

Para identificar las fuentes o sectores de emisión en el municipio de Palmira se realizó previamente un proceso de documentación de las directrices dadas por el IPCC (2006d) en cuanto a la generación de Inventarios de Gases de Efecto Invernadero (GEI) con el fin de conocer los

Alianza



diferentes sectores a los cuales es posible contabilizarle sus emisiones. En este sentido, se realizó un proceso de consulta en instituciones públicas y privadas para indagar sobre las diferentes actividades productivas de los sectores en el municipio y de esta manera recopilar la información necesaria para la ejecución del inventario, tal como se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3. Fuentes de información para la ejecución y actualización del Inventario de GEI

SECTOR	FUENTE DE INFORMACIÓN
ENERGÍA	Aeronáutica Civil – Unidad Administrativa Especial
	Unidad de Planeación Minero-Energética
	Cámara de comercio de Palmira
	Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD)
	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)
PROCESOS INDUSTRIALES Y USO DE PRODUCTOS	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)
	Unidad Técnica de Ozono (UTO)
AFOLU	Instituto Colombiano Agropecuario (ICA)
	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)
	Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca
	Gobernación del Valle del Cauca
	Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural
RESIDUOS	Secretaría de Infraestructura y Renovación Urbana de la Alcaldía de Palmira
	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)
	AQUAOCCIDENTE S.A E.S. P
	VEOLIA Regional Palmira

- **Etapa No.3: Recopilación de información**

Luego de identificar la técnica de cuantificación y las fuentes de emisión se procedió a recopilar información o datos que permitieron calcular las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) por sector. La información recopilada corresponde a los datos de actividad de cada uno de las fuentes generadoras de GEI, como por ejemplo el consumo de combustibles fósiles en industrias manufactureras y de la construcción; el uso de producto no energéticos de combustibles; y la generación de residuos sólidos y líquidos en el municipio. Para lo cual se contactó directamente a instituciones como el IDEAM, la Secretaría de infraestructura y renovación urbana de la alcaldía de Palmira, el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), AQUAOCCIDENTE, entre otras., y se

Alianza



solicitó información de consumo de combustible y materia prima, producción de carbón, cantidad de materia orgánica en residuos sólidos y líquidos, población de ganado (bovino, porcino, equinos, mulas, ovinos), entre otros datos de actividad. Cabe señalar que, en los casos donde no fue posible establecer contacto directo con las instituciones para recopilar la información mediante encuestas, se consultaron bases de datos documentadas y en línea como las que se presentan en la Tabla 4. En el Anexo A.2 se presentan los datos de actividad necesarios en sectores Energía, IPPU, AFOLU y Residuos para el cálculo de emisiones de GEI.

Tabla 4. Base de datos en línea consultadas

FUENTE	URL
SIMCO (Sistema de Información Minero Colombiano)	https://www.simco.gov.co
SIEL (Sistema de Información Eléctrico Colombiano)	https://www.siel.gov.co
SIPG (Sistema de Información de Petróleo y Gas Colombiano)	https://www.sipg.gov.co
SIAME (Sistema de Información Ambiental Minero Energético)	https://www.siame.gov.co
ANH (Agencia Nacional de Hidrocarburos)	https://www.anh.gov.co
UPME (Unidad de Planeación Minero Energética)	https://www1.upme.gov.co
DANE (Departamento Administrativo Nacional de Estadística)	https://www.dane.gov.co
AGRONET	https://www.agronet.gov.co
ICA (Instituto Colombiano Agropecuario)	https://www.ica.gov.co/
SUI (Sistema Único de Información)	https://www.sui.gov.co
Aeronáutica Civil – Unidad Administrativa Especial	https://www.aerocivil.gov.co

- **Etapa No.4: Identificación y Selección de factores de emisión**

La selección de los factores de emisión se realizó de acuerdo con el nivel de agregación sugerido por el IPCC (2006) para metodologías de cálculo fundamentadas en el Nivel I y II, ya que mediante este tipo de procedimientos se facilita la identificación de factores de emisión que varían en función del sector y categoría, así como de la actividad que se realice en los mismos.

- **Etapa No.5: Generación y documentación de resultados**

Luego de recopilar la información correspondiente a datos de actividad y seleccionar los factores de emisión, se cuantificaron las emisiones de GEI con base en el conjunto de ecuaciones presentadas en el Anexo A.1 y posteriormente se consolidaron para la generación de informes, tal y como lo señala el IPCC (2006d). Es importante mencionar que en el inventario generado, en los sectores Energía y AFOLU se emplearon principalmente factores de emisión de Nivel II o “domésticos” desarrollados para Colombia por instituciones como el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) y la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME), todo esto con el objetivo de reducir el grado de incertidumbre de los datos generados y

Alianza



lograr a su vez que estos puedan ser comparables con las diferentes experiencias que se tienen a nivel nacional.

Por otro lado, también se debe tener en cuenta que cada una de las emisiones estimadas se transformaron luego a unidades de CO₂ Equivalente mediante el Potencial de Calentamiento Global (GWP por sus siglas en Ingles) de cada gas de efecto invernadero, de modo que en la generación del informe los resultados se expresan en términos de Giga gramos de dióxido de carbono equivalente (Gg CO₂ eq). La Ecuación 2 se utiliza para realizar dicha transformación.

$$Emission\ GEI_{CO_2\ Equiv} = Emission\ GEI * GWP \qquad \text{Ecuación 2}$$

Donde:

Emission GEI_{CO₂ Equiv} = Emisiones de CO₂, CH₄ y N₂O en términos de Gg CO₂ eq de GEI

Emission GEI = Emisiones de CO₂, CH₄ y N₂O (Gg de GEI)

GWP = Potencial de calentamiento global para CO₂, CH₄ y N₂O

Alianza



6. RESULTADOS

6.1. EMISIONES DE GEI EN EL MUNICIPIO DE PALMIRA

Los sectores considerados para la compilación y actualización del inventario de GEI en Palmira para el año 2014 fueron Energía, Procesos Industriales y uso de Productos (IPPU por sus siglas en Ingles), Agricultura Silvicultura y Otros usos de la tierra (AFOLU, por sus siglas en ingles), y Residuos. De acuerdo a las características de cada uno de los sectores mencionados anteriormente se estimaron GEI directos como el dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O) siguiendo una aproximación metodológica principalmente de Nivel I en sectores como el de Procesos Industriales y uso de Productos y Residuos, y de Nivel II en sectores como el de Energía y AFOLU sobre la base de experiencias nacionales lideradas por la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME, 2016) y el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM, 2018) en fuentes de emisión relacionadas con el consumo de combustibles fósiles, fermentación entérica, gestión de estiércol, entre otros.

A nivel nacional ya se cuenta con los resultados de los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero (INGEI) para los años 1990 a 2014 mientras que a nivel departamental el año de actualización más reciente corresponde al 2014. Todos estos inventarios se llevaron a cabo como parte de las comunicaciones nacionales de Cambio Climático presentadas ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUC), en las que se busca además de reportar los avances en todos los aspectos de la implementación de la convención a nivel nacional, constituir una fuente de información importante para determinar las cantidades de GEI emitidos anualmente, las principales actividades emisoras, las cantidades asociadas a cada actividad y el comportamiento histórico de estas emisiones. Todo esto para orientar la implementación de acciones estratégicas de reducción de emisiones y de gestión de sumideros de carbono.

Tomando como referencia el INGEI para el 2014 se tiene que las emisiones estimadas dentro del sector AFOLU representaron el mayor aporte en el total de emisiones (236.973 Gg CO₂ eq) de GEI en Colombia con un 55% de participación, seguida por las emisiones en el sector Energía, Residuos e IPPU con una participación del 35%, 6% y 4% respectivamente. Mientras que del total de emisiones de GEI (16.500 Gg CO₂ eq) generadas en el Valle del Cauca el 57% se atribuyó al sector Energía, 32% al sector AFOLU, 5% al sector Residuos y 4% al sector IPPU. Asimismo, a raíz de la actualización del inventario de GEI realizado para el municipio de Palmira se obtuvo en el total de emisiones (1.091,89 Gg CO₂ eq) una participación del sector Energía del 69%, AFOLU del 19%, Residuos del 10% e IPPU del 2%. En la Tabla 5 se indica el consolidado de los inventarios de GEI realizados para Colombia, Valle del Cauca y Palmira durante el 2014, y se adiciona como

Alianza



elemento informativo la actualización realizada para este mismo municipio (Palmira) en el inventario de GEI con línea base de 2010 (CIAT et al., 2014).

Tabla 5. Consolidado de Emisiones de GEI en Colombia, Valle del Cauca y Palmira

Año base	Departamento	Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) por sectores (Gg CO ₂ eq)				
		Energía	IPPU	AFOLU	Residuos	Total
2010	Palmira	609,37	11,38	308,32	110,02	1.039,08
2014	Palmira	755,87	13,60	211,27	111,15	1.091,89
2014	Valle del Cauca	9.405	660,0	5.280	825,00	16.500
2014	Colombia	82.940,55	9.478,92	130.335,15	14.218,38	236.973

De acuerdo a la información de la Tabla 5, el municipio de Palmira para el año 2014 aportó un 0,46% a las emisiones de Colombia y un 6,6% a las emisiones del departamento del Valle del Cauca. Y en comparación con las emisiones determinadas para el año 2010 se observó que el sector Energía, IPPU y Residuos aumentaron el valor de sus emisiones en un 24,03%, 19,51% y 1,03%, mientras que en el sector AFOLU disminuyeron en un 31,47% (Figura 12).

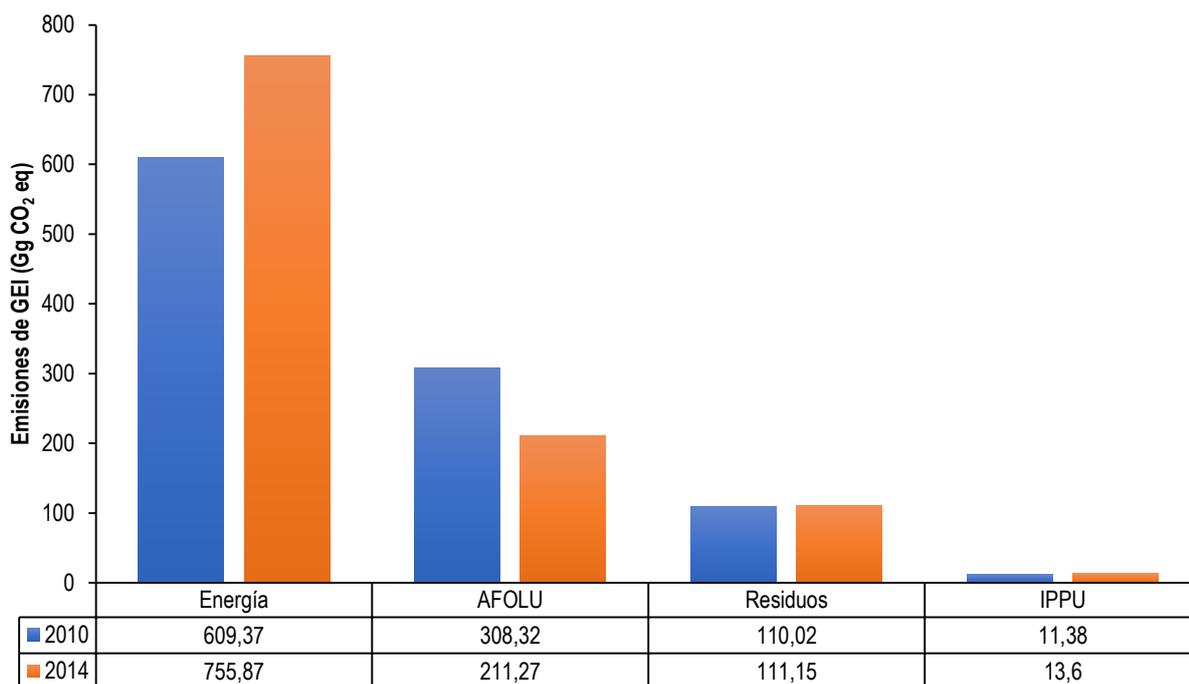


Figura 12. Consolidado de emisiones de GEI por categoría IPCC

Fuente. Elaboración propia

Alianza



La Tabla 6 presenta el consolidado de emisiones de GEI para el municipio de Palmira durante los años 2010 y 2014. Los resultados se muestran a nivel sector, categoría y subcategoría al mismo tiempo en que es posible diferenciar la magnitud de los GEI contabilizados.

Tabla 6. Consolidado de emisiones de GEI para el municipio de Palmira durante los años 2010 y 2014¹

Categorías IPCC	Emisiones de GEI 2010 (Gg CO ₂ eq)			Emisiones de GEI 2014 (Gg CO ₂ eq)		
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
Total	797.40	151.23	90.45	847.82	149.70	94.36
1 - Energía	600.55	2.92	5.90	746.57	2.84	6.46
1.A.1 - Industrias de la energía²	699.16	0.34	0.71	699.16	0.34	0.71
1.A.2 - Industrias manufactureras y de la construcción	127.63	0.33	0.73	185.22	0.25	0.50
1.A.2.a - Hierro y acero	0.06	2.13*10 ⁻⁵	3.15*10 ⁻⁵	0.11	6.88*10 ⁻⁵	1.26*10 ⁻⁴
1.A.2.b - Metales no ferrosos	1.32	2.56*10 ⁻³	5.68*10 ⁻³	0.28	5.07*10 ⁻⁴	1.13*10 ⁻³
1.A.2.c - Química	12.07	4.57*10 ⁻³	3.76*10 ⁻²	70.01	0.03	0.04
1.A.2.d - Pulpa, papel e imprenta	28.91	0.03	0.06	47.00	0.03	0.05
1.A.2.e - Procesamiento de alimentos, bebidas y tabaco	78.78	0.27	0.58	60.82	0.18	0.38
1.A.2.f - Minerales no metálicos	-	-	-	0.16	6.00*10 ⁻⁵	8.86*10 ⁻⁵
1.A.2.j - Madera y productos de la madera	4.02*10 ⁻³	1.07*10 ⁻³	2.11*10 ⁻³	0.59	1.48*10 ⁻³	2.79*10 ⁻³
1.A.2.l - Textiles y otros	6.09	0.01	0.03	5.63	0.01	0.03
1.A.2.m - Industria no especificada (Plástico y Vidrio)	0.40	8.43*10 ⁻⁴	1.85*10 ⁻³	0.61	1.23*10 ⁻³	2.68*10 ⁻³
1.A.3 - Transporte aéreo y terrestre	384.99	1.99	4.39	477.82	1.98	5.16
1.A.3.a.ii - Aviación civil y de carga	188.97	0.03	1.58	283.30	0.04	2.38
1.A.3.b.i - Automóviles	89.78	0.90	1.28	95.06	0.95	1.36
1.A.3.b.ii - Camiones de carga liviana	46.32	0.46	0.66	50.30	0.50	0.72
1.A.3.b.iii - Autobuses y camiones de carga pesada	42.91	0.43	0.61	21.12	0.21	0.30
1.A.3.b.iv - Motocicletas	17.01	0.17	0.24	28.04	0.28	0.40
1.A.4 - Ors sectores	87.93	0.60	0.78	83.54	0.60	0.80
1.A.4.a - Comercial e Institucional	3.54	0.01	0.00	4.33	0.01	2.42*10 ⁻³
1.A.4.b - Residencial	31.19	0.06	0.02	24.42	0.05	0.01
1.A.4.c - Agrícola (Maquinaria)	53.21	0.53	0.76	54.79	0.55	0.78
2 - Procesos Industriales y Uso de Productos	11.38	-	-	13.60	-	-
2.A - Industria de los minerales	10.73	-	-	12.46	-	-
2.A.1 - Producción de cemento	7.88	-	-	8.78	-	-
2.A.2 - Producción de cal	1.52	-	-	1.52	-	-
2.A.3 - Producción de vidrio	1.11	-	-	1.22	-	-
2.A.4 - Otros usos de los carbonatos	0.22	-	-	0.94	-	-
2.C - Industria de los metales	0.53	-	-	1.06	-	-

¹ El consolidado de emisiones de GEI también puede ser consultado en las hojas de cálculo trabajadas, las cuales se presentan en los archivos de soporte *Hoja de cálculo 2010* y *Hoja de cálculo 2014*.

² En esta categoría se incluye la actividad generada por centrales térmicas (TermoEMCAL1 y TermoValle1) ubicadas en el municipio de Palmira y que hacen parte del Sistema Interconectado Nacional (SIN). Sin embargo, debido a que la información sobre consumo de ACPM y Gas natural se presenta a partir del 2016 y no para años anteriores, las emisiones de GEI se muestran solo como elemento informativo para dar cuenta de la actividad del sector más no se consideran dentro del total de emisiones reportadas para el 2010 y 2014 al no cumplir con el criterio de coherencia temporal indicado en las directrices del IPCC (2006).

Categorías IPCC	Emisiones de GEI 2010 (Gg CO ₂ eq)			Emisiones de GEI 2014 (Gg CO ₂ eq)		
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
2.C.1 - Producción de hierro y acero	0.09	-	-	0.02	-	-
2.C.3 - Producción de aluminio	0.01	-	-	0.02	-	-
2.C.5 - Producción de plomo	0.44	-	-	1.01	-	-
2.D - Uso de productos no energéticos de combustibles y solventes	0.11	-	-	0.07	-	-
2.D.1 - Uso de lubricantes	0.11	-	-	0.072	-	-
2.D.2 - Uso de ceras	4.05*10 ⁻⁴	-	-	0.001	-	-
3 - Agricultura, Silvicultura y Otros usos de la tierra	185.10	40.13	83.08	87.16	37.72	86.40
3.A - Agrícola	-	35.12	14.13	0.00	33.95	16.29
3.A.1 - Fermentación entérica	-	28.73	0	0	27.03	0
3.A.2 - Gestión de estiércol	-	6.38	14.13	0	6.93	16.29
3.B - Tierra	176.21	-	-	78.14	-	-
3.B.1 - Tierras forestales	121.19	-	-	71.27	-	-
3.B.1.a - Tierras forestales que permanecen	125.41	-	-	71.27	-	-
3.B.1.b - Tierras convertidas a tierras forestales	-4.21	-	-	0	-	-
3.B.2 - Tierras de cultivo	0.72	-	-	-0.35	-	-
3.B.2.a - Tierras de cultivo que permanecen	0.10	-	-	-0.44	-	-
3.B.2.b - Tierras convertidas a tierras de cultivo	0.62	-	-	0.08	-	-
3.B.3 - Praderas	46.40	-	-	6.18	-	-
3.B.3.b - Tierras convertidas a praderas	46.40	-	-	6.18	-	-
3.B.4 - Humedales	7.89	-	-	1.05	-	-
3.B.4.b - Tierras convertidas a humedales	7.89	-	-	1.05	-	-
3.B.5 - Asentamientos	0.01	-	-	5.98*10⁻⁴	-	-
3.B.5.b - Tierras convertidas a asentamientos	0.01	-	-	5.98*10 ⁻⁴	-	-
3.C - Fuentes agregadas y emisiones de no CO₂ de la tierra	9.28	5.01	68.96	9.41	3.77	70.11
3.C.1 - Emisiones por quema de biomasa agrícola (Caña de azúcar)	-	5.01	1.92	-	3.77	1.44
3.C.3 - Aplicación de Urea	9.28	-	-	9.41	-	-
3.C.4 - Emisiones directas de N ₂ O de suelos gestionados	-	-	49.65	-	-	50.47
3.C.5 - Emisiones indirectas de N ₂ O de suelos gestionados	-	-	15.95	-	-	16.55
3.C.6 - Emisiones indirectas de N ₂ O de la gestión de estiércol	-	-	1.44	-	-	1.64
3.D - Otros	-0.39	-	-	-0.40	-	-
3.D.1 - Productos de madera recolectada	-0.39	-	-	-0.40	-	-
4 - Residuos	0.37	108.18	1.47	0.50	109.14	1.51
4.A - Disposición de residuos sólidos (Relleno sanitario presidente)	-	58.76	-	-	63.32	-
4.C - Incineración e incineración abierta de residuos	0.37	0.71	0.20	0.50	0.73	0.21
4.C.1 - Incineración de residuos industriales (peligrosos)	0.06	-	-	0.18	-	-
4.C.2 - Incineración abierta de residuos	0.31	0.71	0.20	0.32	0.73	0.21
4.D - Tratamiento y eliminación de aguas residuales	-	48.71	1.27	0.00	45.09	1.30
4.D.1 - Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas	-	4.57	1.27	-	4.69	1.30
4.D.2 - Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales	-	44.14	-	-	40.40	-

Fuente. Elaboración propia

Alianza



6.2. EMISIONES DE GEI EN EL SECTOR ENERGÍA

De acuerdo con las directrices del IPCC (2006e) las emisiones de GEI cuantificadas en el sector energía incluye todas aquellas actividades relacionadas con la Quema de combustibles fósiles (categoría 1A), Emisiones fugitivas provenientes de la fabricación de combustibles (categoría 1B) y Transporte y almacenamiento de CO₂ (categoría 1C), sin embargo, por las particularidades socioeconómicas del municipio de Palmira solo se consideró la categoría 1A. En este sentido se incluyeron las emisiones de GEI asociadas a la quema de combustibles fósiles en Industrias manufactureras y de la construcción (subcategoría 1A2), Transporte aéreo y terrestre (subcategoría 1A3) y Otros sectores (subcategoría 1A4).

En la subcategoría de Industrias manufactureras y de la construcción se contabilizaron a su vez las emisiones de GEI producto de la quema de combustibles fósiles en industrias dedicadas a la producción de hierro y acero, metales no ferrosos, sustancias químicas, pulpa, papel e imprenta, procesamiento de alimentos, bebidas y tabaco, minerales no metálicos, madera y productos de las maderas, textiles y cuero e industrias no especificadas que para efectos del presente inventario se asociaron aquellas industrias dedicadas a la producción plástico y vidrio por no estar dentro del listado de subcategorías considerados por el IPCC (2006d). Para la subcategoría de transporte, se contabilizaron emisiones de GEI relacionadas con el uso de combustibles en el transporte aéreo debido a la actividad generada en el Aeropuerto Alfonso Bonilla Aragón, y transporte terrestre por la presencia de automóviles, camiones para servicio ligero, camiones para servicio pesado y autobuses y motocicletas en el municipio de Palmira. Por otro lado, en la subcategoría Otros sectores se estimaron emisiones de GEI por consumo de combustibles (principalmente gas natural) en establecimientos comerciales, institucionales, residenciales y agrícola en lo que respecta al uso de maquinaria. La Figura 13 muestra la estructura del sector Energía adaptada a las condiciones del municipio de Palmira en lo que respecta a la cuantificación de emisiones de GEI para el año 2010 y 2014.

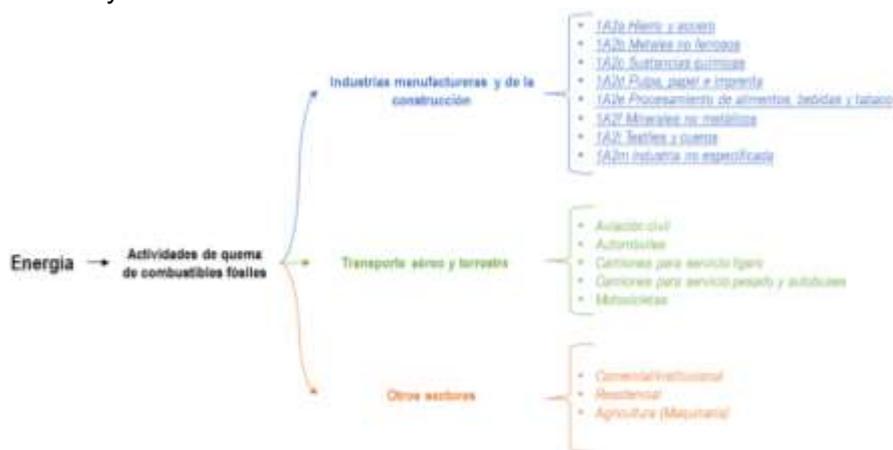


Figura 13. Estructura del sector Energía

Fuente. Elaboración propia

Alianza

Un aspecto a tener en cuenta dentro del conjunto de GEI estimados en el sector energía es que estos corresponden propiamente a la quema de combustibles fósiles sólidos (carbón mineral, madera, bagazo, etc), líquidos (gasolina, ACPM y Jet queroseno) y gaseosos (gas natural) realizada en alguna de las subcategorías indicadas en la Figura 13, y por lo tanto no deben ser confundidas con las emisiones de GEI generadas en el sector IPPU puesto que en este se contabilizan las emisiones de GEI ligadas únicamente a procesos, al igual que tampoco debe confundirse con las emisiones de GEI relacionadas con la quema programada y no programada de cultivos agrícolas (caña de azúcar) o de cualquier otra biomasa que no sea utilizada con fines energéticos puesto que estas se declaran en el sector AFOLU específicamente en la categoría de Fuentes agregadas y emisiones de no CO₂ en la tierra (3C). En este sentido, el conjunto de GEI estimados para el sector Energía involucra principalmente el CO₂, CH₄ y N₂O como se indica en la Tabla 7.

Tabla 7. GEI estimados en el sector Energía

Categoría IPCC	Subcategoría IPCC	GEI directos estimados
1A2. Industrias manufactureras y de la construcción	1A2a. Hierro y acero	CO ₂ , CH ₄ y N ₂ O
	1A2b. Metales no ferrosos	
	1A2c. Sustancias químicas	
	1A2d. Pulpa, papel e imprenta	
	1A2e. Procesamiento de alimentos bebidas y tabaco	
	1A2f. Minerales no metálicos	
	1A2i. Madera y productos de la madera	
	1A2l. Textiles y cuero	
1A3. Transporte aéreo y terrestre	1A2m. Industria no especificada	CO ₂ , CH ₄ y N ₂ O
	1.A.3.a.ii – Aviación civil y de carga	
	1A3bi. Automóviles	
	1A3bii. Camiones para servicio ligero	
	1A3biii. Camiones para servicio pesado y autobuses	
1A4. Otros sectores	1A3biv. Motocicletas	CO ₂ , CH ₄ y N ₂ O
	1A4a. Comercial/Institucional	
	1A4b. Residencial	
	1A4cii. Vehículos de maquinaria agrícola	

Fuente. Elaboración propia

Alianza



De acuerdo con lo anterior, para el sector Energía del municipio de Palmira durante los años 2010 y 2014 se estimaron en total 609,37 Gg CO₂ eq y 755,87 Gg CO₂ eq. En ambos años, la actividad del Transporte aéreo y terrestre contribuyó con 391,36 Gg CO₂ eq y 484,96 Gg CO₂ eq, mientras que las Industrias manufactureras y de la construcción aportaron con 128,69 Gg CO₂ eq y 185,97 Gg CO₂ eq, y en última instancia en la subcategoría de Otros sectores se contabilizaron en total 89,32 Gg CO₂ eq y 84,94 Gg CO₂ eq (Figura 14).

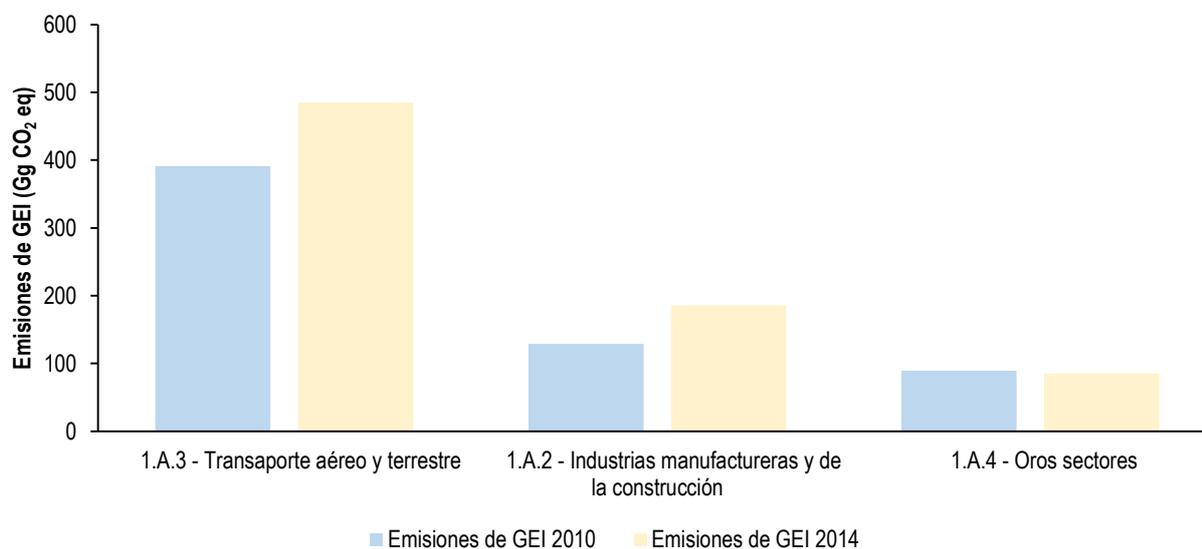


Figura 14. Emisiones de GEI en el sector Energía

Fuente. Elaboración propia

A nivel de subcategoría fuente del sector Energía en Palmira durante el 2010, se observa mediante la Figura 15 que el Transporte aéreo y terrestre es el que más emisiones de GEI genera en el sector puesto que aporta el 64% de las emisiones de GEI; lo cual se asocia con la actividad generada por la aviación civil y de carga en el aeropuerto Alfonso Bonilla Aragón (31%), por la movilización de automóviles (15%), camiones de carga liviana (8%), autobuses y camiones de carga pesada, (7%) y motocicletas (3%). En este punto, es necesario recalcar que el aeropuerto Alfonso Bonilla Aragón fue responsable del 10% de la movilización de pasajeros y de carga realizada durante el 2010 a nivel nacional (361.126) representado en un consumo de combustible Jet queroseno de 89,796 m³; mientras que en este mismo año el tamaño del parque automotor del municipio de Palmira alcanzó un valor de 44.670 unidades de vehículos distribuidos en un 34% por automóviles, 9% por camiones de carga liviana, 6% por autobuses y camiones de carga pesada, 49% por motocicletas y 2,6% por maquinaria agrícola e industrial. En este sentido, el consumo total de combustibles fósiles (gasolina) estimado para el 2010 fue de 106.969 m³ en donde los automóviles consumieron cerca del 36%, camiones de carga ligera el 19%, autobuses y camiones de carga pesada el 17%, motocicletas el 7% y maquinaria agrícola e industrial el 21%.

Alianza



Por otra parte, también se observa que el sector Industrial fue responsable del 21% de las emisiones de GEI generadas en el 2010 en donde las subcategorías Procesamiento de alimentos, bebidas y tabaco, Pulpa, papel e imprenta y Química aportaron el 13%,5% y 2% respectivamente. En este punto cabe indicar, que entre la gran variedad de combustibles fósiles sólidos (carbón coque, carbón mineral), líquidos (aceites usados, Diesel-ACPM), gas (gas natural y gas propano-GLP) y biomasa (Bagazo de caña, Madera) consumidos en cada una de las subcategorías mencionadas anteriormente se contabilizaron en total 1.815 Terajulios (TJ) de energía equivalente, en donde los combustibles sólidos representaron el 59%, líquidos el 11%, gas el 22% y biomasa el 8%.

Finalmente, en la subcategoría de Otros sectores en la que se incluyen las emisiones de GEI generadas por la actividad de establecimientos comerciales e institucionales, residencial y agrícola e industrial por el uso de maquinaria, se determinó que aporta el 15% de las emisiones de GEI correspondiente al sector Energía. En primer lugar, el uso de maquinaria agrícola e industrial representa el 9% como resultado del consumo de 22.491 m³ de gasolina; en segundo lugar, el sector residencial con el 5% debido al uso que tiene el gas natural (8.569.606 m³) y el GLP (6.621 Ton) en labores domésticas asociada a la cocción de alimentos; en tercer lugar, la actividad de establecimientos comerciales e institucionales generó el 1% restante de las emisiones de GEI, el cual se asocia principalmente al consumo de 2.187.589 m³ de gas natural.

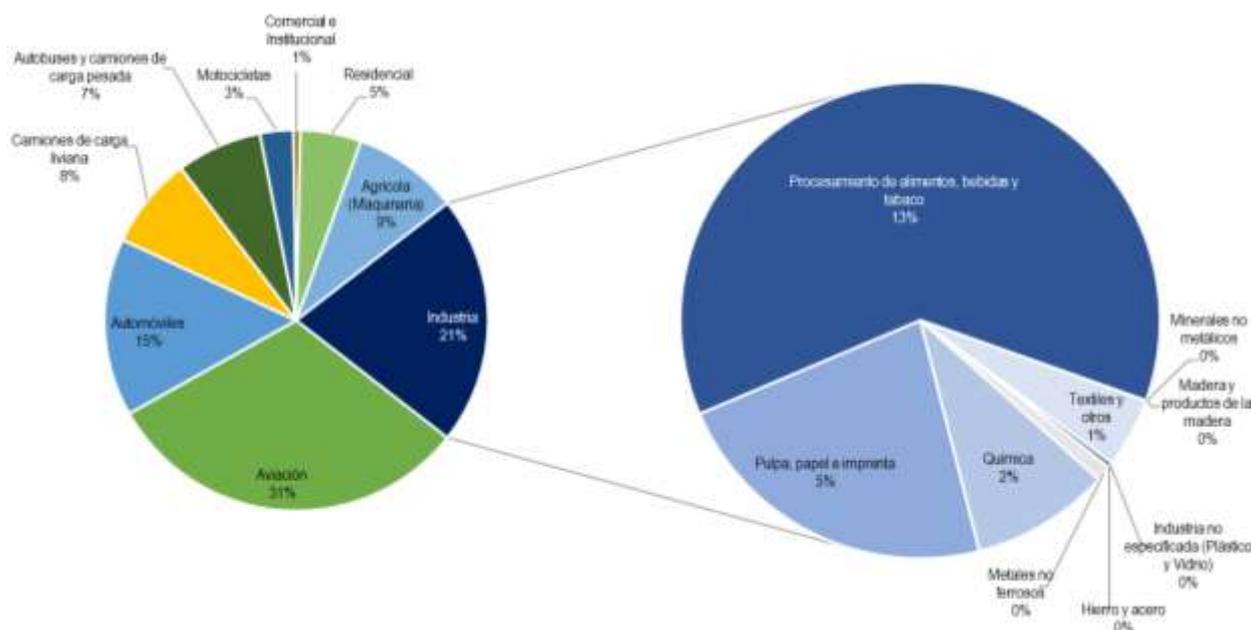


Figura 15. Participación de emisiones de GEI por subcategoría fuente del sector Energía en 2010

Fuente. Elaboración propia

Alianza



En la Figura 16 se observa que para el 2014, las emisiones de GEI generadas por cada una de las subcategorías del sector Energía presentaron una distribución similar a la observada durante el 2010, es decir que continuó manteniéndose las emisiones de GEI por las subcategorías de Transporte aéreo y terrestre, Industrias manufactureras y de la construcción y Otros sectores (Comercial e institucional, Residencial y Maquinaria agrícola e industrial). Puntualmente, las emisiones de GEI generadas por la aviación civil y de carga en el aeropuerto Alfonso Bonilla Aragón alcanzaron el 38% de participación, lo cual se encuentra asociado a un mayor porcentaje (11%) de pasajeros y de carga movilizada durante el 2014 a nivel a nacional (382.197) representado en un consumo de combustible Jet queroseno de 134.621 m³. Por otra parte, las emisiones de GEI asociadas a la actividad del transporte terrestre alcanzaron un grado de participación del 34% puesto que durante el 2014 el tamaño del parque automotor de Palmira alcanzó un valor de 59.307 unidades de vehículos distribuidos en un 26,82% por automóviles, 7,15% por camiones de carga liviana, 2,31% por autobuses y camiones de carga pesada, 61,66% por motocicletas y 2,05% por maquinaria agrícola e industrial. En este sentido, el consumo total de combustibles fósiles (gasolina) estimado para el 2014 fue de 107.099 m³ en donde los automóviles consumieron cerca del 38%, camiones de carga ligera el 20%, autobuses y camiones de carga pesada el 9%, motocicletas el 11% y maquinaria agrícola e industrial el 22%.

Por otra parte, también se observó que el sector Industrial con respecto al 2010 aumentó el valor de sus emisiones en un 4% hasta alcanzar en el año 2014 un 25% de participación, el cual se distribuyó de la siguiente manera: 9% Industria química, 8% Industria de procesamiento de alimentos, bebidas y tabaco, 6% Industria de pulpa, papel e imprenta y el 2% restante en Industria de textiles, metales no ferrosos, hierro y acero entre otros. En este punto cabe indicar, que entre la gran variedad de combustibles fósiles sólidos (carbón coque, carbón mineral), líquidos (aceites usados, Diesel-ACPM), gas (gas natural y gas propano-GLP) y biomasa (Bagazo de caña, Madera) consumidos en cada una de las subcategorías mencionadas anteriormente se contabilizaron en total 3.124 TJ de energía equivalente, en donde los combustibles sólidos representaron el 18%, líquidos el 11%, gas el 67% y biomasa el 4%. Aquí es muy importante resaltar que con respecto al año 2010 el uso de combustibles sólidos y biomasa disminuyó aproximadamente en un 70% y 50% respectivamente, mientras que el uso de combustibles gaseosos se triplicó.

Con respecto a la subcategoría fuente Otros sectores, en la que se incorporan las emisiones de GEI producidas por la actividad de establecimientos comerciales e institucionales, residencial y agrícola e industrial por el uso de maquinaria, se determinó que para el año 2014 contribuyó con el 11% de las emisiones de GEI correspondiente al sector Energía. En primer lugar, el uso de maquinaria agrícola e industrial representó el 7% como resultado del consumo de 23.547 m³ de gasolina; en segundo lugar, el sector residencial con el 3% debido al uso que tiene el gas natural (10.072.319 m³) y el GLP (2.083 Ton) en labores domésticas asociada a la cocción de alimentos,

Alianza



en este punto cabe señalar que con respecto al año 2010 el consumo de GLP disminuyó en un 68.54% mientras que el consumo de gas natural aumentó en un 17.54%.

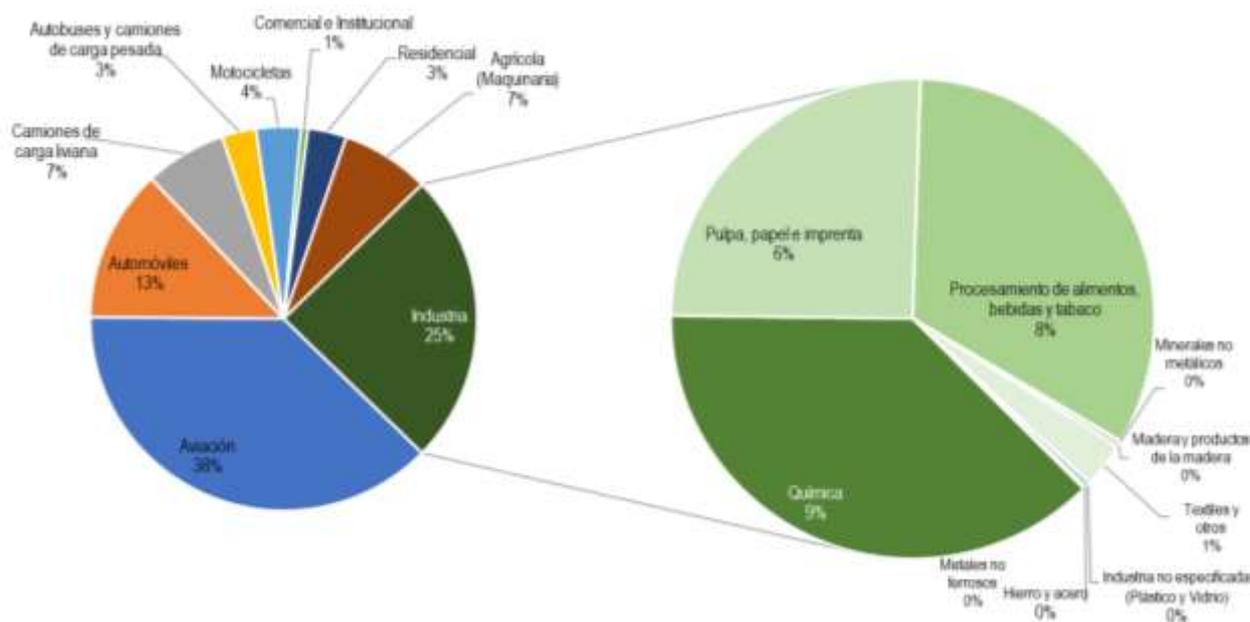


Figura 16. Participación de emisiones de GEI por subcategoría fuente del sector Energía en 2014

Fuente. Elaboración propia

Finalmente cabe indicar que en cuanto al tipo de GEI más generado durante el 2010 y 2014, se observó que el CO₂ es el principal GEI emitido seguido del N₂O y en última instancia del CH₄. De manera general, para el periodo 2010-2014 se determinó que el CO₂ representó el 98% de las emisiones totales de todo el sector. Lo cual es debido principalmente a que durante el proceso de combustión la mayor parte del carbono contenido en los combustibles fósiles se emite en forma de CO₂, mientras que una parte muy pequeña escapa al ambiente en forma de CH₄ (0.4%) y N₂O (0.9%) según el tipo de tecnología utilizada.

Alianza



6.3. EMISIONES DE GEI EN EL SECTOR PROCESOS INDUSTRIALES Y USO DE PRODUCTOS (IPPU)

Las emisiones de GEI estimadas para el sector de Procesos Industriales y Uso de Productos (IPPU) al igual que los sectores anteriores se realizó para los años 2010 y 2014 con base en la metodología propuesta por el IPCC (2006c), teniendo en cuenta que a partir de la información disponible en el municipio se incluyeron las emisiones de GEI asociadas a la Industria de los minerales (categoría 2A), Industria de los metales (categoría 2C) y Uso de productos no energéticos de combustibles y solventes (categoría 2D), tal como se indica en la Figura 17.



Figura 17. Estructura del sector IPPU

Fuente. Elaboración propia

En este sentido, cabe comentar que las emisiones de GEI producidas en este sector corresponden a una variedad de actividades industriales que tienen como principales fuentes de emisión las descargas provenientes de procesos que transforman materias primas por métodos fisicoquímicos tales como los altos hornos de la industria del hierro y el acero, la industria del cemento y el uso de productos no energéticos. Los cuales tienen en común el hecho de ser responsables de emitir al medio ambiente cantidades significativas de CO₂ principalmente y se diferencian del sector anterior (Energía) en cuanto a que no se consideran las emisiones de GEI asociada a la quema o combustión de combustibles fósiles para la producción de energía (Tabla 8).

Alianza

Tabla 8. GEI estimados para el sector IPPU

Categoría IPCC	Subcategoría IPCC	GEI directos estimados
2A. Industria de los minerales	2A1. Producción de cemento	CO ₂
	2A2. Producción de cal	CO ₂
	2A3. Producción de vidrio	CO ₂
	2A4. Otros usos de los carbonatos	CO ₂
2C. Industria de los metales	2C1. Producción de hierro y acero	CO ₂
	2C3. Producción de aluminio	CO ₂
	2C5. Producción de plomo	CO ₂
2D. Uso de productos no energéticos de combustibles y solventes	2D1. Uso de lubricantes	CO ₂
	2D2. Uso de cera y/o parafinas	CO ₂

Considerando lo mencionado anteriormente, se tiene que en el inventario de GEI realizado para el sector IPPU se emitieron durante el 2010 y 2014 aproximadamente 11,38 Gg CO₂ eq y 13,60 Gg CO₂ eq. En ambos casos la categoría que presentó un mayor grado de participación fue la correspondiente a la industria de los minerales (categoría 2A) en donde tienen lugar actividades asociadas a la producción de cemento, cal, vidrio y otros usos de los carbonatos; aquí durante el 2010 se emitieron 10,73 Gg CO₂ eq mientras que en el 2014 se generaron 12,47 Gg CO₂ eq. Por otra parte, la industria de los metales (categoría 2C) durante los mismos años produjo cerca de 0,53 Gg CO₂ eq y 1,06 Gg CO₂ eq. En menor medida, el Uso de productos no energéticos de combustibles fósiles y de solventes (categoría 2D) emitió tanto para el año 2010 como para el 2014 aproximadamente 0,11 Gg CO₂ eq y 0,074 Gg CO₂ eq respectivamente, teniendo en cuenta que en el último año (2014) el consumo de aceites y grasas lubricantes se redujo en un 36.25% (Figura 18).

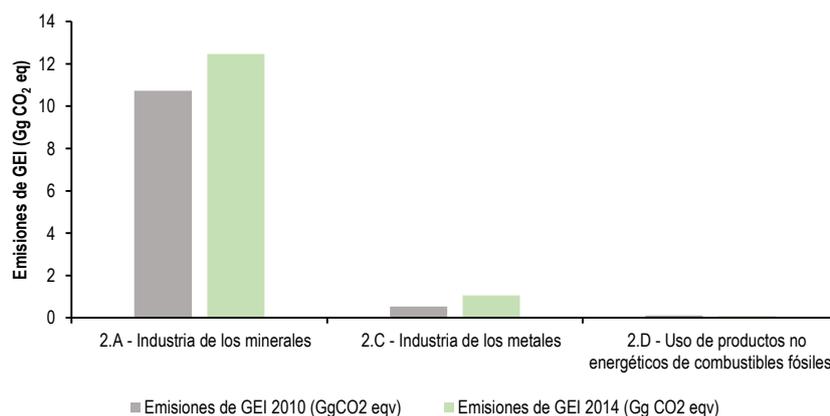


Figura 18. Emisiones de GEI en el sector IPPU

Fuente. Elaboración propia

Alianza



A nivel de subcategorías del sector IPPU, en la Figura 19 se observa que para el año 2010 y 2014 el perfil de emisiones de GEI no presentó variaciones considerables en el sentido de que la producción de cemento siguió manteniéndose como la principal actividad emisora de CO₂, seguido en menor medida por la producción de cal y vidrio. Durante el año 2010, la producción de cemento y vidrio generó cerca de 7.88 Gg CO₂ eq y 1.11 Gg CO₂ eq mientras que para el 2014 cada una de estas subcategorías incrementaron sus emisiones en un 11,42% (8.78 Gg CO₂ eq) y 9,91% (1.22 Gg CO₂ eq), lo cual cabe mencionar que obedece a que durante el 2010 la producción de cemento (gris y blanco) y de vidrio fue de 20.217 Ton y 5.274 Ton, en tanto que para el 2014 la producción aumentó a 22.524 Ton y 5.804 Ton respectivamente. Para el caso de la producción de cal no se observaron variaciones considerables (0.3%) en las emisiones de GEI puesto que el valor de producción se mantuvo casi constante entre el 2010 (2.030 Ton) y 2014 (2.024 Ton.)

Un comportamiento similar fue observado en otras subcategorías emisoras de GEI del sector IPPU, en este caso tanto para la producción de plomo y otros usos de carbonatos (carbonato de calcio y sodio) durante el 2010, las emisiones de GEI fueron de 0,44 Gg CO₂ eq y 0,22 Gg CO₂ eq correspondiente a un porcentaje de participación del 4% y 2% respectivamente. Para el 2014 en estas mismas categorías las emisiones de GEI incrementaron o duplicaron sus valores a 1,01 Gg CO₂ eq y 0,94 Gg CO₂ eq, representado en una contribución del 7,45% y 6,92% respectivamente. Cada uno de los incrementos observados en las emisiones de GEI reflejan de cierta manera una mayor producción de plomo y uso de carbonatos para suplir necesidades del mercado, debido a que durante el periodo 2010-2014 la producción de plomo pasó de 845 Ton a 1.949 Ton, mientras que el uso de carbonatos aumentó de 528 Ton a 2.265 Ton.

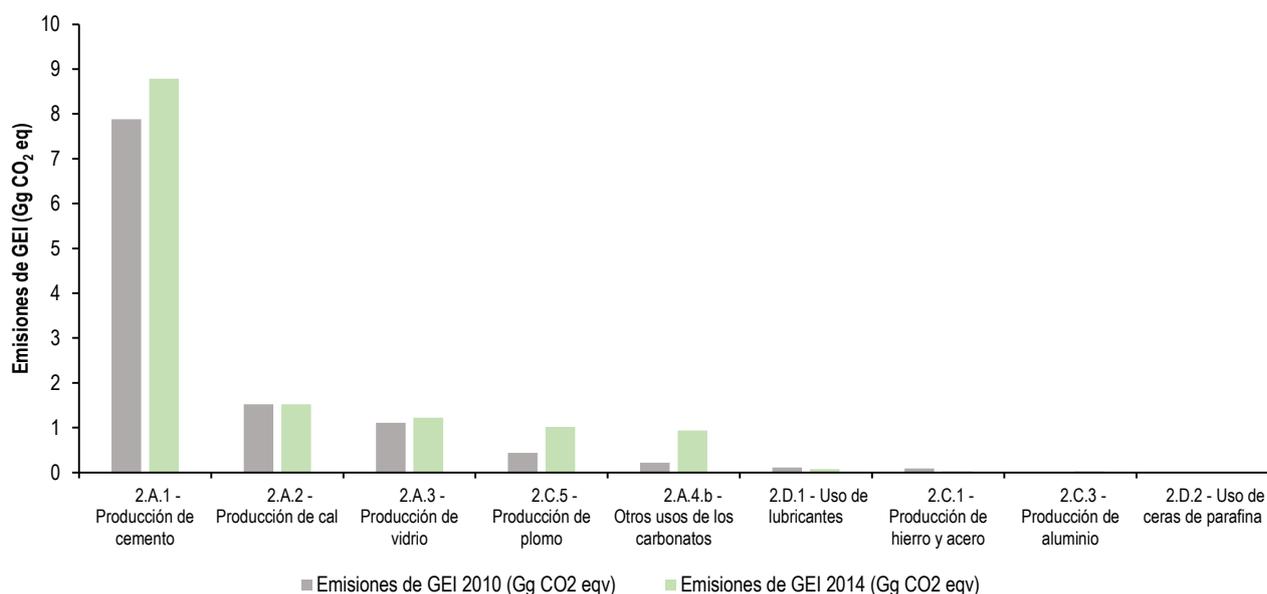


Figura 19. Emisiones de GEI a nivel de subcategorías del sector IPPU durante el 2010 y 2014

Fuente. Elaboración propia

Alianza



6.4. EMISIONES DE GEI EN EL SECTOR AGRICULTURA, SILVICULTURA Y OTROS USOS DEL SUELO (AFOLU)

De acuerdo con el IPCC (2006) las emisiones de GEI del sector AFOLU se generan como producto de la actividad realizada por el Ganado (categoría 3A), Uso de la tierra (categoría 3B) y Fuentes agregadas y fuentes de emisión no CO₂ de la tierra (categoría 3C). Aquí, tanto la categoría 3A como la 3C representan una “radiografía” en cuanto a las emisiones de GEI de todas aquellas actividades agrícolas y pecuarias directamente, exceptuando las relacionadas con el uso y cambio de uso de tierra de cultivo y pastizales las cuales por lo general se contabilizan en la categoría 3B debido a que en esta última se estiman las emisiones y absorciones asociadas a la pérdida o ganancia de carbono por la remoción o crecimiento de la biomasa vegetal, la materia orgánica muerta y los suelos que se dan en diferentes categorías de uso de la tierra y la dinámica de cambios que se dan entre estas.

En este sector, los flujos de CO₂ 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. Y se emite N₂O fundamentalmente de los ecosistemas como subproducto de la nitrificación y la desnitrificación, mientras que se genera el CH₄ mediante 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 la materia orgánica o biomasa (IPCC, 2006g).

En este sentido, en la categoría 3A se cuantifican todas las emisiones directas de CH₄ y N₂O provenientes de las especies de ganado que registren en un lugar determinado, para lo cual, se considera poblaciones de ganado bovinos, bufalinos, ovinos, caprinos, equinos, porcinos y aves entre otros. Por otro lado, en la categoría 3B se estiman las emisiones y absorciones en tierras permanentes y cambios en el uso de la tierra que se dan entre 6 categorías de uso (Tierras Forestales, Tierras de Cultivo, Pastizales, Humedales, Asentamientos y Otras Tierras). Estas emisiones y absorciones son derivadas de los cambios en las existencias del carbono contenido en la biomasa aérea y subterránea, la materia orgánica muerta y el carbono orgánico de suelos orgánicos y minerales. Por último, en la categoría 3C se determinan todas aquellas emisiones de GEI no CO₂ por quema de biomasa, las emisiones de CO₂ por aplicación de Urea en los cultivos, las emisiones directas e indirectas de N₂O proveniente de los suelos gestionados y los sistemas de gestión de estiércol, entre otros.

La Figura 20 muestra la estructura del sector AFOLU adaptada a las condiciones del municipio de Palmira entre los años 2010 y 2014 de acuerdo con la información disponible en lo que respecta a la categoría de Ganado (3A), Tierra (3B) y Fuentes agregadas y fuentes de emisión no CO₂ de la tierra (3C).

Alianza



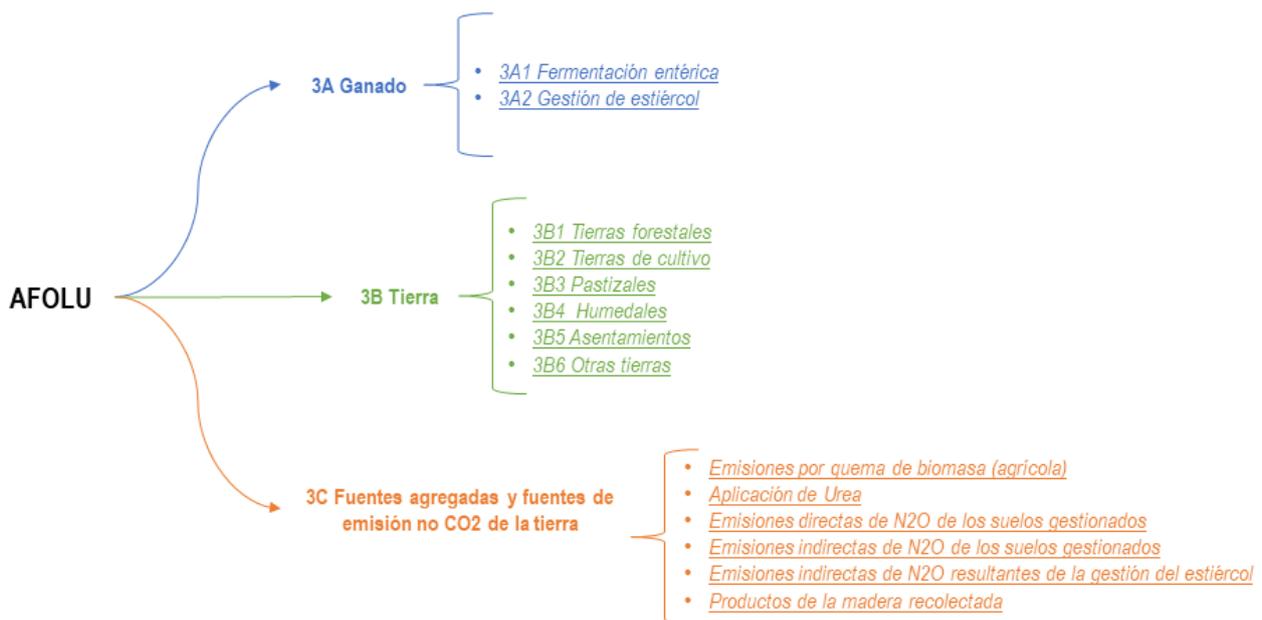


Figura 20. Estructura del sector AFOLU

Fuente. Elaboración propia

Con base en todo lo mencionado anteriormente, se sintetiza en la Tabla 9 a nivel de categoría y subcategoría IPCC los diferentes tipos de GEI contabilizados en el sector AFOLU.

Tabla 9. GEI estimados para el sector AFOLU

Categoría IPCC	Subcategoría IPCC	GEI directos estimados
3A. Ganado	3A1. Fermentación entérica	CH ₄
	3A2. Gestión de estiércol	CH ₄ y N ₂ O
3B. Tierra	3B1. Tierras forestales	CO ₂
	3B.2 Tierras de cultivo	CO ₂
	3B.3 Pastizales	CO ₂
	3B.4 Humedales	CO ₂
	3B.5 Asentamientos	CO ₂
	3B.6 Otras tierras	CO ₂
3C. Fuentes agregadas y emisiones no CO₂ provenientes de la tierra	3C.1 Emisiones por quema de biomasa agrícola	CH ₄ , N ₂ O
	3C.3 Aplicación de Urea	CO ₂
	3C4. Emisiones directas de N ₂ O de suelos gestionados	N ₂ O
	3C5. Emisiones indirectas de N ₂ O de suelos gestionados	N ₂ O
	3C6. Emisiones indirectas de N ₂ O de gestión de estiércol	N ₂ O

Alianza

Las emisiones netas de GEI cuantificadas para el sector AFOLU del municipio de Palmira durante los años 2010 y 2014 fueron iguales a 308.32 Gg CO₂ eq y 211.27 Gg CO₂ eq respectivamente. Para el primer año (2010) la categoría que más emisiones de GEI generó fue la de Tierra (3B) con un valor de emisiones netas de 176.22 Gg CO₂ eq, seguida por la categoría de Fuentes agregadas y emisiones de no CO₂ de la tierra (3C) con 83.25 Gg CO₂ eq y en menor medida por las emisiones de GEI del sector Ganado (3A) con 49.25 Gg CO₂ eq. Por otro lado, en el segundo año (2014) las emisiones de GEI para estas mismas categorías (3B,3C y 3A) fueron de manera respectiva iguales a 78.14 Gg CO₂ eq, 83.29 Gg CO₂ eq y 50.24 Gg CO₂ eq (Figura 21).

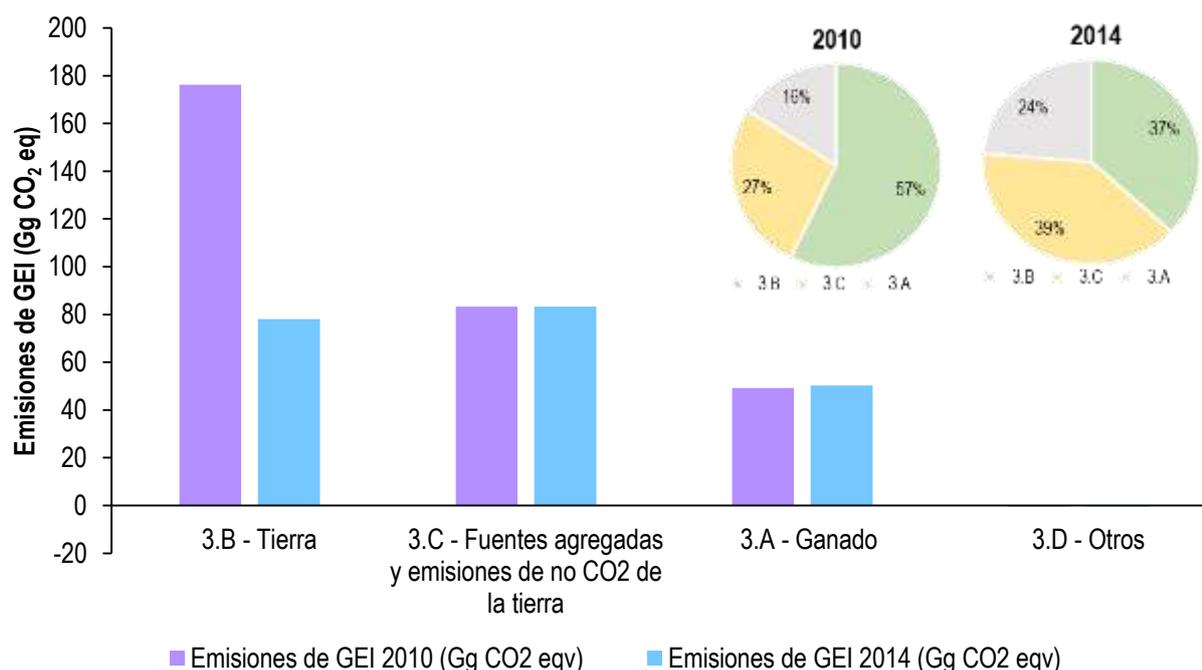


Figura 21. Emisiones de GEI en el sector AFOLU

Fuente. Elaboración propia

El contraste de lo observado en la Figura 21, en cuanto a la participación de la categoría Tierra en las emisiones de GEI del sector AFOLU para el año 2010 (57%) y 2014 (37%) se asocia en primer lugar a procesos de extracción de leña para consumo por la población rural y remociones de plantaciones forestales en Tierras forestales que permanecen; en segundo lugar, a procesos de deforestación determinados por el cambio de cobertura de bosque (natural) a cultivos agrícolas (transitorios, permanentes, mosaicos), praderas (pastos, vegetación secundaria, arbustos, herbazales), humedales (superficies de agua, vegetación acuática) y asentamientos (áreas urbanizadas); en tercer lugar, a la cosecha y crecimiento de cultivos agrícolas permanentes; y en cuarto lugar, a procesos de regeneración definidos por el cambio de cobertura de cultivos agrícolas

Alianza



(transitorios, permanentes, mosaicos), praderas (pastos, vegetación secundaria, arbustos, herbazales), humedales (superficies de agua, vegetación acuática) y asentamientos (áreas urbanizadas) a bosque natural como se indica en la Figura 22; en donde cabe señalar que los valores positivos y negativos de las ordenadas constituyen emisiones o absorciones netas de GEI asociadas al consumo de leña, remociones de plantaciones comerciales, deforestación y cosecha de cultivos, de plantaciones forestales y regeneración del bosque natural.

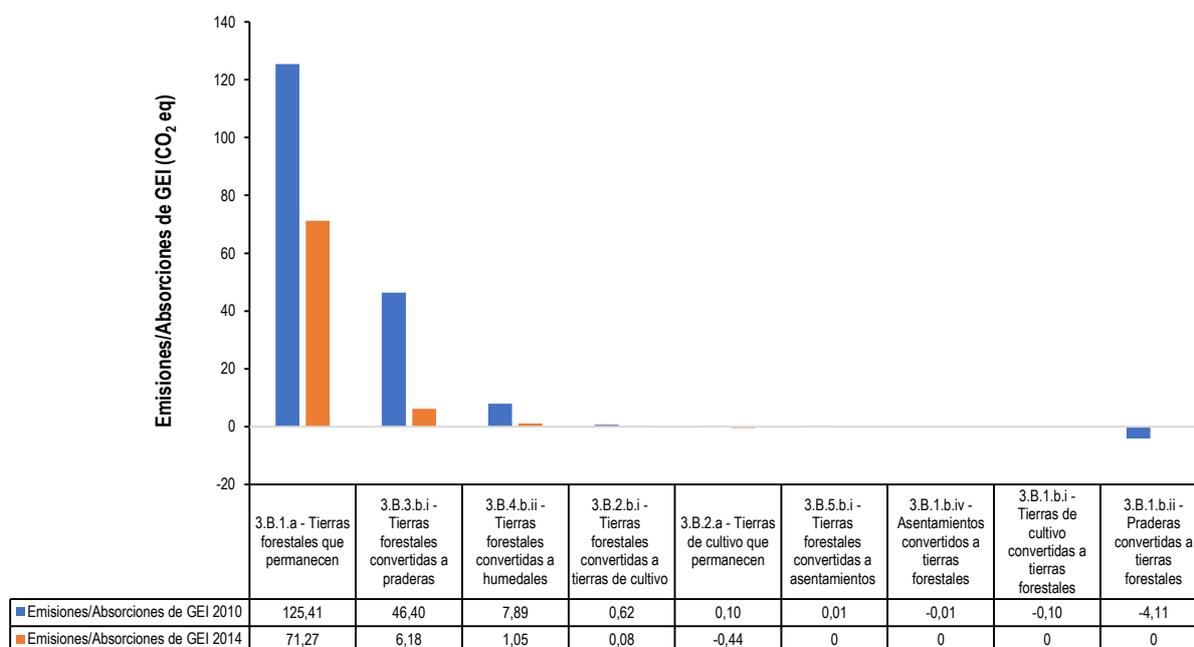


Figura 22. Cambios de coberturas asociadas a procesos de deforestación en el municipio de Palmira durante el 2010 y 2014

Fuente. Elaboración propia

Para tratar de comprender de una mejor manera el comportamiento de las emisiones de GEI en la subcategoría de Tierras forestales que permanecen (3.B.1.a) sobre todo lo relacionado con la dinámica del consumo de leña por la población rural y el aprovechamiento de plantaciones forestales en Palmira, se muestra a través de la Figura 23 que con el tiempo ambos factores han ido disminuyendo en el municipio posiblemente por razones asociadas a la sustitución de combustibles a base de biomasa (leña) por otros más eficientes como el gas natural o GLP en la población rural principalmente para la cocción de alimento, tal cual como se evidencia en las encuestas de calidad de vida (ECV) realizada por el Departamento Administrativo de Estadística (DANE) en el Valle del Cauca en donde se evidencia que el porcentaje de la población rural que consume leña pasó de un 21% en 2011 a un 14% en 2014 y que por el contrario el consumo de gas natural aumentó de un 13% en el primer año (2010) a un 31% en el segundo (2014). En tanto

Alianza



que, con el aprovechamiento de plantaciones forestales se ha observado una dinámica similar en donde para el año 2014 disminuyó en un 47,35% con respecto al volumen de plantaciones forestales aprovechadas en 2010 (16.607 m³).

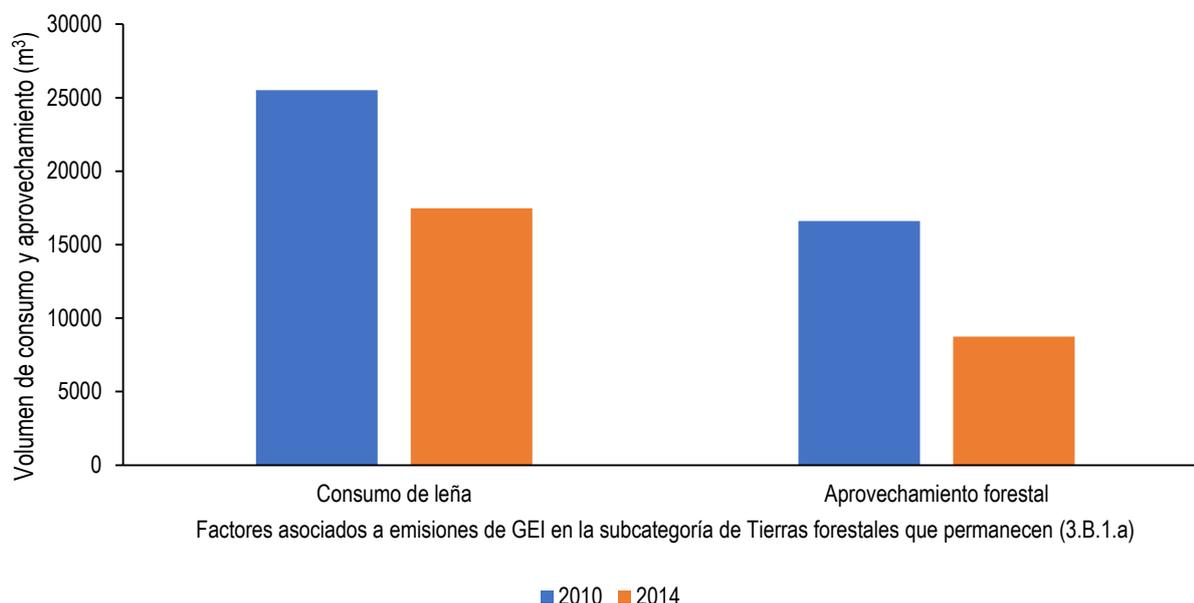


Figura 23. Dinámica del consumo de leña y aprovechamiento forestal en Palmira durante el 2010 y 2014

Fuente. Elaboración propia

Por otra parte, en cuanto al entendimiento de la dinámica de la deforestación asociada a los diferentes cambios de cobertura de bosque natural a otras coberturas (Tierras de cultivo, Praderas, Humedales y Asentamientos) en el municipio de Palmira durante el 2010 y 2014, cabe mencionar que con base en la información suministrada por el Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMBYC) la tasa de deforestación pasó de 276 Ha. Año⁻¹ a 37 Ha. Año⁻¹ correspondientes a unas emisiones de 8.52 Gg CO₂ eq y 1.13 Gg CO₂ eq respectivamente, en donde aproximadamente el 61% del cambio de cobertura se dio hacia la vegetación secundaria, el 19% hacia pastos, el 5% hacia superficies de agua, entre otros (Figura 24). De igual manera, en la conversión de praderas (92%), tierras de cultivo (2%) y humedales (6%) a bosque natural (regeneración) se estimó para el año 2010 una tasa de regeneración de 377 Ha. Año⁻¹ equivalentes a unas absorciones de GEI de -4.21 Gg CO₂ eq, mientras que para el año 2014 esta fue igual a cero por lo que no hubo absorciones de GEI asociadas a este tipo de procesos (Figura 25).

Alianza



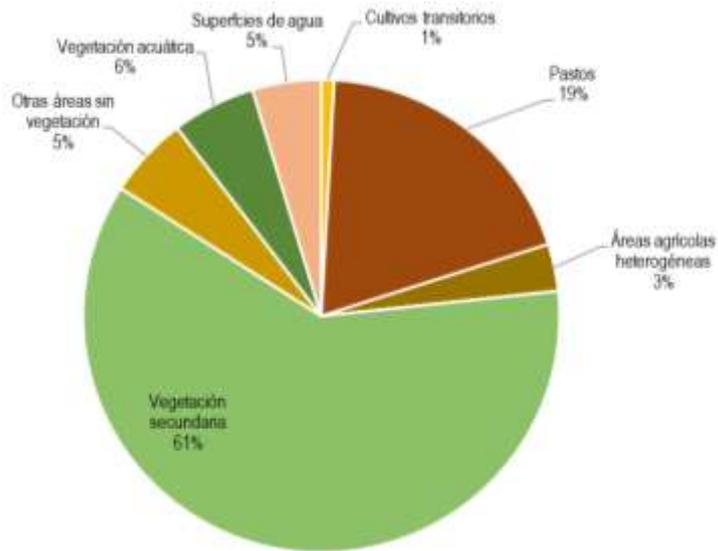


Figura 24. Cambios de cobertura asociados a procesos de deforestación

Fuente. Elaboración propia

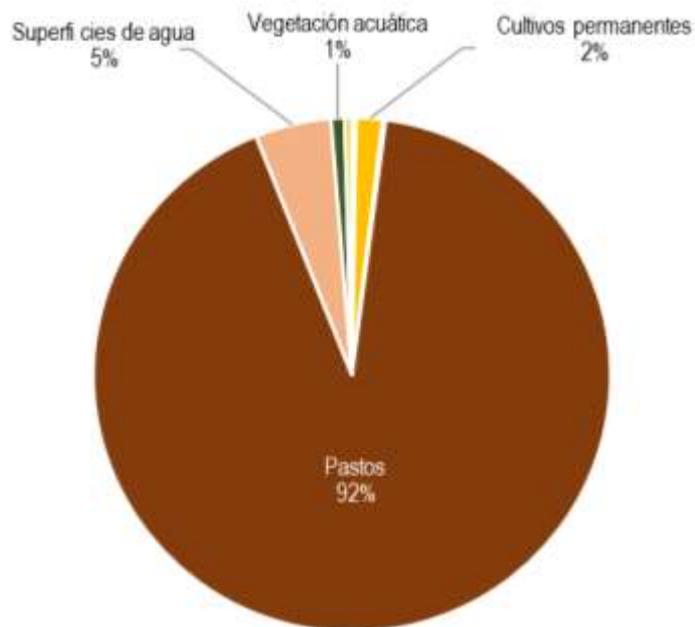


Figura 25. Cambios de cobertura asociados a procesos de regeneración

Fuente. Elaboración propia

Alianza

Con respecto a la categoría de Fuentes agregadas y emisiones de no CO₂ en la tierra cabe mencionar que alcanzó un grado de participación en el inventario del sector AFOLU de 2010 y 2014 del 27% (83.25 Gg CO₂ eq) y 39% (83.29 Gg CO₂ eq) respectivamente (Figura 21). En esta categoría las Emisiones directas e indirectas de N₂O de suelos gestionados (Figura 26) fueron las más importantes puesto que de manera conjunta representaron cerca del 80% de participación de las emisiones logradas entre el 2010 y 2014 gracias a que dentro de estas dos subcategorías (3.C.4 y 3.C.5) tiene lugar por un lado, el efecto directo de la aplicación de fuentes nitrogenadas asociadas a fertilizantes sintéticos, estiércol y orina del ganado, mientras que por el otro, el efecto indirecto de la volatilización y lixiviación del nitrógeno aplicado en cada uno de los casos.

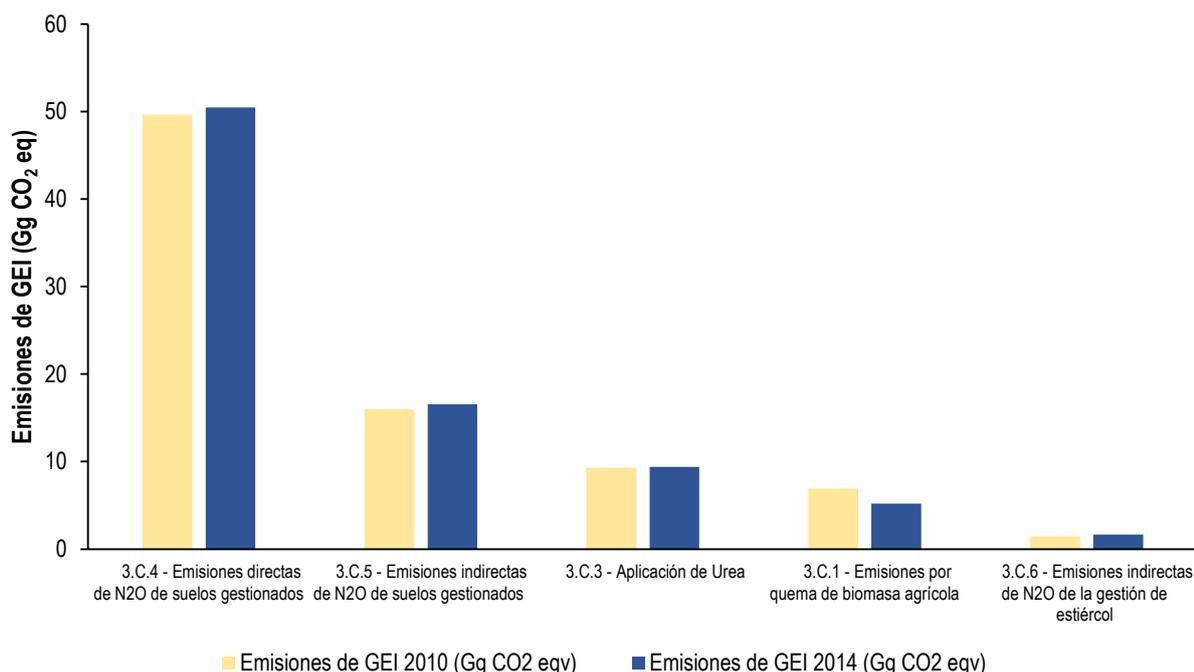


Figura 26. Emisiones de GEI en la categoría Fuentes agregadas y emisiones de no CO₂ en la tierra en Palmira durante el 2010 y 2014

Fuente. Elaboración propia

Teniendo en cuenta la poca variación observada entre las emisiones directas e indirectas de N₂O de suelos gestionados entre el 2010 y 2014, se muestra mediante la Figura 32 que para el último año de inventario (2014) las emisiones directas de N₂O se explican en un 58% por la aplicación de fertilizantes sintéticos, 23% por el estiércol del ganado y 19% por la orina del ganado, mientras que en las emisiones indirectas de N₂O los procesos de volatilización y lixiviación son responsable del 38% y 6% respectivamente (Figura 27).

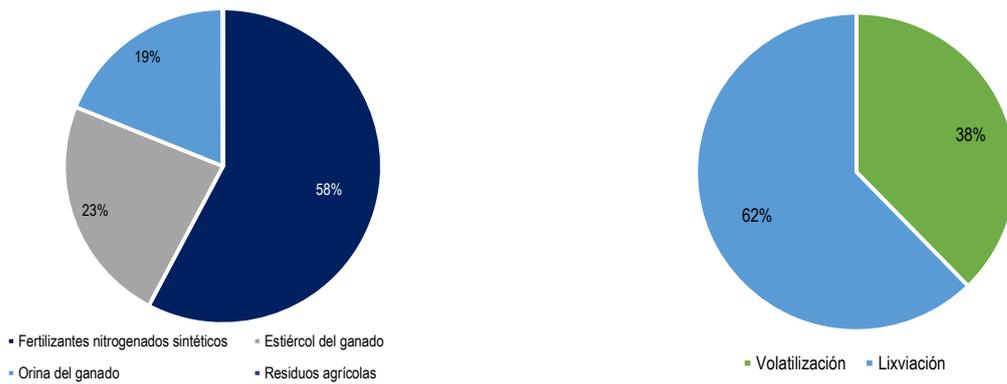


Figura 27. Factores asociados a emisiones directas e indirectas de N₂O en suelos gestionados en Palmira durante el año 2014

Lo anterior es muy importante tenerlo en cuenta puesto que se identificó que influye sobre la magnitud de las emisiones de GEI asociadas a la aplicación de Urea (3.C.3) en cultivos agrícolas, donde para el 2014 las emisiones presentaron un crecimiento del 1.40% con respecto al valor alcanzado en el año 2010 (9.28 Gg CO₂ eq), en este punto vale la pena mencionar que para la subcategoría 3.C.3 el tipo de GEI cuantificado es el CO₂ debido a que durante la fertilización se genera cierta pérdida de CO₂ fijado durante el proceso de producción industrial. La urea (CO(NH₂)₂) en presencia de agua y de ciertas enzimas (ureasa) se convierte en amonio (NH₄⁺), ión hidroxilo (OH⁻) y bicarbonato (HCO₃⁻), y de manera similar a la reacción del suelo cuando se le agrega cal, el HCO₃⁻ formado termina convirtiéndose en CO₂ y agua. Tanto para el año 2010 como para el 2014 aproximadamente el 98% de la urea se aplicó a cultivos de caña de azúcar cuya extensión para ambos años fue igual a 35.364 y 35.624 hectáreas respectivamente, por lo que se deduce que la fertilización de cultivos de caña con urea representa el factor de mayor relevancia en cuanto al proceso de estimación de emisiones de GEI de la subcategoría 3.C.3 tal como se muestra en la Figura 28 y Figura 29.

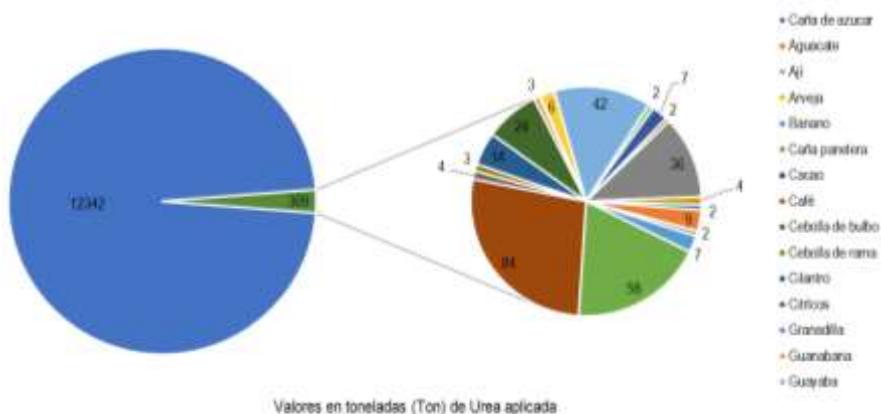


Figura 28. Toneladas de Urea aplicada en cultivos agrícolas en Palmira durante el año 2010
Fuente. Elaboración propia

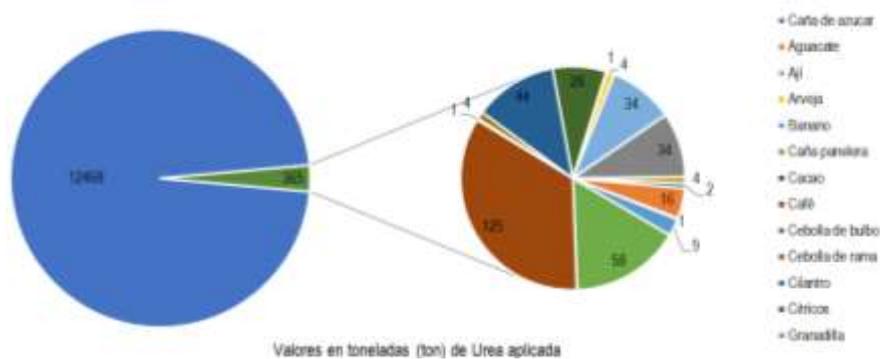


Figura 29. Toneladas de Urea aplicada en cultivos agrícolas en Palmira durante el año 2014
Fuente. Elaboración propia

Considerando la extensión de los cultivos de caña de azúcar que presenta el municipio de Palmira y las diferentes prácticas agrícolas para su gestión y cosecha (quema programada y no programada) se determinaron las emisiones de GEI asociadas a este tipo de práctica, emisiones que se contabilizaron bajo la subcategoría 3.C.1 (Emisiones por quema de biomasa agrícola) y cuyos resultados mostraron que para el año 2010 se generaron cerca de 6.93 Gg CO₂ eq mientras que para el año 2014 las emisiones se redujeron en un 25% (5.21 Gg CO₂ eq) con respecto a 2010, esto debido en gran parte a las extensiones de caña quemada para ambos años fueron iguales a 17.000 y 12.780 hectáreas respectivamente. Por otro lado, cabe señalar que para esta subcategoría solo se estimaron las emisiones de GEI asociadas a CH₄ y N₂O (emisiones no CO₂ de la tierra) puesto que de acuerdo con las directrices del IPCC (2006a) las emisiones de CO₂ no se declaran porque se supone que el carbono liberado durante el proceso de combustión se reabsorbe por la vegetación durante la siguiente temporada de crecimiento. En este sentido, se presenta mediante la Figura 30 la cantidad de emisiones de GEI no CO₂ (CH₄ y N₂O) por la quema de caña de azúcar en el municipio de Palmira.

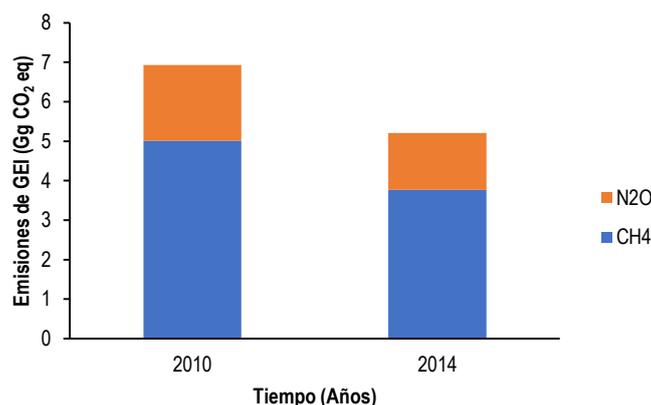


Figura 30. Emisiones de GEI no CO₂ por la quema de caña de azúcar en Palmira
Fuente. Elaboración propia

Alianza



Por último, para la categoría de Ganado se determinaron emisiones de GEI iguales a 49.25 Gg CO₂ eq y 50.24 Gg CO₂ eq para cada uno de los años analizados. La desagregación de cada una de estas emisiones de GEI a nivel de subcategoría fuente (Fermentación entérica y Gestión de estiércol) se representa por medio de la Figura 31.

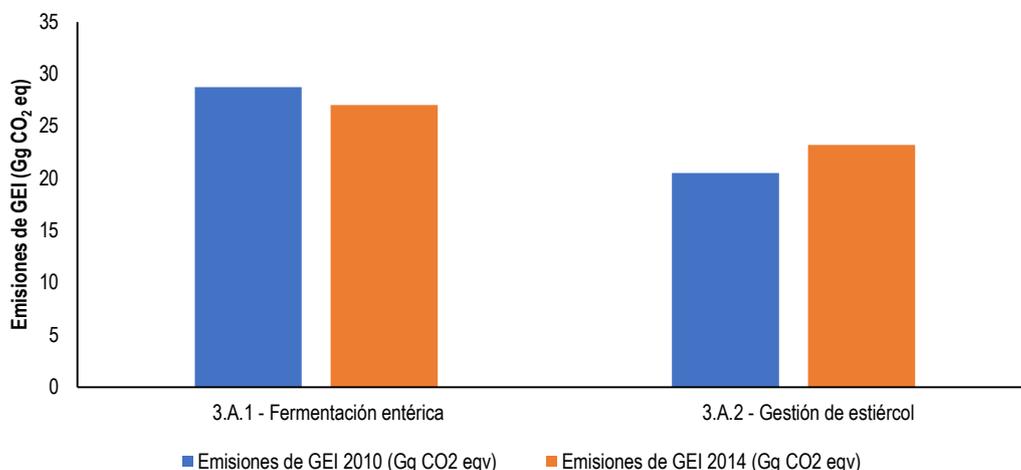


Figura 31. Emisiones de GEI en la categoría Ganado en Palmira durante el 2010 y 2014

Fuente. Elaboración propia

Para el año 2010 las emisiones de CH₄ por fermentación entérica representaron el 58% de participación (28.73 Gg CO₂ eq) en tanto que para el año 2014 estas disminuyeron en un 5.92% (27.03 Gg CO₂ eq) debido principalmente a que la población de ganado bovino (lechero y no lechero) pasó de 23.164 cabezas en 2010 (25.76 Gg CO₂ eq) a 20.584 cabezas en 2014 (23.86 Gg CO₂ eq), traducido una disminución del 2% en las emisiones de GEI (CH₄) como se indica en la Figura 32 y Figura 33.

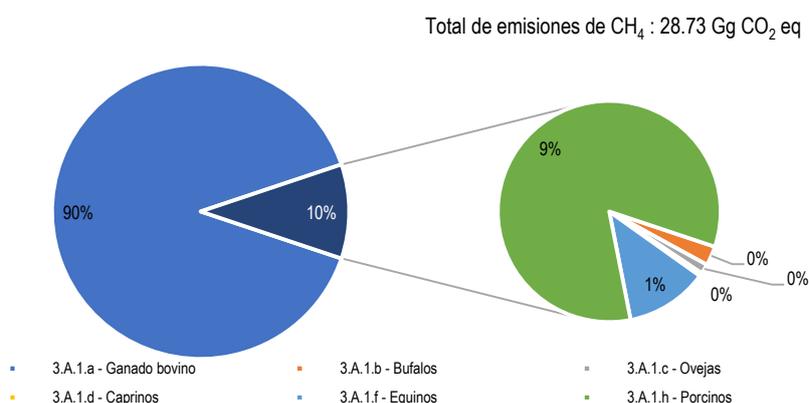


Figura 32. Participación en las emisiones de GEI (CH₄) por fermentación entérica de especies pecuarias en Palmira en 2010

Fuente. Elaboración propia

Alianza



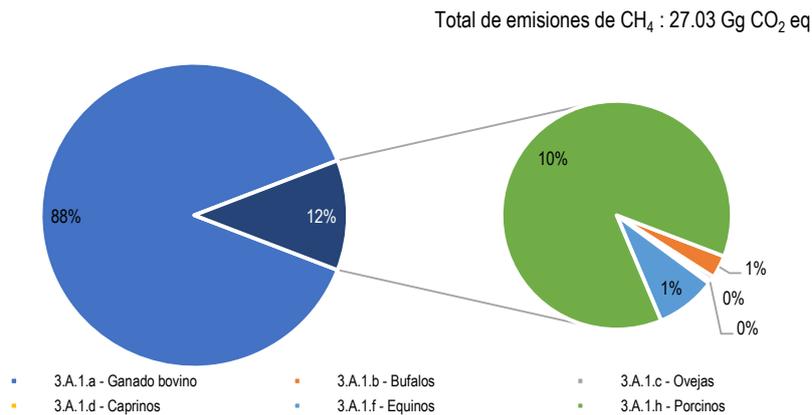


Figura 33. Participación en las emisiones de GEI (CH₄) por fermentación entérica de especies pecuarias en Palmira en 2014

Fuente. Elaboración propia

En cuanto a las emisiones de GEI por la gestión de estiércol se observó que para el 2014 estas se incrementaron en un 13.21% en relación a las emisiones de GEI generadas en 2010 (20.51 Gg CO₂ eq). Cabe mencionar, que en esta subcategoría se estiman tanto las emisiones directas de CH₄ como las emisiones directas de N₂O derivadas del uso o implementación de sistemas para gestionar el estiércol y la orina generada por cada una de las especies pecuarias identificadas en el municipio de Palmira. En este sentido, para los dos años de inventarios se observó que en promedio el 30% de las emisiones corresponden a CH₄ y el 70% a N₂O (Figura 34).

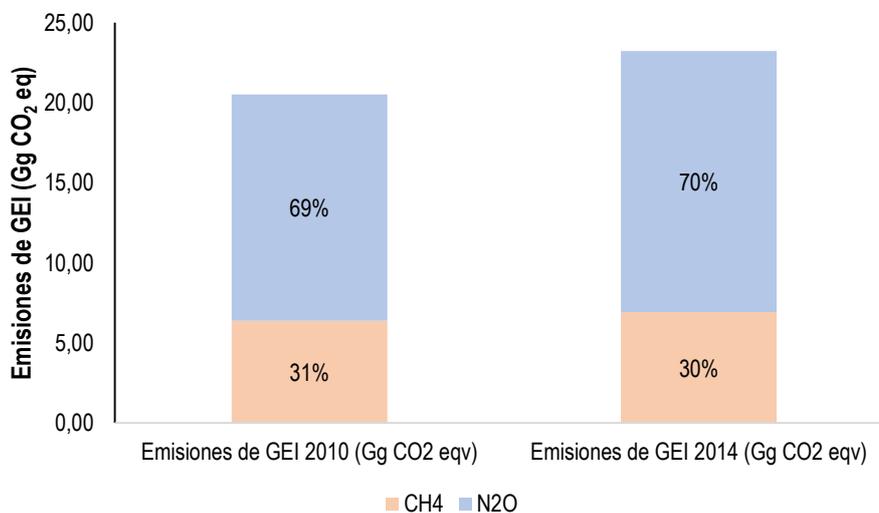


Figura 34. Participación de emisiones de CH₄ y N₂O por la gestión de estiércol de especies pecuarias en Palmira durante el 2010 y 2014

Fuente. Elaboración propia

Alianza

Un aspecto muy importante que vale resaltar en cuanto a la comprensión del comportamiento de las emisiones de CH₄ y N₂O por la gestión de estiércol en el municipio de Palmira es que dentro de esta subcategoría cobra mayor importancia o relevancia la población de especies pecuarias distintas al ganado bovino (lechero y no lechero) tales como porcinos y aves, puesto que de acuerdo con las directrices del IPCC (2006b) solo el 5% y 7% de la orina y estiércol generado por bovinos se maneja a través de sistemas de gestión de estiércol relacionados con camas de engorde y lagunas anaerobias mientras que el 95% y 93% restante se maneja a través de pasturas, por lo que las emisiones de CH₄ y N₂O asociada a esta categoría de ganado (Bovino) resultan ser menores en comparación a las emisiones generadas por porcinos, aves, equinos, entre otros., las cuales son las que jalonan o explican el incremento de las emisiones de GEI en la subcategoría de gestión de estiércol. La Figura 35 y Figura 36 se muestran los porcentajes de participación referentes a las emisiones de CH₄ por las distintas especies pecuarias de Palmira.

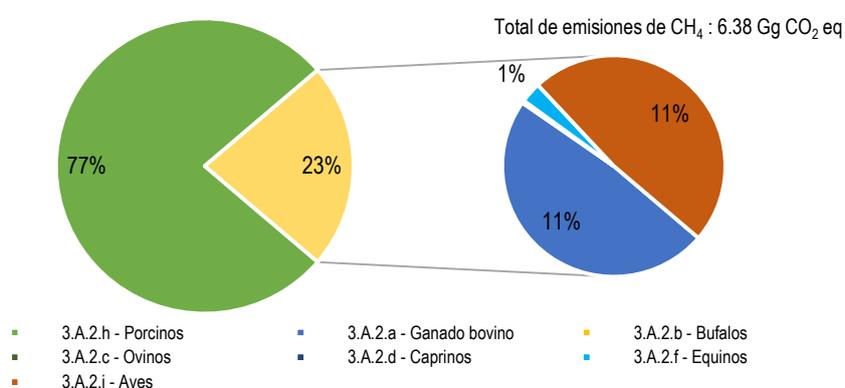


Figura 35. Participación en emisiones de CH₄ generadas por la gestión de estiércol de especies pecuarias de Palmira en 2010

Fuente. Elaboración propia

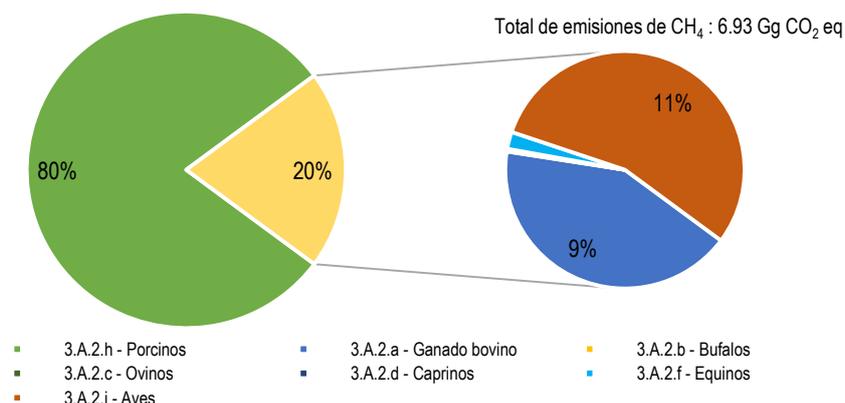


Figura 36. Participación en emisiones de CH₄ generadas por la gestión de estiércol de especies pecuarias de Palmira en 2014

Fuente. Elaboración propia

Alianza



De manera similar, mediante la Figura 37 y Figura 38 se indican las contribuciones de cada una de las especies pecuarias existentes en el año 2010 y 2014 en el municipio de Palmira a las cuales se les asocia el incremento observado en las emisiones de N₂O en la subcategoría gestión de estiércol.

Total de emisiones de N₂O: 14.13 Gg CO₂ eq

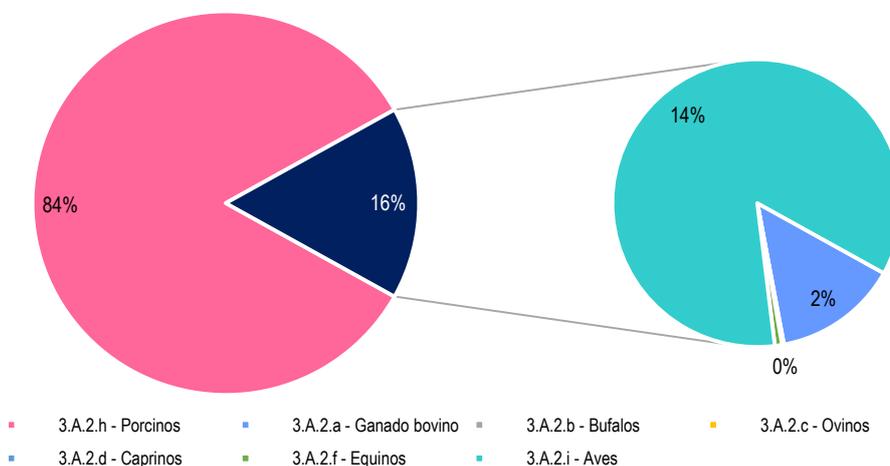


Figura 37. Participación en emisiones de N₂O generadas por la gestión de estiércol de especies pecuarias de Palmira en 2010

Fuente. Elaboración propia

Total de emisiones de N₂O : 16.29 Gg CO₂ eq

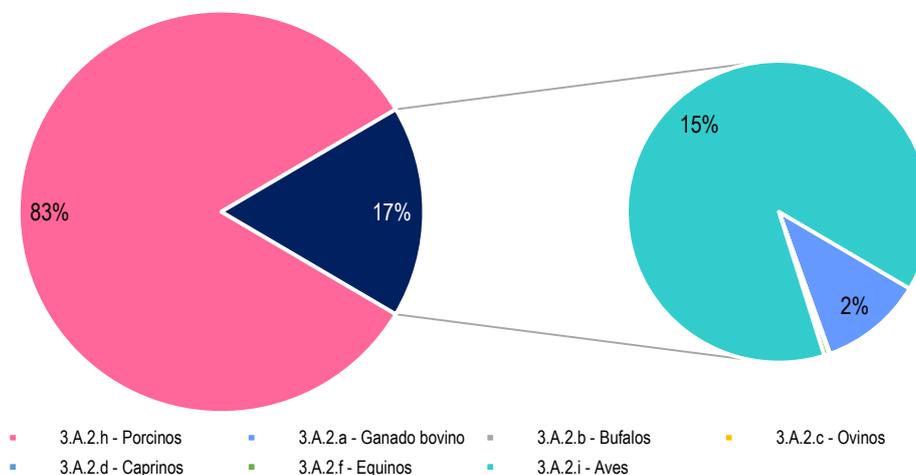


Figura 38. Participación en emisiones de N₂O generadas por la gestión de estiércol de especies pecuarias de Palmira en 2014

Fuente. Elaboración propia

Alianza



6.5. EMISIONES DE GEI EN EL SECTOR RESIDUOS

Las emisiones de GEI estimadas para el sector residuos del municipio de Palmira se realizó para los años 2010 y 2014 con base en la metodología propuesta por el IPCC (2006), el cual corresponde al volumen 5 y comprende cuatro categorías que relacionan las emisiones de GEI por Eliminación de Residuos Sólidos (categoría 4A), Tratamiento biológico de residuos sólidos (categoría 4B), Incineración e incineración abierta de residuos (categoría 4C) y Tratamiento y eliminación de aguas residuales (categoría 4D) tal como se presenta en la Figura 39.



Figura 39. Estructura del sector Residuos

Fuente. Elaboración propia

En el sector Residuos se contabilizan las emisiones de CH₄, N₂O y CO₂ producto de las actividad realizada en cada una de las cuatro categorías indicadas en la Figura 39; la generación de CH₄ tiene lugar por ejemplo en la descomposición anaerobia de residuos sólidos y líquidos que ocurre por la disposición de residuos sólidos en sitios de disposición final y por lo general representa la fuente de emisión más importante del sector Residuos, mientras que durante el tratamiento biológico de aguas residuales domésticas e industriales a través de tecnologías anaerobias (reactor UASB, filtro anaerobios, lagunas anaerobias, etc.) también se generan emisiones de CH₄ pero en menor magnitud; por otra parte, las emisiones de CO₂ se presentan debido a la incineración e incineración abierta de residuos que contienen carbono fósil en forma de plásticos, lubricantes, solventes, entre otros; y finalmente las emisiones de N₂O ocurren principalmente durante el tratamiento de aguas residuales domésticas e industriales en donde cabe señalar que su magnitud depende principalmente del tipo de tecnología o tratamiento utilizado y de las condiciones existentes durante el mismo. La Tabla 10 indica los GEI directos estimados dentro de las categorías y subcategorías del sector Residuos.

Alianza

Tabla 10. GEI estimados para el sector Residuos

Categoría IPCC	Subcategoría IPCC	GEI directos estimados
4A. Eliminación de residuos sólidos	4A1. Sitios gestionados de eliminación de residuos	CH ₄
4C. Incineración e incineración abierta de residuos	4C1. Incineración de residuos	CO ₂
	4C2. Incineración abierta de residuos	CO ₂ , CH ₄ y N ₂ O
4D. Tratamiento y eliminación de aguas residuales	4D1. Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas	CH ₄ y N ₂ O
	4D2. Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales	N ₂ O

Teniendo en cuenta lo anterior, se determinó que para el año 2010 y 2014 las emisiones de GEI correspondientes al sector Residuos fueron de 110,02 Gg CO₂ eq y 111,15 Gg CO₂ eq. Para el primer año (2010) la disposición de residuos sólidos (4A) generó cerca de 58,76 Gg CO₂ eq seguida por el tratamiento y eliminación de aguas residuales (4D) con 49,97 Gg CO₂ eq, y en menor medida la incineración de residuos peligrosos e incineración abierta de residuos sólidos (1,28 Gg CO₂ eq). Para el año 2014 se observó la misma dinámica en cuanto al comportamiento de GEI generado en cada una de las categorías, siendo la disposición de residuos sólidos y tratamiento de aguas residuales las más relevantes con 63,32 Gg CO₂ eq y 46,39 Gg CO₂ eq, y en menor medida las emisiones de GEI debido a la incineración de residuos peligrosos e incineración abierta de residuos sólidos con 1,43 Gg CO₂ eq (Figura 40). En este punto cabe señalar que las emisiones de GEI correspondientes a la incineración de residuos peligrosos corresponde a emisiones de tipo controlada mediante un tratamiento de tipo térmico.

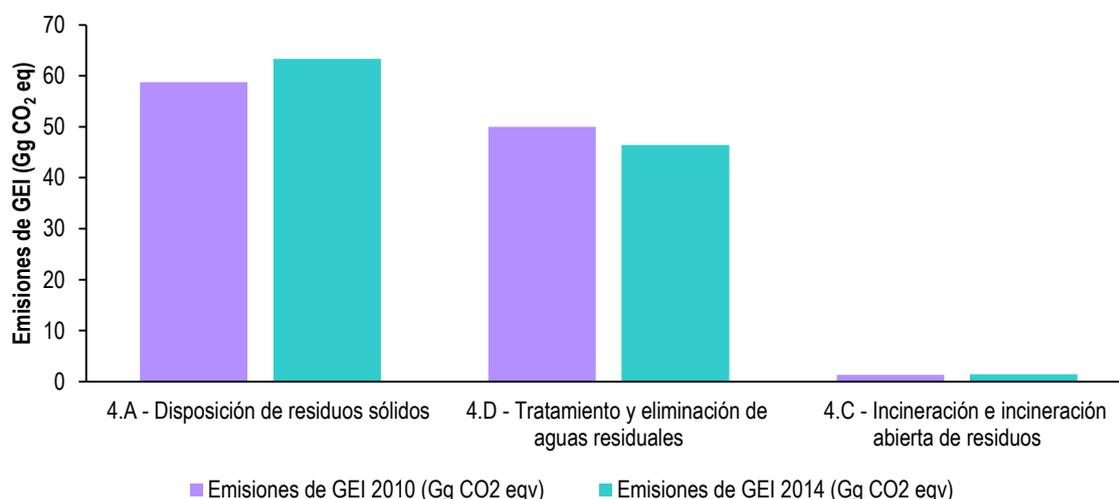


Figura 40. Emisiones de GEI en el sector Residuos

Fuente. Elaboración propia

Alianza



En relación a los tipos de GEI que más se emitieron como producto de las diferentes actividades realizadas en el sector Residuos por la disposición de residuos sólidos municipales, incineración de residuos peligrosos e incineración abierta de residuos, y tratamiento y eliminación de aguas residuales se identificó que el CH₄ es el más importante puesto que contribuyó con el 98% de las emisiones generadas. Para el año 2010, el 53% y 44% de las emisiones de CH₄ se explican por la degradación anaerobia de los residuos sólidos y aguas residuales (Figura 41); y de manera similar se tiene que para el año 2014 el 57% y 41% del CH₄ generado se relacionada con estos mismos procesos (Figura 42).

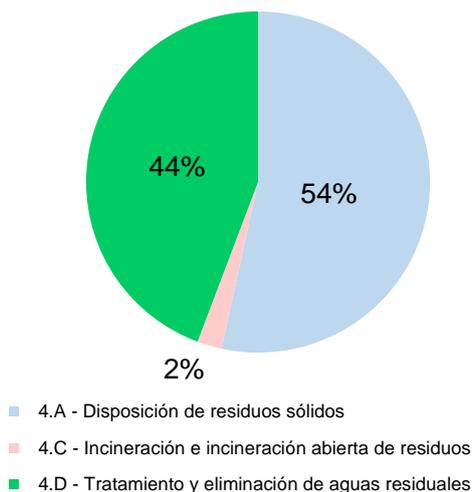


Figura 41. Participación de CH₄ en subcategorías del sector Residuo durante el año 2010

Fuente. Elaboración propia

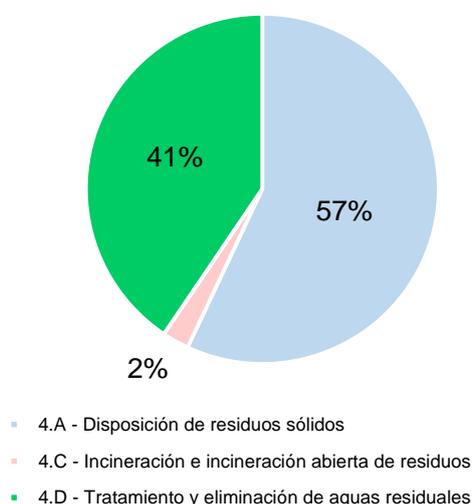


Figura 42. Participación de CH₄ en subcategorías del sector Residuo durante el año 2014

Fuente. Elaboración propia

Finalmente, se presenta en la Figura 43 la desagregación de las categorías y subcategorías que más emisiones de GEI generaron durante el 2010 y 2014 en el municipio de Palmira. Tal como se ha mencionado anteriormente, en primer lugar, se encuentra la categoría 4A correspondiente a la Disposición de residuos sólidos y aquí el incremento de las emisiones de GEI (3%) se explica por la cantidad de los residuos sólidos dispuestos en el Relleno Sanitario Presidente con respecto al año 2010 (70.131 Ton). Por otro lado, en cuanto a la subcategoría 4D2 que relaciona las emisiones de GEI con el tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales se observó que para el año 2014 las emisiones disminuyeron en un (8.5%) debido a que se trató anaeróbicamente una menor cantidad de carga orgánica (8,46 kTon DQO) con respecto al 2010 (9,50 kTon DQO). En relación a las demás subcategorías (4D1 y 4C2) cabe señalar, que no se observaron cambios considerables en las emisiones de GEI puesto no superaron más del 2.7% y 3.3% en cada uno de los casos.

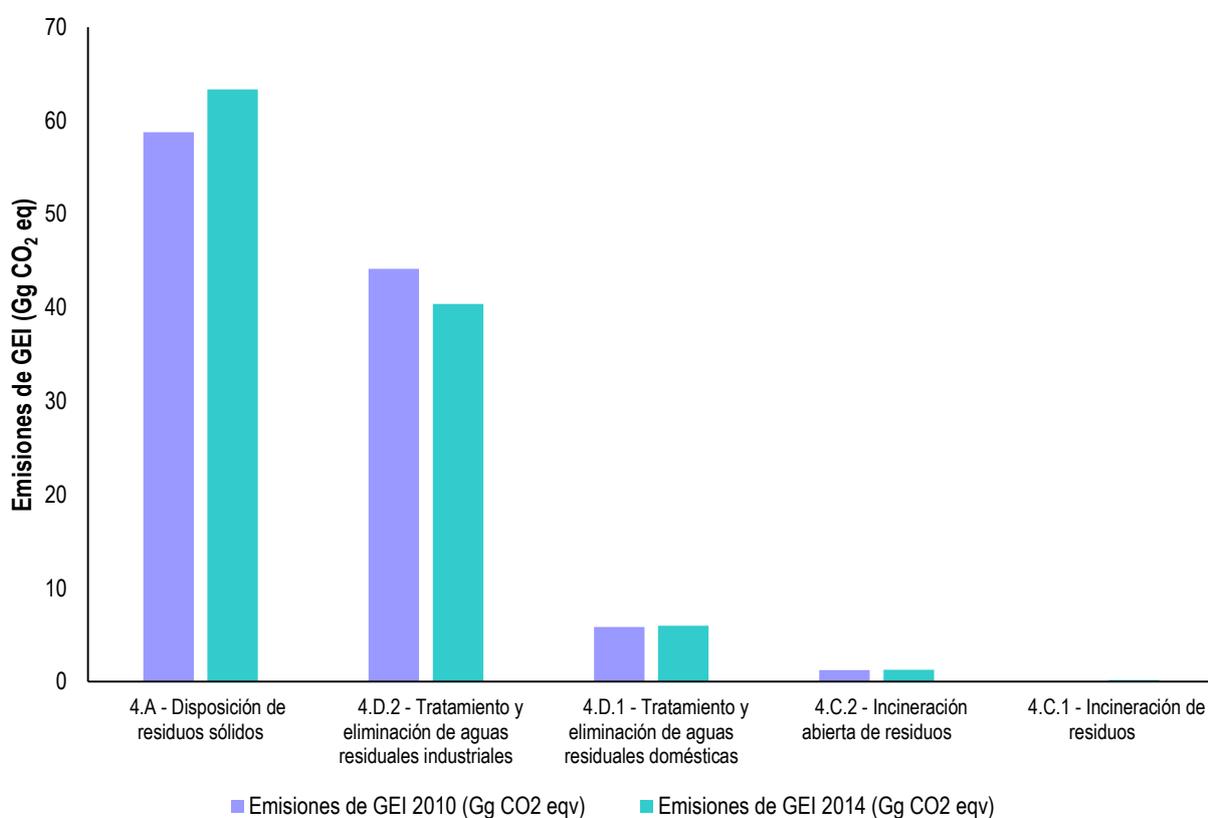


Figura 43. Categorías y subcategorías emisoras de GEI en el municipio de Palmira durante el año 2010 y 2014

Fuente. Elaboración propia

7. ANÁLISIS DE CATEGORÍAS PRINCIPALES

Teniendo en cuenta el consolidado de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en el municipio de Palmira para el año 2010 y 2011 (Tabla 6), se realizaron dos diagramas de Pareto con el objetivo de identificar las categorías más estratégicas que en término de emisiones podrían orientar de una mejor manera la toma de decisiones en materia de mitigación de GEI a nivel sectorial. Cabe mencionar, que de acuerdo con la guía de buenas prácticas en inventarios nacionales de gases de efecto invernadero (IPCC, 2000), las categorías principales de fuentes son aquellas que sumadas en orden descendente de magnitud componen entre el 95% a 97% de la contribución acumulada de GEI y por lo general oscilan entre 15 a 20 categorías o fuentes de emisión, tal como se indica en la Tabla 11.

Tabla 11. Identificación de categorías principales para el municipio de Palmira en 2010 y 2014

Categoría IPCC 2010	Contribución (%)	Categoría IPCC 2014	Contribución (%)
1.A.3.a.ii – Aviación civil y de carga	18.34%	1.A.3.a.ii – Aviación civil y de carga	26.17%
3.B.1.a - Tierras forestales que permanecen	12.07%	1.A.3.b.i - Automóviles	8.92%
1.A.3.b.i - Automóviles	8.85%	3.B.1.a - Tierras forestales que permanecen	6.53%
1.A.2.e - Procesamiento de alimentos, bebidas y tabaco	7.66%	1.A.2.c - Química	6.42%
4.A - Disposición de residuos sólidos (Relleno sanitario presidente)	5.66%	4.A - Disposición de residuos sólidos (Relleno sanitario presidente)	5.80%
1.A.4.c - Agrícola (Maquinaria)	5.25%	1.A.2.e - Procesamiento de alimentos, bebidas y tabaco	5.62%
3.C.4 - Emisiones directas de N2O de suelos gestionados	4.78%	1.A.4.c - Agrícola (Maquinaria)	5.14%
1.A.3.b.ii - Camiones de carga liviana	4.57%	1.A.3.b.ii - Camiones de carga liviana	4.72%
3.B.3.b - Tierras convertidas a praderas	4.47%	3.C.4 - Emisiones directas de N2O de suelos gestionados	4.62%
4.D.2 - Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales	4.25%	1.A.2.d - Pulpa, papel e imprenta	4.31%
1.A.3.b.iii - Autobuses y camiones de carga pesada	4.23%	4.D.2 - Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales	3.70%
1.A.4.b - Residencial	3.01%	1.A.3.b.iv - Motocicletas	2.63%
1.A.2.d - Pulpa, papel e imprenta	2.79%	3.A.1 - Fermentación entérica	2.48%
3.A.1 - Fermentación entérica	2.77%	1.A.4.b - Residencial	2.24%
3.A.2 - Gestión de estiércol	1.97%	3.A.2 - Gestión de estiércol	2.13%
1.A.3.b.iv - Motocicletas	1.68%	1.A.3.b.iii - Autobuses y camiones de carga pesada	1.98%
3.C.5 - Emisiones indirectas de N2O de suelos gestionados	1.53%	3.C.5 - Emisiones indirectas de N2O de suelos gestionados	1.52%
1.A.2.c - Química	1.17%	3.C.3 - Aplicación de Urea	0.86%
3.C.3 - Aplicación de Urea	0.89%	2.A.1 - Producción de cemento	0.80%
3.B.4.b - Tierras convertidas a humedales	0.76%	3.B.3.b - Tierras convertidas a praderas	0.57%

Es importante mencionar que de la actualización del inventario de GEI para el municipio de Palmira se estimaron entre los sectores Energía, IPPU, AFOLU y Residuos alrededor de 46 subcategorías emisoras de GEI, de las cuales 20 resultaron ser seleccionadas como categorías principales debido a que cumplieron con el criterio definido por el IPCC (2000) al alcanzar un porcentaje de contribución acumulada del 97%, como se presenta en los diagramas de Pareto de la Figura 49 y Figura 45.

Alianza



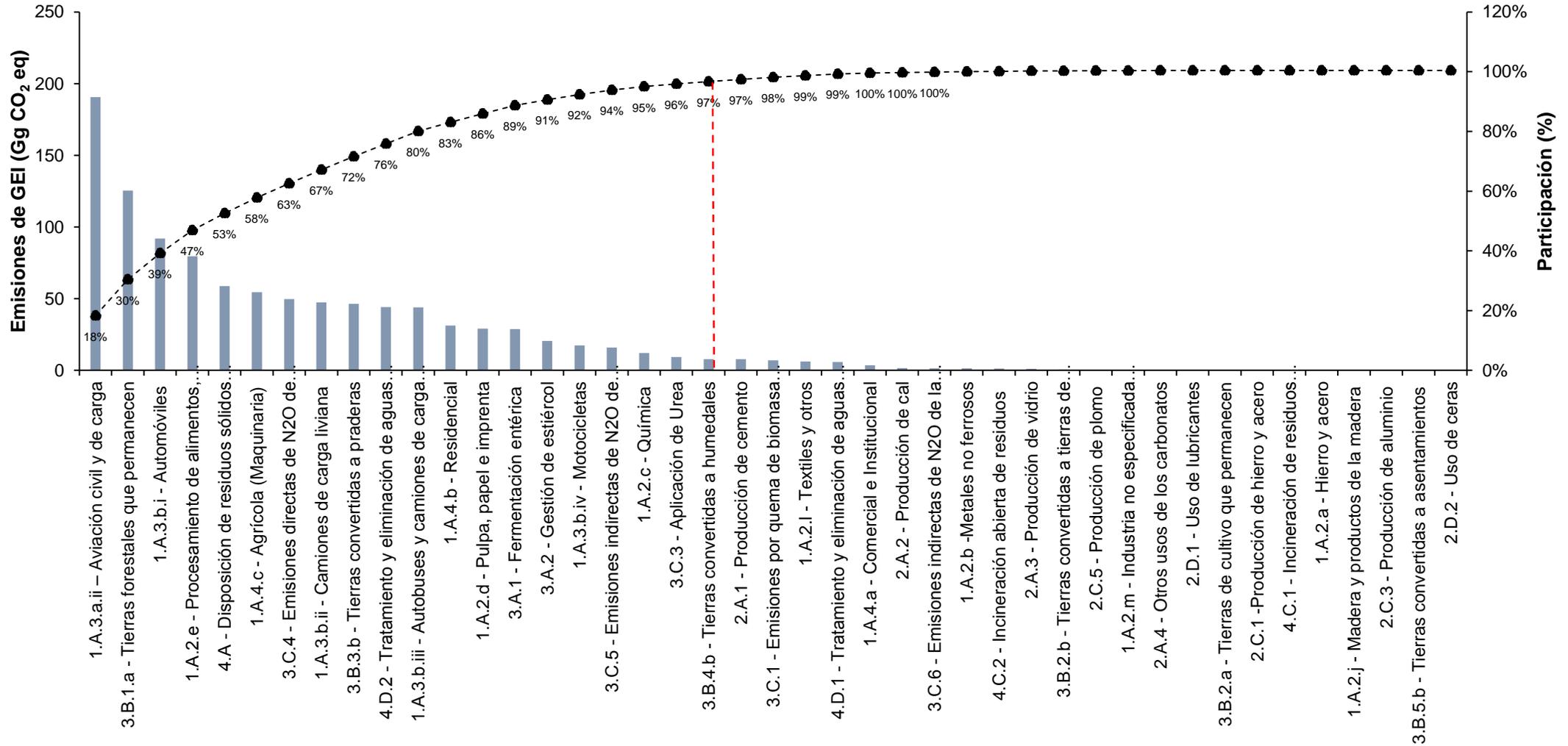


Figura 44. Identificación de categorías principales en el inventario de GEI del municipio de Palmira en el año 2010

Fuente. Elaboración propia

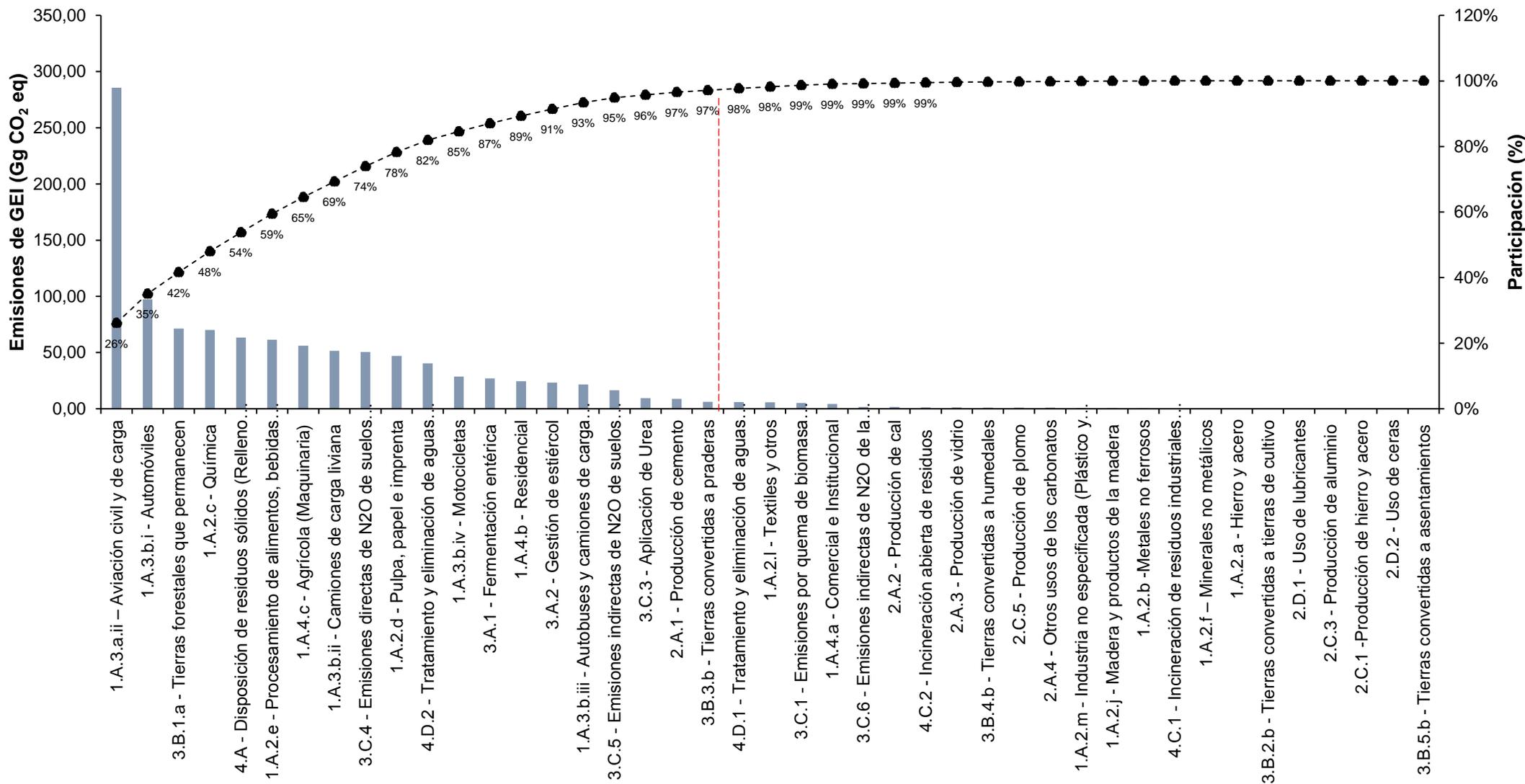


Figura 45. Identificación de categorías principales en el inventario de GEI del municipio de Palmira en el año 2014

Fuente. Elaboración propia

8. CONCLUSIONES

- La actualización del inventario de GEI del municipio de Palmira para el año 2014 dejó como resultado un valor total de emisiones netas de 1.091,89 Gg CO₂ eq generadas en gran parte por la actividad del sector Energía (755.87 Gg CO₂ eq) y AFOLU (211.27 Gg CO₂ eq) puesto que de manera conjunta aportaron cerca del 88% de las emisiones contabilizadas para el municipio, en tanto que sectores como el de Residuos e IPPU contribuyeron con el 10% (111,15 Gg CO₂ eq) y 2% (13,60 Gg CO₂ eq) restante respectivamente.
- A partir de la actualización del inventario de GEI del municipio de Palmira también se pudo dar cuenta que entre el año 2010 a 2014, sectores como el de Energía, IPPU y Residuos aumentaron anualmente sus emisiones en un 6,01%, 4.88% y 0.26% respectivamente, lo cual concuerda con el importante desarrollo socioeconómico y demográfico del municipio por la presencia de industrias manufactureras y su importante grado de urbanización. Mientras que el sector AFOLU experimentó una dinámica completamente diferente puesto que sus emisiones anualmente se redujeron en un 7.89% debido a factores relacionados con un menor grado de deforestación, consumo de leña y aprovechamiento de plantaciones forestales.
- En el sector Energía se logró identificar que la actividad del Transporte aéreo y terrestre del municipio es fundamental puesto que resultó ser responsable del 64% de las emisiones de GEI; debido en primer lugar, al consumo de combustibles fósiles que se presenta por la actividad de la aviación civil y de carga en el aeropuerto Alfonso Bonilla Aragón; y en segundo lugar, a la circulación de automóviles, camiones de carga o servicio ligero, autobuses y camiones de carga pesada que se presenta en el municipio.
- Por otro lado, en el sector de Procesos Industriales y Uso de productos (IPPU) se identificó que la industria de los minerales es participe de aproximadamente el 92% de las emisiones de GEI a causa de la producción y consumo de cemento, cal y vidrio en el municipio.
- Con respecto al sector AFOLU se observó que es fundamental seguir manteniendo un control estricto en cuanto al control de la deforestación, la extracción de leña de la población rural y aprovechamiento de plantaciones forestales puesto que, aunque para el 2014 se haya identificado que las emisiones de GEI disminuyeron en un 31.47% con respecto al 2010 (308.32 Gg CO₂ eq), las emisiones asociadas a este tipo de prácticas en tierras forestales que permanecen no dejan de ser importantes puesto que en el último año de inventario (2014) fueron responsables del 34% de los gases de efecto invernadero emitidos en el sector AFOLU. Aunado a esto vale la pena señalar también que todo lo

relacionado con la gestión de suelos agrícolas, uso de fertilizantes (Urea) y quema de cultivos de caña de azúcar en el municipio tuvo un efecto considerable en el total de emisiones de GEI del sector puesto que contribuyeron con el 32%, 4.45% y 2.47% respectivamente.

- En sector Residuos se logró determinar que la disposición de residuos sólidos municipales en el Relleno Sanitario Presidente y el Tratamiento de aguas residuales industriales constituyen las dos actividades más importantes en cuanto a emisiones de GEI se refiere porque generaron de manera respectiva el 56,97% y 36,34% de los gases de efecto invernadero contabilizados para el sector. Cabe señalar, que el tratamiento de aguas residuales domésticas no representó más allá del 5.39% de las emisiones de GEI en el sector Residuos porque a la fecha de actualización del inventario, el municipio no contaba con una planta de tratamiento para depurar sus aguas residuales, considerando como elemento indispensable la implementación de tecnologías anaerobias (reactores y filtros anaerobios).
- Del análisis de categorías principales realizado para el municipio en 2010 y 2014 se logró identificar que de las 46 categorías a las cuales se les estimaron sus emisiones de GEI, 20 de ellas deberían ser tenidas en cuenta para todo lo relacionado con el desarrollo e implementación de medidas de mitigación puesto que en conjunto representa el 98% de las emisiones de GEI cuantificadas, estas categorías son las siguientes: 1) Aviación civil y de carga, 2) Automóviles, 3) Tierras forestales que permanecen, 4) Industria química, 5) Disposición de residuos sólidos municipales, 6) Procesamiento de alimentos, bebidas y tabaco, 7) Uso de maquinaria agrícola e industrial, 8) Camiones de carga liviana, 9) Emisiones directas de N₂O de suelos gestionados, 10) Pulpa, papel e imprenta, 11) Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales, 12) Motocicletas, 13) Fermentación entérica, 14) Residencial, 15) Gestión de estiércol, 16) Autobuses y camiones de carga pesada, 17) Emisiones indirectas de N₂O de suelos gestionados, 18) Aplicación de Urea, 19) Producción de cemento, y 20) Tierras convertidas a praderas.
- Con los resultados obtenidos en el marco del Convenio interinstitucional No. 993 celebrado entre el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) y la Alcaldía de Palmira, se espera que mediante la actualización del inventario de GEI sea más viable para el municipio marcar una línea de trabajo clara en cuanto a la implementación de estrategias, acciones o medidas de mitigación y adaptación frente al Cambio Climático, teniendo como pilar fundamental todos los procesos de integración interinstitucional en donde puedan coincidir tanto el sector público y privado como la comunidad en general. De igual manera, se confía en que los resultados generados puedan retroalimentar las distintas acciones adelantadas por la alcaldía municipal de Palmira en relación al plan de acción del Plan Integral de Adaptación al Cambio Climático (PIACC).

Alianza



9. RECOMENDACIONES

- Teniendo en cuenta la identificación de categorías principales en el municipio de Palmira para el año 2014, se recomiendan a continuación diferentes medidas de mitigación de emisiones de GEI principalmente para los sectores Energía, AFOLU y Residuos puesto que fueron los que mayor cantidad de GEI generaron. Cabe señalar que las medidas de mitigación de GEI se definieron de acuerdo a su afinidad según lo propuesto en el portafolio de medidas de mitigación y adaptación al Cambio Climático y las diferentes líneas estratégicas y programas del Plan de Desarrollo 2020-2023 del municipio de Palmira (Tabla 12).

Tabla 12. Medidas de mitigación propuestas para el municipio de Palmira

Sector	Medida de mitigación	Articulación	Línea estratégica y sector	Programa
Energía	Ciclo rutas y bicicletas públicas para la movilidad en el municipio	Plan de Desarrollo 2020-2023	Palmira, Territorio Planificado, Ordenado y conectado – Sector de movilidad e infraestructura	Movilidad planificada e inteligente
	Transporte de carga férreo	Plan de Desarrollo 2020-2023	Palmira, Territorio Planificado, Ordenado y conectado – Sector de movilidad e infraestructura	Movilidad orientada a la integración regional
	Carbono neutro organizacional	Plan de Desarrollo 2020-2023	Palmira, Territorio Resiliente y sostenible-Sector de ambiente y desarrollo sostenible	Palmira sostenible y pa' lante
	Mejora de eficiencia de calderas	Plan de Desarrollo 2020-2023	Palmira, Territorio Resiliente y sostenible-Sector de ambiente y desarrollo sostenible	Palmira sostenible y pa' lante
	Caña de azúcar sostenible	Plan de Desarrollo 2020-2023	Palmira, Territorio Resiliente y sostenible-Sector de ambiente y desarrollo sostenible	Palmira sostenible y pa' lante
AFOLU	Huertas familiares	Plan de Desarrollo 2020-2023	Palmira, Territorio Competitivo y con Oportunidades – Sector agropecuario	Servicios financieros y gestión del riesgo para las actividades agropecuarias y rurales
	Deforestación evitada (Control de la tala ilegal en zonas de reserva y áreas protegidas)	PIACC (2019)	Dimensión de Recurso hídrico	Plan de ordenación y manejo de las cuencas hidrográficas del área de influencia del municipio
	Reforestación urbana	PIACC (2019)	Dimensión de Biodiversidad y recursos ecosistémicos	Sistema municipal de áreas protegidas (SMAP)
	Fortalecimiento de la producción agrícola usando las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA)	PIACC (2019)	Seguridad Alimentaria	Buenas Prácticas Agrícolas (BPA)
	Implementación de buenas prácticas ganaderas	Plan de Desarrollo 2020-2023	Palmira, Territorio Competitivo y con Oportunidades – Sector agropecuario	Innovación agropecuaria
Residuos	Gestión integral de residuos sólidos	PIACC (2019)	Dimensión de infraestructura	Infraestructura adaptada al Cambio Climático
		Plan de Desarrollo 2020-2023	Palmira, Territorio Resiliente y sostenible-Sector ambiente y desarrollo sostenible	Palmira aprovechando y pa' lante
	Manejo del relleno sanitario	PIACC (2019)	Dimensión de infraestructura	Infraestructura adaptada al Cambio Climático
	Manejo y tratamiento de aguas residuales domésticas e industriales	PIACC (2019)	Dimensión de infraestructura	Infraestructura adaptada al Cambio Climático
		Plan de Desarrollo 2020-2023	Palmira, Territorio Resiliente y sostenible – Sector de vivienda sostenible, saneamiento básico y servicios públicos	Gestión integral de servicios para el saneamiento básico

Alianza



- Se recomienda que el inventario de Gases de Efecto Invernadero (GEI) del municipio de Palmira sea actualizado con una frecuencia de dos años para estar articulado con los avances logrados a nivel nacional, puesto que cada dos años el país a través de sus Reportes Bienales viene dando cuenta a la Convención Marco de la Naciones Unidas Sobre el Cambio Climático (CMNUCC, por sus siglas en inglés) del progreso hacia el cumplimiento de la Contribución Nacionalmente Determinada a la que Colombia se ha comprometido en el marco del Acuerdo de París. Esto permitirá que el municipio pueda contar con un instrumento de evaluación de desempeño hacia la transformación deseada de los diferentes sectores hacia una economía baja en carbono y de esta manera contribuir con los intereses del país en temas de mitigación y adaptación al Cambio climático.

Alianza



10. BIBLIOGRAFÍA

- Alcaldía de Palmira. (2020). *Bases del Plan de Desarrollo Municipal 2020-2023*. <https://tinyurl.com/y6h533s6>
- Cámara de comercio de Palmira. (2014). *Anuario estadístico de Palmira 2014*. <https://tinyurl.com/y463hcbf>
- Cámara de comercio de Palmira. (2020). *Anuario estadístico de Palmira 2020*. <https://ccpalmira.org.co/anuario-estadistico/>
- CEPAL, & GTZ. (2009). *Cambio Climático y Desarrollo en America Latinay el Caribe*. <https://tinyurl.com/y98frjy9>
- CIAT, CVC, & Clima Soluciones SAS. (2014). *Inventario de Gases de Efecto Invernadero del municipio de Palmira, año base 2010*.
- DANE. (2011). *Encuesta nacioanl de Calidad de Vida (ECV) en el año 2011*. <https://tinyurl.com/y5exwzo7>
- DANE. (2014). *Encuesta nacioanl de Calidad de Vida (ECV) en el año 2014*. <https://tinyurl.com/y2fw8dlt>
- DANE. (2019). *PIB por departamento: Valor agregado por municipio serie 2011-2018. Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). Bogotá, D.C.* <https://cutt.ly/jhbDz74>
- DANE. (2020a). *Censo nacional de población y vivienda: Estimaciones de población 1985-2005 y proyecciones de población 2005-2020 total municipal por área. Departamento Nacional de Estadística (DANE). Bogotá, D.C.* <https://cutt.ly/lhbbeqb>
- DANE. (2020b). *Censo nacional de población y vivienda: Proyecciones de población municipal por área periodo 2018-2035. Departamento Nacioanl de Estadística (DANE). Bogotá, D.C.* <https://cutt.ly/lhbbeqb>
- Gallego, A., Gonzales, I., Fernández, P., & Pradana, J. (2012). *Contaminación atmosférica. Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED)*.
- ICA. (2020). *Radicado 20202119698: Inventario pecuario municipio de Palmira 2010 y 2014. Dirección técnica de vigilancia epidemiológica, Instituto Colombiano Agropecuario (ICA)*.
- IDEAM. (2018). *Informe de inventario de GEI de Colombia*.
- IDEAM, PNUD, MADS, DNP, CANCELLERÍA, & FNAM. (2016). *Inventario nacional y departamental de Gases Efecto Invernadero – Colombia. Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático. IDEAM, PNUD, MADS, DNP, CANCELLERÍA, FMAM. Bogotá D.C., Colombia*.
- INECC. (2016). *Inventario de emisiones. Disponible en: http://bit.ly/1WAQLFP*
- IPCC. (2000). Introducción. En *Orientación del IPCC sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero* (Vol. 1).
- IPCC. (2006a). Capítulo 5: Tierras de cultivo. En *Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero* (Vol. 4).

Alianza



- IPCC. (2006b). Capítulo 10: Emisiones resultantes de la gestión del ganado y del estiércol. En *Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero*.
- IPCC. (2006c). Combustión estacionaria. En *Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero* (Vol. 2).
- IPCC. (2006d). Emisiones de N₂O de los suelos gestionados y emisión de CO₂ derivadas de la aplicación de Cal y Urea. En *Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero* (Vol. 4).
- IPCC. (2006e). *Introducción a las directrices de 2006* (Vol. 1).
- IPCC. (2006f). Introducción: Estructura general de las categorías y subcategoría del sector IPPU. En *Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero*.
- IPCC. (2006g). Introducción: Estructura general de las categorías y subcategorías del sector AFOLU. En *Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero*.
- IPCC. (2006h). Introducción: Estructura general de las categorías y subcategorías del sector Energía. En *Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero* (Vol. 2).
- IPCC. (2006i). Introducción: Estructura general de las categorías y subcategorías del sector Residuos. En *Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero* (Vol. 5).
- IPCC. (2006j). Métodos para la recopilación de datos. En *Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero* (Vol. 1).
- IPCC. (2006k). Orientación general y generación de informes. En *Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero* (Vol. 1).
- IPCC. (2006l). Tratamiento y eliminación de aguas residuales. En *Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero* (Vol. 5).
- IPCC. (2006m). Uso de productos no energéticos de combustibles y de solventes. En *Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero* (Vol. 3).
- IPCC. (2007). *Summary for Policymakers. In: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- IPCC. (2013). *Cambio Climático 2013– Bases físicas: Contribución del Grupo de trabajo I al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático. Resumen para responsables de políticas*.
- MADR. (2019). *Evaluaciones Agropecuarias Municipales (EVA)*. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR). Bogotá, D.C. <https://cutt.ly/lhneBbA>

Alianza



MAVDT. (2008). *Protocolo para el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire: Manual de operación de sistemas de vigilancia de la calidad del aire*. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT).

Minenergía. (2010). *Cobertura nacional del servicio de gas natural durante el año 2010*. <https://tinyurl.com/y5j6uwgo>

Minenergía. (2014). *Cobertura nacional del servicio de gas natural durante el año 2014*. <https://tinyurl.com/y3f8txdx>

ONU. (1992). *Convencion marco de las naciones unidas sobre el cambio climático*. <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf>.

Secretaria Distrital de Ambiente. (2016). *¿ Qué es un inventario de emisiones? Programas y proyectos*. Bogotá D.C.. <http://bit.ly/22dlEyk>

UPME. (2016). *Calculadora* FECOC. http://www.upme.gov.co/calculadora_emisiones/aplicacion/calculadora.html

Yepes, A., Navarrete, D., Philips, J., Duque, A., Cabrera, E., & Galindo, G. (2011). *Estimación de las emisiones de dióxido de Carbono generadas por deforestación durante el periodo 2005—2010*. Instituto de Hidrología, Metereología y Estudios Ambientales—IDEAM. Bogota D.C., Colombia. 32 pp.

Alianza



ANEXOS

ANEXO A.1. Ecuaciones para estimar emisiones de GEI en el municipio de Palmira

Ecuaciones utilizadas para la categoría 1.A.1

Método de nivel 1 y 2

$$Emisiones_{GEI} = Consumo_{Combustible_i} * Factor\ de\ emisión_{GEI_{i,j}} * 10^{-6}$$

Ecuación 2.1 para estimar las emisiones procedentes de la combustión estacionaria de industrias de la energía IPCC 2006, Volumen 2, Capítulo 2

donde:

$Emisiones_{GEI}$: emisiones de GEI por tipo de combustible (Gg de GEI.año⁻¹)

$Consumo_{Combustible_i}$: consumo del combustible i quemado (TJ)

$Factor\ de\ emisión_{GEI_{i,j}}$: factor de emisión para el tipo de GEI j por tipo de combustible i (kg GEI.TJ⁻¹)

i: tipo de combustible quemado (ACPM, gas natural, carbón mineral, gasolina, entre otros)

j: tipo de GEI (CO₂, CH₄, N₂O) por tipo de combustible

10⁻⁶: factor de conversión para transformar de kilogramos a Gigagramos de GEI

Ecuaciones utilizadas para la categoría 1.A.2

Método de nivel 1 y 2

$$Emisiones_{GEI} = Consumo_{Combustible_i} * Factor\ de\ emisión_{GEI_{i,j}} * 10^{-6}$$

Ecuación 2.1 para estimar las emisiones procedentes de la combustión estacionaria en Industrias manufactureras y de la construcción IPCC 2006, Volumen 2, Capítulo 2

donde:

$Emisiones_{GEI}$: emisiones de GEI por tipo de combustible (Gg de GEI.año⁻¹)

$Consumo_{Combustible_i}$: consumo del combustible i quemado (TJ)

$Factor\ de\ emisión_{GEI_{i,j}}$: factor de emisión para el tipo de GEI j por tipo de combustible i (kg GEI.TJ⁻¹)

i: tipo de combustible quemado (ACPM, gas natural, carbón mineral, gasolina, entre otros)

j: tipo de GEI (CO₂, CH₄, N₂O) por tipo de combustible

10⁻⁶: factor de conversión para transformar de kilogramos a Gigagramos de GEI

Ecuaciones utilizadas para la categoría 1.A.3

Método de nivel 1 y 2

$$Emisiones_{GEI} = \sum_{i,j} [Consumo_{Combustible_{i,k}} * Factor\ de\ emisión_{GEI_{i,j,k}} * 10^{-6}]$$

Ecuación 3.2.3, 3.2.4 para estimar las emisiones procedentes de la combustión móvil en transporte aéreo y terrestre IPCC 2006, Volumen 2, Capítulo 3

donde:

$Emisiones_{GEI}$: emisiones de GEI por tipo de combustible y tipo de vehículo (Gg de GEI.año⁻¹)

$Consumo_{Combustible_{i,j}}$: consumo del combustible i quemado por tipo de aeronave y vehículo k (TJ)

$Factor\ de\ emisión_{GEI_{i,j}}$: factor de emisión para el tipo de combustible i para el tipo de vehículo j (kg GEI.TJ⁻¹)

i: tipo de combustible quemado (ACPM, gas natural, carbón mineral, gasolina, entre otros)

j: tipo de GEI (CO₂, CH₄, N₂O) por tipo de combustible

k: tipo de vehículo (aeronaves, automóvil, camiones de carga liviana, autobuses y camiones de carga pesada, motocicletas)

10⁻⁶: factor de conversión para transformar de kilogramos a Gigagramos de GEI

Alianza



Método de nivel 1

$$\text{Consumo}_{\text{Combustible}_{\text{aéreo}}} = \text{Consumo}_{\text{Combustible}_{\text{Nacional}}} * \frac{\text{No. vuelos}_{\text{Aeropuerto Alfonso Bonilla Aragón}}}{\text{No. vuelos}_{\text{Nacionales}}} * FC_1$$

donde:

- $\text{Consumo}_{\text{Combustible}_{\text{aéreo}}}$: consumo de combustible por aviación civil y de carga a nivel nacional (TJ)
- $\text{No. vuelos}_{\text{Aeropuerto Alfonso Bonilla Aragón}}$: número de vuelos procedentes del aeropuerto Alfonso Bonilla Aragón
- $\text{No. vuelos}_{\text{Nacionales}}$: número de vuelos a nivel nacional
- FC_1 : factor de conversión de Mega BTU a Terajulios ($1.055 * 10^{-3}$ TJ.BTU⁻¹)

Método de nivel 1

$$\text{Consumo}_{\text{Combustible}_{\text{vehículos}}} = \sum_{k,i} \left[\text{Vehículos}_{k,i} * \text{Distancia}_{k,i} * \frac{1}{\text{Rendimiento}_{k,i}} * FC_1 * FC_2 * \text{Densidad}_i * \text{Poder calorífico}_i * FC_3 \right]$$

Ecuación 3.2.6 para estimar el consumo de combustible en vehículos de transporte terrestre
IPCC, Volumen 2, Capítulo 3

donde:

- $\text{Consumo}_{\text{Combustible}_{\text{vehículos}}}$: consumo de combustible estimado a partir de distancias recorridas promedio en vehículos de transporte terrestre (TJ)
- $\text{Vehículos}_{k,i}$: cantidad vehículos del tipo k que utilizan combustible del tipo i (Unidades)
- $\text{Distancia}_{k,i}$: kilómetros anuales recorridos por vehículo de tipo k, que usan combustible de tipo i (km. vehículo⁻¹)
- $\text{Rendimiento}_{k,i}$: rendimiento promedio de combustible (km. Gal⁻¹) por vehículos de tipo k que utilizan combustibles del tipo i
- FC_1 : factor de conversión de galones a metros cúbicos (0.003785 m³. Gal⁻¹)
- FC_2 : factor de conversión de metros cúbicos a litros (1000 L.m⁻³)
- Densidad_i : densidad del combustible i utilizado por vehículos del tipo k (kg. L⁻¹)
- $\text{Poder calorífico}_i$: poder calorífico del combustible i (MJ.kg⁻¹)
- FC_3 : factor de conversión de Mega julios a Tera julios ($1 * 10^{-6}$ TJ. MJ⁻¹)

Ecuaciones utilizadas para la categoría 1.A.4

Método de nivel 1 y 2

$$\text{Emisiones}_{\text{GEI}} = \text{Consumo}_{\text{Combustible}_i} * \text{Factor de emisión}_{\text{GEI}_{i,j}} * 10^{-6}$$

Ecuación 2.1 para estimar las emisiones procedentes de la combustión estacionaria en Otros sectores
IPCC 2006, Volumen 2, Capítulo 2

donde:

- $\text{Emisiones}_{\text{GEI}}$: emisiones de GEI por tipo de combustible (Gg de GEI.año⁻¹)
- $\text{Consumo}_{\text{Combustible}_i}$: consumo del combustible i quemado (TJ)
- $\text{Factor de emisión}_{\text{GEI}_{i,j}}$: factor de emisión para el tipo de GEI j por tipo de combustible i (kg GEI.TJ⁻¹)
- i: tipo de combustible quemado (gas natural, GLP, entre otros)
- j: tipo de GEI (CO₂, CH₄, N₂O) por tipo de combustible
- 10^{-6} : factor de conversión para transformar de kilogramos a Gigagramos de GEI

Ecuaciones utilizadas para la categoría 2.A.1

Método de nivel 1

$$\text{Emisiones}_{\text{CO}_2} = \sum_i (M_{ci} * C_{ci} * EF_{cic} * 10^{-3})$$

Ecuación 2.2 para estimar las emisiones de CO₂ procedentes de la Producción de cemento
IPCC, 2006, Volumen 3, Capítulo 2

Alianza



donde:

$Emisiones_{CO_2}$: emisiones de CO₂ procedentes de la producción de cemento (Gg GEI.Año⁻¹)

M_{ci} : peso (masa) de cemento producido de tipo i (Ton)

C_{ci} : fracción de Clinker del cemento de tipo i (fracción)

EF_{clc} : factor de emisión del Clinker en el cemento en particular (Ton CO₂.Ton Clinker⁻¹) corregido para el CKD

10^{-3} : factor de conversión para transformar Toneladas a Gigagramos de GEI

Ecuaciones utilizadas para la categoría 2.A.2

Método de nivel 1

$$Emisiones_{CO_2} = \sum_i (EF_{cal,i} * M_{li} * 10^{-3})$$

Ecuación 2.6 para estimar las emisiones de CO₂ procedentes de la producción de Cal
IPCC 2006, Volumen 3, Capítulo 2

donde:

$Emisiones_{CO_2}$: emisiones de CO₂ proveniente de la producción de Cal (Gg CO₂. Año⁻¹)

$EF_{cal,i}$: factor de emisión para la Cal de tipo i (Ton CO₂. Ton Cal⁻¹)

M_{li} : producción de cal de tipo i (Ton Cal.Año⁻¹)

Ecuaciones utilizadas para la categoría 2.A.3

Método de nivel 2

$$Emisiones_{CO_2} = M_{g,i} * EF_i * (1 - CR) * 10^{-3}$$

Ecuación 2.10 para estimar las emisiones de CO₂ procedentes de la producción de Vidrio
IPCC 2006, Volumen 3, Capítulo 2

donde:

$Emisiones_{CO_2}$: emisiones de CO₂ proveniente de la producción de vidrio (Gg CO₂. Año⁻¹)

$M_{g,i}$: masa de vidrio fundido de tipo i (Ton vidrio. Año⁻¹)

EF_i : factor de emisión para la fabricación de vidrio de tipo i (Ton CO₂.Ton vidrio fundido⁻¹)

CR : proporción de *cullet* para la fabricación de vidrio del tipo i (fracción)

i : tipo de vidrio fundido (vidrio plano, botellas de vidrio, fibra de vidrio, entre otros)

10^{-3} : factor de conversión para transformar Toneladas a Gigagramos de GEI

Ecuaciones utilizadas para la categoría 2.A.4

Método de nivel 1

$$Emisiones_{CO_2} = \sum_i (M_{c,i} * EF_{c,i}) * 10^{-3}$$

Ecuación 2.14 para estimar las emisiones de CO₂ procedente de Otros usos de los carbonatos en los procesos
IPCC 2006, Volumen 3, Capítulo 2

donde:

$Emisiones_{CO_2}$: emisiones de CO₂ proveniente de Otros usos de los carbonatos en los procesos (Gg CO₂. Año⁻¹)

$M_{c,i}$: masa del carbonato i producido (Ton carbonato)

$EF_{c,i}$: factor de emisión para la calcinación del tipo de carbonato i (Ton CO₂. Ton carbonato⁻¹)

i : tipo de carbonato producido y calcinado (Calcita, Dolomita, Carbonato de sodio, entre otros)

10^{-3} : factor de conversión para transformar Toneladas a Gigagramos de GEI

Alianza



Ecuaciones utilizadas para la categoría 2.C.1

Método de nivel 1

$$Emisiones_{CO_2} = M_{Hierro\ y\ Acero} * EF_{Promedio\ global} * 10^{-3}$$

Ecuación 4.4 para estimar las emisiones de CO₂ procedentes de la Producción de hierro y acero
IPCC 2006, Volumen 3, Capítulo 4

- Emisiones_{CO₂}: emisiones de CO₂ generado por la producción de hierro y acero (Gg CO₂. Año⁻¹)
- M_{Hierro y Acero}: cantidad de hierro y acero producido (Ton de hierro y acero producido. Año⁻¹)
- EF_{Promedio global}: factor de emisión para la producción de hierro y acero (Ton CO₂. Ton hierro y acero⁻¹)
- 10⁻³: factor de conversión para transformar Toneladas a Gigagramos de GEI

Ecuaciones utilizadas para la categoría 2.C.3

Método de nivel 1

$$Emisiones_{CO_2} = M_{Aluminio} * EF_{Precocido} * 10^{-3}$$

Ecuación 4.20 para estimar las emisiones de CO₂ procedentes de la Producción de Aluminio
IPCC 2006, Volumen 3, Capítulo 4

donde:

- Emisiones_{CO₂}: emisiones de CO₂ generado por la producción de aluminio (Gg CO₂. Año⁻¹)
- M_{Aluminio}: cantidad de aluminio producido (Ton aluminio producido. Año⁻¹)
- EF_{Precocido}: factor de emisión para la producción de aluminio (Ton CO₂. Ton aluminio producido⁻¹)
- 10⁻³: factor de conversión para transformar Toneladas a Gigagramos de GEI

Ecuaciones utilizadas para la categoría 2.C.5

Método de nivel 1

$$Emisiones_{CO_2} = DS * EF_{DS} * 10^{-3}$$

Ecuación 4.32 para estimar las emisiones de CO₂ procedentes de la Producción de Plomo
IPCC 2006, Volumen 3, Capítulo 4

donde:

- Emisiones_{CO₂}: emisiones de CO₂ generado por la producción de plomo (Gg CO₂. Año⁻¹)
- DS: cantidad de plomo producido por fundición directa (Ton Plomo.Año⁻¹)
- EF_{DS}: factor de emisión para la producción de plomo por fundición directa (Ton CO₂. Ton plomo⁻¹)
- 10⁻³: factor de conversión para transformar Toneladas a Gigagramos de GEI

Ecuaciones utilizadas para la categoría 2.D.1

Método de nivel 1

$$Emisiones_{CO_2} = LC * CC_{Lubricantes} * ODU_{Lubricante} * \frac{44}{12} * 10^{-3}$$

Ecuación 5.2 para estimar las emisiones de CO₂ procedentes del Uso de lubricantes
IPCC 2006, Volumen 3, Capítulo 5

donde:

- Emisiones_{CO₂}: emisiones de CO₂ generadas por el uso de lubricantes (Gg CO₂. Año⁻¹)
- LC: consumo total de lubricantes (TJ)
- CC_{Lubricantes}: contenido de carbono de lubricantes (Ton C.TJ⁻¹)
- ODU_{Lubricante}: factor ODU (fracción)
- $\frac{44}{12}$: cociente de masa del CO₂.C⁻¹

Alianza



Ecuaciones utilizadas para la categoría 2.D.2

Método de nivel 1

$$Emisiones_{CO_2} = PW * CC_{ceras} * ODU_{ceras} * \frac{44}{12} * 10^{-3}$$

Ecuación 5.4 para estimar las emisiones de CO₂ procedentes del Uso de ceras
IPCC 2006, Volumen 3, Capítulo 5

donde:

$Emisiones_{CO_2}$: emisiones de CO₂ generadas por el uso de ceras (Gg CO₂. Año⁻¹)

PW : consumo total de ceras (TJ)

CC_{ceras} : contenido de carbono de las ceras (Ton C.TJ⁻¹)

ODU_{ceras} : factor ODU de las ceras (fracción)

$\frac{44}{12}$: cociente de masa del CO₂.C⁻¹

10^{-3} : factor de conversión para transformar Toneladas a Gigagramos de GEI

Ecuaciones utilizadas para la Subcategoría. 3.A.1 Fermentación entérica

Ecuación general para la metodología de nivel 1 y 2

$$Emisiones = Factor\ de\ emisión\ (T) * \frac{N(T)}{10^6}$$

Ecuación 10.19: Emisiones por fermentación entérica de una categoría de ganado
IPCC 2006, Volumen 4, Capítulo 10

donde:

Emisiones = Emisiones de metano por fermentación entérica (Gg CH₄ año⁻¹)

Factor de emisión (T) = Factor de emisión para la población de ganado definida (kg CH₄ cabeza⁻¹ año⁻¹)

N(t) = la cantidad de cabezas de ganado de la especie/categoría T

T = especie/categoría de ganado

Ecuaciones utilizadas para la Subcategoría. 3.A.2 Gestión de estiércol

Ecuación general para la metodología de nivel 1 y 2

$$Estiércol\ CH_4 = \sum_{(T)} \frac{EF_{(T)} * N_{(T)}}{10^6}$$

Ecuación 10.22: Emisiones de metano por la gestión de estiércol
IPCC 2006, Volumen 4, Capítulo 10

donde:

$Estiércol\ CH_4$: emisiones de CH₄ por la gestión del estiércol de una categoría de ganado (Gg CH₄ año⁻¹)

$EF_{(T)}$: factor de emisión para la población de ganado definida (kg CH₄ cabeza⁻¹ año⁻¹)

$N_{(T)}$: la cantidad de cabezas de la especie/categoría de ganado T

T: especie / categoría de ganado

$$N_2O_{Directa} = \left[\sum_S \left[\sum_T (N_{(T)} * Nex_{(T)} * MS_{(T,S)}) \right] * EF_{3(S)} \right] * \frac{44}{28}$$

Ecuación 10.25: Emisiones directas de óxido nítrico por la gestión de estiércol
IPCC 2006, Volumen 4, Capítulo 10

donde:

$N_2O_{Directa}$: emisiones directas de N₂O de la gestión del estiércol del país (kg N₂O año⁻¹)

$N_{(T)}$: la cantidad de cabezas de la especie/categoría de ganado T

$Nex_{(T)}$: promedio anual de excreción de N por cabeza de la especie/categoría T (kg N animal⁻¹ año⁻¹)

$MS_{(T,S)}$: fracción de la excreción total anual de nitrógeno de cada especie/categoría de ganado T que se gestiona en el sistema de gestión del estiércol S (adimensional)

Alianza



$EF_{3(S)}$: factor de emisión para emisiones directas de N₂O del sistema de gestión del estiércol S (kg N₂O-N. (kg N en el sistema de gestión del estiércol S)⁻¹)
 S: sistema de gestión del estiércol
 T: especie/categoría de ganado
 $\frac{44}{28}$: conversión de emisiones de N₂O-N a emisiones de N₂O

$$N_2O_G = (N_{volatilización-MMS} * EF_4) * \frac{44}{28}$$

Ecuación 10.27: Emisiones indirectas de óxido nitroso debidas a volatilización de N de la gestión de estiércol
 IPCC 2006, Volumen 4, Capítulo 11

donde:
 N_2O_G : emisiones indirectas de N₂O debidas a la volatilización de N de la gestión del estiércol del país (kg N₂O año⁻¹)
 $N_{volatilización-MMS}$: cantidad de nitrógeno del estiércol que se pierde debido a la volatilización de NH₃ y NOx (kg N año⁻¹)
 EF_4 : factor de emisión para emisiones de N₂O resultantes de la deposición atmosférica de nitrógeno en la superficie del suelo o del agua (kg N₂O-N (kg NH₃-N + NOx-N volatilizado)⁻¹)
 $\frac{44}{28}$: conversión de emisiones de N₂O-N a emisiones de N₂O

$$N_2O_L = (N_{lixiviación-MMS} * EF_5) * \frac{44}{28}$$

Ecuación 10.29: Emisiones indirectas de óxido nitroso debidas a lixiviación de la gestión de estiércol
 IPCC 2006, Volumen 4, Capítulo 11

donde:
 N_2O_L : emisiones indirectas de N₂O debidas a lixiviación y escurrimiento de la gestión del estiércol (kg N₂O año⁻¹)
 $N_{lixiviación-MMS}$: cantidad de nitrógeno del estiércol que lixivia de los sistemas de gestión del estiércol (kg N. año⁻¹)
 EF_5 : factor de emisión para emisiones de N₂O por lixiviación y escurrimiento de nitrógeno (kg N₂O-N. (kg N lixiviado y escurrido)⁻¹)
 $\frac{44}{28}$: conversión de emisiones de N₂O-N a emisiones de N₂O

Ecuaciones utilizadas para la Subcategoría. 3.B.1a Tierras forestales que permanecen

$$\Delta C_B = \Delta C_G - \Delta C_L$$

Ecuación 2.7: Cambio anual de las existencias de carbono en biomasa en tierras que permanecen en una categoría en particular de uso de la tierra
 IPCC 2006, Volumen 4, Capítulo 2

donde:
 ΔC_B = cambio anual en las existencias de carbono de la biomasa (la suma de los términos de biomasa aérea y subterránea de la Ecuación 2.3) para cada subcategoría de tierra, considerando la superficie total (Ton C año⁻¹)
 ΔC_G = incremento anual de las existencias de carbono debido al crecimiento de la biomasa para cada subcategoría de tierra, considerando la superficie total (Ton C año⁻¹)
 ΔC_L = reducción anual de las existencias de carbono debida a la pérdida de biomasa para cada subcategoría de tierra, considerando la superficie total (Ton C año⁻¹)

$$\Delta C_G = \sum_{i,j} (A_{i,j} * G_{Total_{i,j}} * CF_{i,j})$$

Ecuación 2.9: Incremento anual de las existencias de carbono en biomasa en tierras que permanecen en la misma categoría de uso de la tierra debido al incremento de la biomasa
 IPCC 2006, Volumen 4, Capítulo 2

donde:
 ΔC_G : incremento anual de las existencias de carbono en biomasa debido a crecimiento de la biomasa en tierras que permanecen en la misma categoría de uso de la tierra por tipo de vegetación y zona climática (Ton C año⁻¹)
 A: superficie de tierra que permanece en la misma categoría de uso de la tierra (Ha)

Alianza



G_{Total} : crecimiento medio anual de la biomasa (Ton d. m. Ha⁻¹ año⁻¹)

CF : fracción de carbono de materia seca (Ton C (ton d.m.)⁻¹)

i : zona ecológica i ($i = 1$ a n)

j : dominio climático j ($j = 1$ a m)

$$\Delta C_L = L_{remoción-bosque} + L_{madera-combustible} + L_{perturbación}$$

Ecuación 2.11: Reducción anual de las existencias de carbono por pérdida de biomasa en tierras que permanecen en la misma categoría de uso de la tierra
IPCC 2006, Volumen 4, Capítulo 2

$$L_{remoción-bosque} = \{H * BCEF_R * (1 + R) * CF\}$$

Ecuación 2.12: Pérdida anual de carbono en la biomasa por remoción de bosques
IPCC 2006, Volumen 4, capítulo 2

donde:

$L_{remoción-bosque}$: pérdida anual de carbono debida a remoción de biomasa o madera (Ton C año⁻¹)

H : Extracción de madera anual (m³ año⁻¹)

$BCEF_R$: Factor de conversión de biomasa para la conversión de remociones en volumen venable a remociones totales de biomasa incluyendo la corteza (Ton biomasa-removida (m³ removida)⁻¹)

R : relación entre la biomasa subterránea y la aérea (Ton d.m. de biomasa subterránea (Ton d.m. de biomasa aérea)⁻¹). R se configura en cero si se supone que no hubo cambios en las pautas de atribución de biomasa subterránea.

CF : fracción de carbono de materia seca, (Ton C (Ton d.m.)⁻¹)

$$L_{madera-combustible} = \{[FG_{Arboles} * BCEF_R * (1 + R)] + FG_{parte} * D\} * CF$$

Ecuación 2.13: Pérdida anual de carbono en la biomasa por remociones de madera combustible
IPCC 2006, Volumen 4, Capítulo 2

donde:

$L_{madera-combustible}$: Pérdida anual de carbono debido a las extracciones de leña-combustible (Ton C año⁻¹)

$FG_{Arboles}$: volumen anual de remoción de madera combustible (leña) de árboles enteros (m³ año⁻¹)

$BCEF_R$: Factor de conversión de biomasa para la conversión de remociones en volumen venable a remociones totales de biomasa incluyendo la corteza (Ton biomasa-removida (m³ removida)⁻¹)

R : relación entre la biomasa subterránea y la aérea (Ton d.m. de biomasa subterránea (Ton d.m. de biomasa aérea)⁻¹). R se configura en cero si se supone que no hubo cambios en las pautas de atribución de biomasa subterránea.

FG_{parte} : volumen anual de remoción de madera combustible (leña) como parte de árboles (m³ año⁻¹)

D : densidad básica de la madera (Ton d.m. m⁻³)

CF : fracción de carbono de materia seca, (Ton C (Ton d.m.)⁻¹)

$$L_{perturbación} = \{A_{perturbación} * B_W * (1 + R) * CF * fd\}$$

Ecuación 2.14: Pérdidas anuales de carbono en la biomasa debida a perturbaciones
IPCC 2006, Volumen 4, Capítulo 2

donde:

$L_{perturbación}$: Pérdida anual de carbono debida a perturbaciones (Ton C año⁻¹)

$A_{perturbación}$: superficie afectada por perturbaciones (Ha año⁻¹)

B_W : biomasa aérea promedio de superficies de tierra afectadas por perturbaciones (Ton d.m. Ha⁻¹)

R : relación entre la biomasa subterránea y la aérea (Ton d.m. de biomasa subterránea (Ton d.m. de biomasa aérea)⁻¹). R se configura en cero si se supone que no hubo cambios en las pautas de atribución de biomasa subterránea.

CF : fracción de carbono de materia seca, (Ton C (Ton d.m.)⁻¹)

fd : fracción de biomasa perdida por perturbaciones

Alianza



Ecuaciones utilizadas para la Subcategoría. 3.B.1b Tierras que se convierten en tierras forestales

$$\Delta C_B = \Delta C_G + \Delta Conversion - \Delta C_L$$

Ecuación 2.15: Cambio anual en las existencias de carbono de biomasa en tierras convertidas a otra categoría de uso de la tierra (Nivel 2)
IPCC 2006, Volumen 4, Capítulo 2

donde:

ΔC_B : cambio anual en las existencias de carbono de la biomasa en tierras convertidas a otra categoría de uso de la tierra (Ton C año⁻¹)

ΔC_G : incremento anual en las existencias de carbono de la biomasa debido a crecimiento en tierras convertidas a otra categoría de uso de la tierra (Ton C año⁻¹)

$\Delta Conversion$: cambio inicial en las existencias de carbono de la biomasa en tierras convertidas a otra categoría de uso de la tierra (Ton C año⁻¹)

ΔC_L : reducción anual en las existencias de carbono de la biomasa debida a pérdidas producidas por cosechas, recogida de madera combustible y perturbaciones en tierras convertidas a otra categoría de uso de la tierra (Ton C año⁻¹)

$$\Delta Conversion = \sum_i \{(B_{Despues_i} - B_{Antes_i}) * \Delta A_{A_{Otras_i}}\} * CF$$

Ecuación 2.16: Cambio inicial en las existencias de carbono en la biomasa de tierras convertidas a otra categoría de la tierra.
IPCC 2006, Volumen 4, Capítulo 2

donde:

$\Delta Conversion$: cambio inicial en las existencias de carbono de la biomasa en tierras convertidas a otra categoría de tierra (Ton C año⁻¹)

$B_{Despues_i}$: existencias de biomasa en el tipo de tierra i inmediatamente después de la conversión, (Ton d.m. Ha⁻¹)

B_{Antes_i} : existencias de biomasa en el tipo de tierra i antes de la conversión (Ton d.m. Ha⁻¹)

$\Delta A_{A_{Otras_i}}$: superficie de uso de la tierra i convertida a otra categoría de uso de la tierra en un año dado (Ha año⁻¹)

CF : fracción de carbono de materia seca, (Ton C (ton d.m.)⁻¹)

i : tipo de uso de la tierra convertido a otra categoría de uso de la tierra.

$$\Delta C_G = \sum_{i,j} (A_{i,j} * G_{Total_{i,j}} * CF_{i,j})$$

Ecuación 2.9: Incremento anual de las existencias de carbono en biomasa en tierras que permanecen en la misma categoría de uso de la tierra debido al incremento de la biomasa
IPCC 2006, Volumen 4, Capítulo 2

donde:

ΔC_G : incremento anual de las existencias de carbono en biomasa debido a crecimiento de la biomasa en tierras que permanecen en la misma categoría de uso de la tierra por tipo de vegetación y zona climática (Ton C año⁻¹)

A : superficie de tierra que permanece en la misma categoría de uso de la tierra (Ha)

G_{Total} : crecimiento medio anual de la biomasa (Ton d. m. Ha⁻¹ año⁻¹)

CF : fracción de carbono de materia seca (Ton C (ton d.m.)⁻¹)

i : zona ecológica i (i = 1 a n)

j : dominio climático j (j = 1 a m)

Alianza



$$G_{Total} = \sum \{G_W * (1 + R)\}$$

Ecuación 2.10: Incremento anual promedio de la biomasa
IPCC 2006, Volumen 4, Capítulo 2

donde:

G_{Total} : crecimiento promedio anual de la biomasa aérea y subterránea (Ton d. m. $Ha^{-1} año^{-1}$)

G_W : promedio del crecimiento anual de la biomasa aérea para un tipo específico de vegetación boscosa (Ton d. m. $Ha^{-1} año^{-1}$)

R : relación entre la biomasa subterránea y la aérea para un tipo específico de vegetación (Ton d.m. de biomasa subterránea (Ton d.m. de biomasa aérea) $^{-1}$). R se configurar en cero si se supone que no hubo cambios en las pautas de atribución de biomasa subterránea (Nivel 1)

$$\Delta C_{Mineral} = \frac{(SOC_0 - SOC_{(0-T)})}{D}$$

$$SOC_0 = \sum_{c,s,i} (SOC_{REF,c,s,i} * F_{LU,c,s,i} * F_{MG,c,s,i} * F_{I,c,s,i} * A_{c,s,i})$$

Ecuación 2.25: Cambio anual en las existencias de carbono orgánico en suelos minerales
IPCC 2006, Volumen 4, Capítulo 2

donde:

$\Delta C_{Mineral}$: cambio anual en las existencias de carbono de los suelos minerales (Ton C $año^{-1}$)

SOC_0 : existencias de carbono orgánico en el suelo en el último año de un período de inventario (Ton C $año^{-1}$)

$SOC_{(0-T)}$: existencias de carbono orgánico en el suelo al comienzo de un período de inventario (Ton C $año^{-1}$)

SOC_0 y $SOC_{(0-T)}$: se calculan utilizando la ecuación del SOC del recuadro donde se asignan los factores de referencia para existencias y cambios de existencias de carbono según las actividades de uso y gestión de la tierra y las superficies respectivas en cada uno de los momentos (momento = 0 y momento = 0-T)

T : cantidad de años de un período de inventario dado (año)

D : dependencia temporal de los factores de cambio de existencias, que es el lapso por defecto para la transición entre los valores de equilibrio del SOC, año. Habitualmente 20 años, pero depende de las hipótesis que se apliquen en el cálculo de los factores F_{LU} , F_{MG} y F_I . Si T es mayor que D , úsese el valor de T para obtener la tasa anual de cambio durante el tiempo de inventario (0 – T años).

c : representa las zonas climáticas, s los tipos de suelo, e el conjunto de sistemas de gestión presentes en un país dado.

SOC_{REF} : las existencias de carbono de referencia (Ton C Ha^{-1})

F_{LU} : factor de cambio de existencias para sistemas de uso de la tierra o subsistemas de un uso de la tierra en particular (adimensional).

Considerar la posibilidad de que F_{ND} se sustituya por F_{LU} en el cálculo del C en suelos forestales para estimar la influencia de los regímenes de perturbaciones naturales

F_{MG} : factor de cambio de existencias para el régimen de gestión (adimensional).

F_I : factor de cambio de existencias para el aporte de materia orgánica (adimensional).

A : superficie de tierra del estrato que se estima (Ha). Considerar que toda la tierra del estrato debe tener condiciones biofísicas (es decir, clima y tipo de suelo) y una historia de gestión durante el período de inventario en común para que se la pueda considerar en su conjunto con fines analíticos.

Ecuaciones utilizadas para la Subcategoría. 3.B.2a Tierras de cultivo que permanecen

$$\Delta C_B = \Delta C_G - \Delta C_L$$

Ecuación 2.7: Cambio anual de las existencias de carbono en biomasa en tierras que permanecen en una categoría en particular de uso de la tierra
IPCC 2006, Volumen 4, Capítulo 2

donde:

ΔC_B : cambio anual en las existencias de carbono de la biomasa (la suma de los términos de biomasa aérea y subterránea de la Ecuación 2.3) para cada subcategoría de tierra, considerando la superficie total (Ton C $año^{-1}$)

ΔC_G : incremento anual de las existencias de carbono debido al crecimiento de la biomasa para cada subcategoría de tierra, considerando la superficie total (Ton C $año^{-1}$)

ΔC_L : reducción anual de las existencias de carbono debida a la pérdida de biomasa para cada subcategoría de tierra, considerando la superficie total (Ton C $año^{-1}$)

Alianza



$$\Delta C_G = \sum_{i,j} (A_{i,j} * G Total_{i,j} * CF_{i,j})$$

Ecuación 2.9: Incremento anual de las existencias de carbono en biomasa en tierras que permanecen en la misma categoría de uso de la tierra debido al incremento de la biomasa
IPCC 2006, Volumen 4, Capítulo 2

donde:

- ΔC_G : incremento anual de las existencias de carbono en biomasa debido a crecimiento de la biomasa en tierras que permanecen en la misma categoría de uso de la tierra por tipo de vegetación y zona climática (Ton C año⁻¹)
- A : superficie de tierra que permanece en la misma categoría de uso de la tierra (Ha)
- $G Total$: crecimiento medio anual de la biomasa (Ton d. m. Ha⁻¹ año⁻¹)
- CF : fracción de carbono de materia seca (Ton C (ton d.m.)⁻¹)
- i : zona ecológica i ($i = 1$ a n)
- j : dominio climático j ($j = 1$ a m)

$$G Total = \sum \{G_W * (1 + R)\}$$

Ecuación 2.10: Incremento anual promedio de la biomasa
IPCC 2066, Volumen 4, Capítulo 2

donde:

- $G Total$: crecimiento promedio anual de la biomasa aérea y subterránea (Ton d. m. Ha⁻¹ año⁻¹)
- G_W : promedio del crecimiento anual de la biomasa aérea para un tipo específico de vegetación boscosa (Ton d. m. Ha⁻¹ año⁻¹)
- R : relación entre la biomasa subterránea y la aérea para un tipo específico de vegetación (Ton d.m. de biomasa subterránea (Ton d.m. de biomasa aérea)⁻¹). R se configurar en cero si se supone que no hubo cambios en las pautas de atribución de biomasa subterránea (Nivel 1)

Ecuaciones utilizadas para la Subcategoría. 3.B.2b Tierras que se convierten en tierras de cultivo

$$\Delta C_G = \sum_{i,j} (A_{i,j} * G Total_{i,j} * CF_{i,j})$$

Ecuación 2.9: Incremento anual de las existencias de carbono en biomasa en tierras que permanecen en la misma categoría de uso de la tierra debido al incremento de la biomasa
IPCC 2006, Volumen 4, Capítulo 2

donde:

- ΔC_G : incremento anual de las existencias de carbono en biomasa debido a crecimiento de la biomasa en tierras que permanecen en la misma categoría de uso de la tierra por tipo de vegetación y zona climática (Ton C año⁻¹)
- A : superficie de tierra que permanece en la misma categoría de uso de la tierra (Ha)
- $G Total$: crecimiento medio anual de la biomasa (Ton d. m. Ha⁻¹ año⁻¹)
- CF : fracción de carbono de materia seca (Ton C (ton d.m.)⁻¹)
- i : zona ecológica i ($i = 1$ a n)
- j : dominio climático j ($j = 1$ a m)

$$G Total = \sum \{G_W * (1 + R)\}$$

Ecuación 2.10: Incremento anual promedio de la biomasa
IPCC 2066, Volumen 4, Capítulo 2

donde:

- $G Total$: crecimiento promedio anual de la biomasa aérea y subterránea (Ton d. m. Ha⁻¹ año⁻¹)
- G_W : promedio del crecimiento anual de la biomasa aérea para un tipo específico de vegetación boscosa (Ton d. m. Ha⁻¹ año⁻¹)
- R : relación entre la biomasa subterránea y la aérea para un tipo específico de vegetación (Ton d.m. de biomasa subterránea (Ton d.m. de biomasa aérea)⁻¹). R se configurar en cero si se supone que no hubo cambios en las pautas de atribución de biomasa subterránea (Nivel 1)

Alianza



$$C_{Mineral} = \frac{(SOC_0 - SOC_{(0-T)})}{D}$$

$$SOC_0 = \sum_{c,s,i} (SOC_{REF,c,s,i} * F_{LU,c,s,i} * F_{MG,c,s,i} * F_{I,c,s,i} * A_{c,s,i})$$

Ecuación 2.25: Cambio anual en las existencias de carbono orgánico en suelos minerales
IPCC 2006, Volumen 4, Capítulo 2

donde:

- $\Delta C_{Mineral}$: cambio anual en las existencias de carbono de los suelos minerales (Ton C año⁻¹)
- SOC_0 : existencias de carbono orgánico en el suelo en el último año de un período de inventario (Ton C año⁻¹)
- $SOC_{(0-T)}$: existencias de carbono orgánico en el suelo al comienzo de un período de inventario (Ton C año⁻¹)
- SOC_0 y $SOC_{(0-T)}$: se calculan utilizando la ecuación del SOC del recuadro donde se asignan los factores de referencia para existencias y cambios de existencias de carbono según las actividades de uso y gestión de la tierra y las superficies respectivas en cada uno de los momentos (momento = 0 y momento = 0-T)
- T: cantidad de años de un período de inventario dado (año)
- D: dependencia temporal de los factores de cambio de existencias, que es el lapso por defecto para la transición entre los valores de equilibrio del SOC, año. Habitualmente 20 años, pero depende de las hipótesis que se apliquen en el cálculo de los factores F_{LU} , F_{MG} y F_I . Si T es mayor que D, úsese el valor de T para obtener la tasa anual de cambio durante el tiempo de inventario (0 – T años).
- c: representa las zonas climáticas, s los tipos de suelo, e i el conjunto de sistemas de gestión presentes en un país dado.
- SOC_{REF} : las existencias de carbono de referencia (Ton C Ha⁻¹)
- F_{LU} : factor de cambio de existencias para sistemas de uso de la tierra o subsistemas de un uso de la tierra en particular (adimensional). Considerar la posibilidad de que F_{ND} se sustituya por F_{LU} en el cálculo del C en suelos forestales para estimar la influencia de los regímenes de perturbaciones naturales
- F_{MG} : factor de cambio de existencias para el régimen de gestión (adimensional).
- F_I : factor de cambio de existencias para el aporte de materia orgánica (adimensional).
- A: superficie de tierra del estrato que se estima (Ha). Considerar que toda la tierra del estrato debe tener condiciones biofísicas (es decir, clima y tipo de suelo) y una historia de gestión durante el período de inventario en común para que se la pueda considerar en su conjunto con fines analíticos.

Ecuaciones utilizadas para la Subcategoría. 3.B.3b Tierras que se convierten en pastizales

$$\Delta C_B = \Delta C_G + \Delta C_{Conversión} - \Delta C_L$$

Ecuación 2.15: Cambio anual en las existencias de carbono de biomasa en tierras convertidas a otra categoría de uso de la tierra (Nivel 2)
IPCC 2006, Volumen 4, Capítulo 2

donde:

- ΔC_B : cambio anual en las existencias de carbono de la biomasa en tierras convertidas a otra categoría de uso de la tierra (Ton C año⁻¹)
- ΔC_G : incremento anual en las existencias de carbono de la biomasa debido a crecimiento en tierras convertidas a otra categoría de uso de la tierra (Ton C año⁻¹)
- $\Delta C_{Conversión}$: cambio inicial en las existencias de carbono de la biomasa en tierras convertidas a otra categoría de uso de la tierra (Ton C año⁻¹)
- ΔC_L : reducción anual en las existencias de carbono de la biomasa debida a pérdidas producidas por cosechas, recogida de madera combustible y perturbaciones en tierras convertidas a otra categoría de uso de la tierra (Ton C año⁻¹)

$$\Delta C_{Conversión} = \sum_i \{(B_{Despues_i} - B_{Antes_i}) * \Delta A_{A_{Otras_i}}\} * CF$$

Ecuación 2.16: Cambio inicial en las existencias de carbono en la biomasa de tierras convertidas a otra categoría de la tierra.
IPCC 2006, Volumen 4, Capítulo 2

donde:

- $\Delta C_{Conversión}$: cambio inicial en las existencias de carbono de la biomasa en tierras convertidas a otra categoría de tierra (Ton C año⁻¹)
- $B_{Despues_i}$: existencias de biomasa en el tipo de tierra i inmediatamente después de la conversión, (Ton d.m. Ha⁻¹)
- B_{Antes_i} : existencias de biomasa en el tipo de tierra i antes de la conversión (Ton d.m. Ha⁻¹)
- $\Delta A_{A_{Otras_i}}$: superficie de uso de la tierra i convertida a otra categoría de uso de la tierra en un año dado (Ha año⁻¹)
- CF: fracción de carbono de materia seca, (Ton C (ton d.m.)⁻¹)
- i: tipo de uso de la tierra convertido a otra categoría de uso de la tierra.

Alianza



$$\Delta C_G = \sum_{i,j} (A_{i,j} * G_{Total_{i,j}} * CF_{i,j})$$

Ecuación 2.9: Incremento anual de las existencias de carbono en biomasa en tierras que permanecen en la misma categoría de uso de la tierra debido al incremento de la biomasa
IPCC 2006, Volumen 4, Capítulo 2

donde:

- ΔC_G : incremento anual de las existencias de carbono en biomasa debido a crecimiento de la biomasa en tierras que permanecen en la misma categoría de uso de la tierra por tipo de vegetación y zona climática (Ton C año⁻¹)
- A : superficie de tierra que permanece en la misma categoría de uso de la tierra (Ha)
- G_{Total} : crecimiento medio anual de la biomasa (Ton d. m. Ha⁻¹ año⁻¹)
- CF : fracción de carbono de materia seca (Ton C (ton d.m.)⁻¹)
- i : zona ecológica i ($i = 1$ a n)
- j : dominio climático j ($j = 1$ a m)

$$G_{Total} = \sum \{G_W * (1 + R)\}$$

Ecuación 2.10: Incremento anual promedio de la biomasa
IPCC 2006, Volumen 4, Capítulo 2

donde:

- G_{Total} : crecimiento promedio anual de la biomasa aérea y subterránea (Ton d. m. Ha⁻¹ año⁻¹)
- G_W : promedio del crecimiento anual de la biomasa aérea para un tipo específico de vegetación boscosa (Ton d. m. Ha⁻¹ año⁻¹)
- R : relación entre la biomasa subterránea y la aérea para un tipo específico de vegetación (Ton d.m. de biomasa subterránea (Ton d.m. de biomasa aérea)⁻¹). R se configurar en cero si se supone que no hubo cambios en las pautas de atribución de biomasa subterránea (Nivel 1)

$$\Delta C_{Mineral} = \frac{(SOC_0 - SOC_{(0-T)})}{D}$$

$$SOC_0 = \sum_{c,s,i} (SOC_{REF_{c,s,i}} * F_{LU_{c,s,i}} * F_{MG_{c,s,i}} * F_{I_{c,s,i}} * A_{c,s,i})$$

Ecuación 2.25: Cambio anual en las existencias de carbono orgánico en suelos minerales
IPCC 2006, Volumen 4, Capítulo 2

donde:

- $\Delta C_{Mineral}$: cambio anual en las existencias de carbono de los suelos minerales (Ton C año⁻¹)
- SOC_0 : existencias de carbono orgánico en el suelo en el último año de un período de inventario (Ton C año⁻¹)
- $SOC_{(0-T)}$: existencias de carbono orgánico en el suelo al comienzo de un período de inventario (Ton C año⁻¹)
- SOC_0 y $SOC_{(0-T)}$: se calculan utilizando la ecuación del SOC del recuadro donde se asignan los factores de referencia para existencias y cambios de existencias de carbono según las actividades de uso y gestión de la tierra y las superficies respectivas en cada uno de los momentos (momento = 0 y momento = 0-T)
- T : cantidad de años de un período de inventario dado (año)
- D : dependencia temporal de los factores de cambio de existencias, que es el lapso por defecto para la transición entre los valores de equilibrio del SOC, año. Habitualmente 20 años, pero depende de las hipótesis que se apliquen en el cálculo de los factores F_{LU} , F_{MG} y F_I . Si T es mayor que D , úsese el valor de T para obtener la tasa anual de cambio durante el tiempo de inventario (0 – T años).
- c : representa las zonas climáticas, s los tipos de suelo, e el conjunto de sistemas de gestión presentes en un país dado.
- SOC_{REF} : las existencias de carbono de referencia (Ton C Ha⁻¹)
- F_{LU} : factor de cambio de existencias para sistemas de uso de la tierra o subsistemas de un uso de la tierra en particular (adimensional). Considerar la posibilidad de que F_{ND} se sustituya por F_{LU} en el cálculo del C en suelos forestales para estimar la influencia de los regímenes de perturbaciones naturales
- F_{MG} : factor de cambio de existencias para el régimen de gestión (adimensional).
- F_I : factor de cambio de existencias para el aporte de materia orgánica (adimensional).
- A : superficie de tierra del estrato que se estima (Ha). Considerar que toda la tierra del estrato debe tener condiciones biofísicas (es decir, clima y tipo de suelo) y una historia de gestión durante el período de inventario en común para que se la pueda considerar en su conjunto con fines analíticos.

Alianza



Ecuaciones utilizadas para la Subcategoría. 3.B.4b Tierras que se convierten en humedales

$$\Delta C_B = \Delta C_G + \Delta Conversion - \Delta C_L$$

Ecuación 2.15: Cambio anual en las existencias de carbono de biomásas en tierras convertidas a otra categoría de uso de la tierra (Nivel 2)
IPCC 2006, Volumen 4, Capítulo 2

donde:

ΔC_B : cambio anual en las existencias de carbono de la biomasa en tierras convertidas a otra categoría de uso de la tierra (Ton C año⁻¹)

ΔC_G : incremento anual en las existencias de carbono de la biomasa debido a crecimiento en tierras convertidas a otra categoría de uso de la tierra (Ton C año⁻¹)

$\Delta Conversion$: cambio inicial en las existencias de carbono de la biomasa en tierras convertidas a otra categoría de uso de la tierra (Ton C año⁻¹)

ΔC_L : reducción anual en las existencias de carbono de la biomasa debida a pérdidas producidas por cosechas, recogida de madera combustible y perturbaciones en tierras convertidas a otra categoría de uso de la tierra (Ton C año⁻¹)

$$\Delta Conversion = \sum_i \{(B_{Despues_i} - B_{Antes_i}) * \Delta A_{A_{Otras_i}}\} * CF$$

Ecuación 2.16: Cambio inicial en las existencias de carbono en la biomasa de tierras convertidas a otra categoría de la tierra.
IPCC 2006, Volumen 4, Capítulo 2

donde:

$\Delta Conversion$: cambio inicial en las existencias de carbono de la biomasa en tierras convertidas a otra categoría de tierra (Ton C año⁻¹)

$B_{Despues_i}$: existencias de biomasa en el tipo de tierra i inmediatamente después de la conversión, (Ton d.m. Ha⁻¹)

B_{Antes_i} : existencias de biomasa en el tipo de tierra i antes de la conversión (Ton d.m. Ha⁻¹)

$\Delta A_{A_{Otras_i}}$: superficie de uso de la tierra i convertida a otra categoría de uso de la tierra en un año dado (Ha año⁻¹)

CF : fracción de carbono de materia seca, (Ton C (ton d.m.)⁻¹)

i : tipo de uso de la tierra convertido a otra categoría de uso de la tierra.

Ecuaciones utilizadas para la Subcategoría. 3.B.5b Tierras que se convierten en asentamientos

$$\Delta C_B = \Delta C_G + \Delta Conversion - \Delta C_L$$

Ecuación 2.15: Cambio anual en las existencias de carbono de biomásas en tierras convertidas a otra categoría de uso de la tierra (Nivel 2)
IPCC 2006, Volumen 4, Capítulo 2

donde:

ΔC_B : cambio anual en las existencias de carbono de la biomasa en tierras convertidas a otra categoría de uso de la tierra (Ton C año⁻¹)

ΔC_G : incremento anual en las existencias de carbono de la biomasa debido a crecimiento en tierras convertidas a otra categoría de uso de la tierra (Ton C año⁻¹)

$\Delta Conversion$: cambio inicial en las existencias de carbono de la biomasa en tierras convertidas a otra categoría de uso de la tierra (Ton C año⁻¹)

ΔC_L : reducción anual en las existencias de carbono de la biomasa debida a pérdidas producidas por cosechas, recogida de madera combustible y perturbaciones en tierras convertidas a otra categoría de uso de la tierra (Ton C año⁻¹)

$$\Delta Conversion = \sum_i \{(B_{Despues_i} - B_{Antes_i}) * \Delta A_{A_{Otras_i}}\} * CF$$

Ecuación 2.16: Cambio inicial en las existencias de carbono en la biomasa de tierras convertidas a otra categoría de la tierra.
IPCC 2006, Volumen 4, Capítulo 2

donde:

$\Delta Conversion$: cambio inicial en las existencias de carbono de la biomasa en tierras convertidas a otra categoría de tierra (Ton C año⁻¹)

$B_{Despues_i}$: existencias de biomasa en el tipo de tierra i inmediatamente después de la conversión, (Ton d.m. Ha⁻¹)

B_{Antes_i} : existencias de biomasa en el tipo de tierra i antes de la conversión (Ton d.m. Ha⁻¹)

$\Delta A_{A_{Otras_i}}$: superficie de uso de la tierra i convertida a otra categoría de uso de la tierra en un año dado (Ha año⁻¹)

CF : fracción de carbono de materia seca, (Ton C (ton d.m.)⁻¹)

i : tipo de uso de la tierra convertido a otra categoría de uso de la tierra.

Alianza



Ecuaciones utilizadas para la Subcategoría. 3.C1 Emisiones por quema de biomasa

$$L_{Fuego} = A * M_B * C_f * G_{ef} * 10^{-3}$$

Ecuación 2.27: Emisiones de gases de efecto invernadero a causa de incendios
IPCC 2006, Volumen 4, Capítulo 2

donde:

L_{Fuego} : cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero provocada por el fuego (Ton de cada gas de efecto invernadero (GEI), p. ej., CH₄, N₂O, etc.

A : superficie quemada (Ha)

M_B : masa de combustible disponible para la combustión, (Ton Ha⁻¹). Incluye biomasa, hojarasca molida y madera muerta. Cuando se aplican métodos de Nivel 1, se supone que los depósitos de hojarasca y de madera muerta equivalen a cero, a excepción de los casos en que hay un cambio en el uso de la tierra

C_f : factor de combustión (adimensional)

G_{ef} : Factor de emisión (g kg⁻¹ de materia seca quemada)

Nota: Cuando no se dispone de datos para MB y Cf, se puede utilizar un valor por defecto para la cantidad de combustible realmente quemado (el producto de MB por Cf) según la metodología de Nivel 1.

Ecuaciones utilizadas para la Subcategoría. 3.C4 y 3C5 Emisiones directas de N₂O de suelos gestionados

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

Ecuación 11.1: Emisiones directas de N₂O de suelos gestionados (Nivel 1)

IPCC 2006, Volumen 4, Capítulo 11

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

$$N_2O - N_{OS} = [(F_{OS,CG,Temp} * EF_{2CG,Temp}) + (F_{OS,CG,Trop} * EF_{2CG,Trop}) + (F_{OS,F,Temp,NR} * EF_{2F,Temp,NR}) + (F_{OS,F,Temp,NP} * EF_{2F,Temp,NP}) + (F_{OS,F,Trop} * EF_{2F,Trop})]$$

$$N_2O - N_{PRP} = [(F_{PRP, CPP} * EF_{3PRP, CPP}) + (F_{PRP, SO} * EF_{3PRP, SO})]$$

donde:

$N_2O_{Directas}$: emisiones directas anuales de N₂O-N de suelos gestionados (kg N₂O-N año⁻¹)

$N_2O - N_{N\text{ aportes}}$: emisiones directas anuales de N₂O-N de aportes de N a suelos gestionados (kg N₂O-N año⁻¹)

$N_2O - N_{OS}$: emisiones directas anuales de N₂O-N de suelos orgánicos gestionados (kg N₂O-N año⁻¹)

$N_2O - N_{PRP}$: emisiones directas anuales de N₂O-N de aportes de orina y estiércol a tierras de pastoreo (kg N₂O-N año⁻¹)

F_{SN} : cantidad anual de N aplicado a los suelos en forma de fertilizante sintético (kg N año⁻¹)

F_{ON} : cantidad anual de estiércol animal, compost, lodos cloacales y otros aportes de N aplicada a los suelos (kg N año⁻¹)

F_{CR} : cantidad anual de N en los residuos agrícolas (aéreos y subterráneos), incluyendo los cultivos fijadores de N y de la renovación de forraje/pastura, devueltos a los suelos (kg N año⁻¹)

F_{SOM} : cantidad anual de N en suelos minerales que se mineraliza, relacionada con la pérdida de C del suelo de la materia orgánica del suelo como resultado de cambios en el uso o la gestión de la tierra (kg N año⁻¹)

F_{OS} : superficie anual de suelos orgánicos gestionados/drenados (Ha) (Nota: los subíndices CG, F, Temp, Trop, NR y NP se refieren a Tierras de cultivo y Pastizales, Tierras forestales, Templadas, Tropicales, Ricas en nutrientes y Pobres en nutrientes, respectivamente).

F_{PRP} : cantidad anual de N de la orina y el estiércol depositada por los animales en pastoreo sobre las pasturas, prados y praderas (kg N año⁻¹) (Nota: los subíndices CPP y SO se refieren a Vacunos, Aves de corral y Porcinos, y a Ovinos y Otros animales, respectivamente).

EF_1 : factor de emisión para emisiones de N₂O de aportes de N (kg N₂O-N (kg aporte de N)⁻¹)

EF_{1FR} : factor de emisión para emisiones de N₂O de aportes de N a arroz inundado (kg N₂O-N (kg aporte de N)⁻¹)

EF_2 : factor de emisión para emisiones de N₂O de suelos orgánicos drenados/gestionados (kg N₂O-N Ha⁻¹ año⁻¹) (Nota: los subíndices CG, F, Temp, Trop, NR y NP se refieren a Tierras de cultivo y Pastizales, Tierras forestales, Templadas, Tropicales, Ricas en nutrientes y Pobres en nutrientes, respectivamente).

EF_{3PRP} : factor de emisión para emisiones de N₂O del N de la orina y el estiércol depositado en pasturas, prados y praderas por animales en pastoreo (kg N₂O-N (kg aporte de N)⁻¹). (Nota: los subíndices CPP y SO se refieren a Vacunos, Aves de corral y Porcinos, y a Ovinos y Otros animales, respectivamente).

Alianza



$$N_2O_{(ATD)} - N = [(F_{SN} * Frac_{GASF}) + ((F_{ON} + F_{PRP}) * Frac_{GASM})] * EF_4$$

Ecuación 11.9: N₂O producido por deposición atmosférica de N volatilizado de suelos gestionados (Nivel 1)
IPCC 2006, Volumen 4, Capítulo 11

donde:

- $N_2O_{(ATD)} - N$: cantidad anual de N₂O–N producida por deposición atmosférica de N volatilizado de suelos gestionados (kg N₂O–N año⁻¹)
- F_{SN} : cantidad anual de N aplicado a los suelos en forma de fertilizante sintético (kg N año⁻¹)
- $Frac_{GASF}$: fracción de N de fertilizantes sintéticos que se volatiliza como NH₃ y NO_x (kg N volatilizado (kg de N aplicado)⁻¹)
- F_{ON} : cantidad anual de estiércol animal gestionado, compost, lodos cloacales y otros agregados de N orgánico aplicada a los suelos (kg N año⁻¹)
- F_{PRP} : cantidad anual de N de la orina y el estiércol depositado por animales de pastoreo en pasturas, prados y praderas (kg N año⁻¹)
- $Frac_{GASM}$: fracción de materiales fertilizantes de N orgánico (FON) y de N de orina y estiércol depositada por animales de pastoreo (PRP) que se volatiliza como NH₃ y NO_x, kg N volatilizado (kg de N aplicado o depositado)⁻¹)
- EF_4 : factor de emisión correspondiente a las emisiones de N₂O de la deposición atmosférica de N en los suelos y en las superficies del agua [kg N–N₂O (kg NH₃–N + NO_x–N volatilizado)⁻¹]

$$N_2O_{(L)} - N = (F_{SN} + F_{ON} + F_{PRP} + F_{CR} + F_{SOM}) * Frac_{Lixiviación-(H)} * EF_5$$

Ecuación 11.10: emisiones de N₂O por lixiviación/escorrimento de suelos gestionados en regiones donde se producen estos fenómenos (Nivel 1)

donde:

- $N_2O_{(L)} - N$: cantidad anual de N₂O–N producida por lixiviación y escurrimiento de agregados de N a suelos gestionados en regiones donde se producen estos fenómenos (kg N₂O–N año⁻¹)
- F_{SN} : cantidad anual de N de fertilizantes sintéticos aplicada a los suelos en regiones donde se produce lixiviación/escorrimento (kg N año⁻¹)
- F_{ON} : cantidad anual de estiércol animal gestionado, compost, lodos cloacales y otros agregados de N orgánico aplicada a los suelos en regiones donde se produce lixiviación/escorrimento (kg N año⁻¹)
- F_{PRP} : cantidad anual de N de la orina y el estiércol depositada por los animales en pastoreo en regiones donde se produce lixiviación/escorrimento (kg N año⁻¹)
- F_{CR} : cantidad de N en los residuos agrícolas (aéreos y subterráneos), incluyendo los cultivos fijadores de N y de la renovación de forraje/pastura, devueltos a los suelos anualmente en regiones donde se produce lixiviación/escorrimento (kg N año⁻¹)
- F_{SOM} : cantidad anual de N mineralizado en suelos minerales relacionada con la pérdida de C del suelo de la materia orgánica del suelo como resultado de cambios en el uso o la gestión de la tierra en regiones donde se produce lixiviación/escorrimento (kg N año⁻¹)
- $Frac_{Lixiviación-(H)}$: fracción de todo el N agregado a/mineralizado en suelos gestionados en regiones donde se produce lixiviación/escorrimento (kg N (kg de agregados de N)⁻¹)
- EF_5 : factor de emisión para emisiones de N₂O por lixiviación y escurrimiento (kg N₂O–N (kg N por lixiviación y escurrido)⁻¹)

Ecuaciones utilizadas para la categoría 4.A.1 (Disposición de residuos sólidos en Relleno Sanitario Presidente) Método de nivel 2

Para la estimación de emisiones de CH₄ procedentes de la disposición de residuos sólidos en sitios gestionados como el Relleno Sanitario Presidente se hizo uso de una metodología de cálculo de nivel 2 dada por la implementación del modelo de descomposición de primer orden (FOD, por sus siglas en inglés) generado por el IPCC 2006, el cual se encuentra disponible en <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/vol5.html>.

Las ecuaciones básicas sobre las cuales se desarrolla el modelo FOD se muestran a continuación:

$$DDOCma_T = DDOCmd_T + (DDOCma_{T-1} * e^{-k})$$

Ecuación 3.4 para estimar el DDOCm acumulado en los SEDS al término del año T
IPCC 2006, Volumen 5, Capítulo 3

$$DDOCm_{descomp}_T = DDOCma_{T-1} * (1 - e^{-k})$$

Ecuación 3.5 para estimar el DDOCm acumulado en los SEDS al término del año T
IPCC 2006, Volumen 5, Capítulo 3

Alianza



donde:

T : Año del inventario

$DDOCm_T$: DDOCm acumulado en los SEDS al final del año T (Gg)

$DDOCm_{T-1}$: DDOCm acumulado en los SEDS al final del año $T-1$ (Gg)

$DDOCmd_T$: DDOCm despositado en los SEDS durante el año T (Gg)

$DDOCm_{descomp_T}$: DDOCm descompuesto en los SEDS durante el año T (Gg)

k : constante de reacción, $k = \frac{\ln(2)}{t_{1/2}}$ (Años⁻¹)

$t_{1/2}$: vida media (Años)

$$CH_4 \text{ generado}_T = DDOCm_{descomp_T} * F * \frac{16}{12}$$

Ecuación 3.6 para estimar las emisiones de CH₄ a partir de los DDOCm en descomposición
IPCC 2006, Volumen 5, Capítulo 3

donde:

$CH_4 \text{ generado}_T$: cantidad de CH₄ generado a partir del material en descomposición (Gg CH₄. Año⁻¹)

$DDOCm_{descomp_T}$: CH₄ descompuesto durante el año T (Gg)

F : fracción volumétrica de CH₄ en el gas de vertedero generado (fracción)

$\frac{16}{12}$: cociente de pesos moleculares CH₄.C⁻¹

Si bien las ecuaciones anteriores son la base del proceso de cálculo, el modelo IPCC_Waste contiene adicionalmente otras ecuaciones parciales que permiten las estimaciones de los diferentes parámetros que permiten obtener la emisión. Los parámetros requeridos por el modelo se describen a continuación:

Carbono orgánico degradable (DOC): Es el carbono orgánico de los desechos que puede acceder a la descomposición bioquímica (Gg C. Gg de residuos⁻¹)

Fracción de carbono orgánico que se descompone (DOC_T): Es una estimación de la fracción de carbono que se degrada en última instancia y que se libera desde un SEDS y refleja el hecho de que una parte del carbono orgánico degradable no se degrada, o se degrada muy lentamente, bajo condiciones anaeróbicas en los sitios de eliminación de residuos sólidos (SEDS).

Vida media y constante de la tasa de generación de metano (k): Es el tiempo necesario para que el DOCm de los residuos se descomponga hasta la mitad de su masa inicial. La vida media está afectada por una amplia variedad de factores relacionados con la composición de los residuos, las condiciones climáticas del lugar donde se sitúa el SEDS, las características del SEDS, las prácticas de eliminación de residuos, entre otros.

Tiempo de retardo (meses): Periodo en el cual, luego de la disposición de residuos en los SEDS se genera la producción de CH₄, esta variable puede variar según la composición de los residuos y las condiciones climáticas.

Fracción de metano en el gas (F): Contenido de metano en el gas producido en el SEDS.

Factor de oxidación (OX): Refleja la cantidad de metano de los sitios de eliminación de los desechos sólidos que se oxida en el suelo u otro material que cubre los desechos.

Parámetros para almacenamiento de carbono: Hace referencia a una parte del carbono que permanece almacenada por largos periodos en los SEDS. La madera y el papel se descomponen muy lentamente y se acumulan en los SEDS (almacenamiento a largo plazo), sin embargo, las fracciones de carbono de otros tipos de desechos se descomponen en periodos variados de tiempo.

Factor de corrección de CH₄ de residuos sólidos municipales (MCF) y Factor de corrección de metano de residuos sólidos industriales (MCF): Las prácticas de eliminación de residuos varían respecto del control, la disposición de los residuos y la gestión del sitio. El factor de corrección de CH₄ (MCF) da cuenta del hecho de que, a partir de una cantidad dada de residuos, los SEDS no gestionados producen menos CH₄ que los SEDS anaeróbicos gestionados. En los SEDS no gestionados, una fracción mayor de desechos se descompone aeróbicamente en la capa superior.

Alianza



Cantidad de residuos sólidos municipales depositados: Cantidad total de residuos dispuestos en el SEDS anualmente.

Porcentaje dispuesta en los sitios de disposición de residuos sólidos: Fracción de los residuos que se depositan en los SEDS

Composición de residuos en los sitios de disposición de residuos: Expresados como porcentajes de residuos de comida, jardín, papel, madera, textiles, pañales, plásticos y otros inertes.

Cantidad de metano recuperado de los sitios de disposición de residuos sólidos: Cantidad de metano generado en los SEDS que puede recuperarse y quemarse en antorcha o en un dispositivo energético.

Ecuaciones utilizadas para la categoría 4.C.1 (Incineración de residuos sólidos peligrosos)

Método de nivel 1

$$Emisiones_{CO_2} = \sum_i (SW_i * dm_i * CF_i * FCF_i * OF_i) * \left(\frac{44}{12}\right)$$

Ecuación 5.1 para estimar las emisiones de CO₂ procedentes de la incineración de residuos sólidos peligrosos
IPCC 2006, Volumen 5, Capítulo 5

donde:

$Emisiones_{CO_2}$: emisiones de CO₂ durante el año del inventario (Gg. Año⁻¹)

SW_i : cantidad total de residuos sólidos de tipo i (en base húmeda) incinerados (Gg. Año⁻¹)

dm_i : contenido de materia seca en los residuos de tipo i (en base húmeda) incinerados (fracción)

CF_i : fracción de carbono en la materia seca (contenido de carbono total), (fracción)

FCF_i : fracción de carbono fósil en el carbono total (fracción)

OF_i : factor de oxidación (fracción)

$\frac{44}{12}$: factor de conversión de C en CO₂

i: tipo de residuo incinerado

Ecuaciones utilizadas para la categoría 4.C.1 (Incineración de residuos líquidos)

Método de nivel 1

$$Emisiones_{CO_2} = \sum_i (AL_i * CL_i * CF_i * OF_i) * \left(\frac{44}{12}\right)$$

Ecuación 5.3 para estimar las emisiones de CO₂ procedentes de la incineración de residuos líquidos
IPCC 2006, Volumen 5, Capítulo 5

donde:

$Emisiones_{CO_2}$: emisiones de CO₂ proveniente de la incineración de residuos fósiles líquidos (Gg. Año⁻¹)

AL_i : cantidad de residuos fósiles líquidos de tipo i incinerados (Gg. Año⁻¹)

CL_i : contenido de carbono de los residuos fósiles líquidos de tipo i (fracción)

OF_i : factor de oxidación para los residuos fósiles líquidos de tipo i (fracción)

$\frac{44}{12}$: factor de conversión de C en CO₂

i: tipo de residuo incinerado

Ecuaciones utilizadas para la categoría 4.C.2 (Quema abierta de residuos sólidos)

Método de nivel 1

$$Cantidad\ de\ residuos = P * P_{frac} * PPC * B_{frac} * 365 * 10^{-6}$$

Ecuación 5.7 para estimar la cantidad total de residuos sólidos municipales quemados a cielo abierto
IPCC 2006, Volumen 5, Capítulo 5

donde:

$Cantidad\ de\ residuos$: cantidad de residuos sólidos quemados (en base húmeda) a cielo abierto (Gg residuos. Año⁻¹)

P : Población generadora de residuos (Habitantes)

P_{frac} : fracción de la población que quema residuos (fracción)

PPC : producción per-cápita de residuos sólidos (kg residuos. Hab⁻¹. día⁻¹)

B_{frac} : fracción de la cantidad de residuos que se queman con respecto a la cantidad total de residuos (valor por defecto 0.6)

Alianza



365: días del año

10^{-6} : factor de conversión de kilogramos a Gigagramos de residuos sólidos

$$Emisiones_{CO_2} = Cantidad\ de\ residuos * (dm * CF * FCF * OF) * \left(\frac{44}{12}\right)$$

Ecuación 5.2 para estimar las emisiones de CO₂ procedentes de la incineración abierta de residuos sólidos
IPCC 2006, Volumen 5, Capítulo 5

donde:

$Emisiones_{CO_2}$: emisiones de CO₂ durante el año del inventario (Gg CO₂. Año⁻¹)

dm : contenido de materia seca de los residuos de los residuos sólidos quemados a cielo abierto (fracción)

CF : fracción de carbono en la materia seca (fracción)

FCF : fracción de carbono fósil en el carbono total (fracción)

OF : factor de oxidación (fracción)

$\frac{44}{12}$: factor de conversión de C en CO₂

$$Emisiones\ CH_4 = IW * EF * 10^{-6}$$

Ecuación 5.4 para estimar las emisiones de CH₄ procedentes de la incineración abierta de residuos sólidos
IPCC 2006, Volumen 5, Capítulo 5

donde:

$Emisiones\ CH_4$: emisiones de CH₄ durante el año de inventario (Gg CH₄. Año⁻¹)

IW : cantidad de residuos sólidos (en base húmeda) quemados a cielo abierto (Gg residuos. Año⁻¹)

EF : factor de emisión de CH₄ (en base húmeda) agregado (kg CH₄. Gg residuos⁻¹)

10^{-6} : factor de conversión de kilogramos a Gigagramos de CH₄

$$Emisiones\ N_2O = IW * EF * 10^{-6}$$

Ecuación 5.5 para estimar las emisiones de N₂O procedentes de la incineración abierta de residuos sólidos
IPCC 2006, Volumen 5, Capítulo 5

donde:

$Emisiones\ N_2O$: emisiones de N₂O durante el año de inventario (Gg N₂O. Año⁻¹)

IW : cantidad de residuos sólidos (en base seca) quemados a cielo abierto (Gg residuos. Año⁻¹)

EF : factor de emisión de N₂O (en base seca) agregado (kg N₂O. Gg residuos⁻¹)

10^{-6} : factor de conversión de kilogramos a Gigagramos de N₂O

Ecuaciones utilizadas para la categoría 4.D.1 (Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas)

Método de nivel 1

$$Emisiones_{CH_4} = \left[\sum_{i,j} (U_i * T_{i,j} * FE_j) \right] * (TOW - S) - R$$

Ecuación 6.1 para estimar las emisiones de CH₄ procedentes de aguas residuales domésticas
IPCC 2006, Volumen 5, Capítulo 6

donde:

$Emisiones_{CH_4}$ = emisiones de CH₄ durante el año de inventario (Gg CH₄.Año⁻¹)

TOW =total de materia orgánica en el agua residual (kg DBO.Año⁻¹)

S = componente orgánico separado como lodo (kg DBO.Año⁻¹)

U_i = fracción de la población del grupo de ingresos i (fracción)

$T_{i,j}$ =grado de utilización de vía o sistema de tratamiento y/o eliminación j para cada fracción de grupo de ingresos i (fracción)

FE_j =factor de emisión para CH₄ (kg CH₄.kg DBO⁻¹)

i =grupo de ingresos: rural, urbano de altos ingresos y urbano de bajos ingresos

j =tipo de vía o sistema de tratamiento/eliminación

Alianza



R: cantidad de CH₄ recuperado durante el año de inventario (kg CH₄. Año⁻¹)

$$EF_j = B_o * MCF_j$$

Ecuación 6.2 para estimar el factor de emisión de CH₄ para cada vía o sistema de tratamiento y/o eliminación de aguas residuales domésticas
IPCC 2006, Volumen 5, Capítulo 6

donde:

EF_j : factor de emisión (kg CH₄. Kg DBO⁻¹)

B_o : capacidad máxima de producción de CH₄ (kg CH₄. kg DBO⁻¹)

MCF_j : factor corrector para el CH₄ (fracción)

j =tipo de vía o sistema de tratamiento/eliminación

$$TOW = P * BOD * 10^{-3} * I * 365$$

Ecuación 6.3 para estimar el total de materia orgánica degradable en aguas residuales domésticas
IPCC 2006, Volumen 5, Capítulo 6

donde:

TOW : total de materia orgánica en las aguas residuales durante el año de inventario (kg BOD. Año⁻¹)

P : población en el año de inventario (Habitantes)

BOD : BOD per -cápita específico en el año de inventario (g. Hab⁻¹. Día⁻¹)

10^{-3} : factor de conversión de gramos a kilogramos de BOD

I : factor de corrección para BOD industrial adicional eliminado en el alcantarillado

365: días de un año

$$Emisiones_{N_2O} = N_{Efluyente} * EF_{Efluyente} * \frac{44}{28}$$

Ecuación 6.7 para estimar las emisiones de N₂O proveniente de las aguas residuales efluentes
IPCC 2006, Volumen 5, Capítulo 6

donde:

$Emisiones_{N_2O}$: emisiones de N₂O durante el año de inventario (kg N₂O. Año⁻¹)

$N_{Efluyente}$: nitrógeno en el efluente eliminado en medios acuáticos (kg N. Año⁻¹)

$EF_{Efluyente}$: factor de emisión para las emisiones de N₂O provenientes de la eliminación de aguas residuales (kg N₂O. kg N⁻¹)

$\frac{44}{28}$: factor de conversión de kilogramos de N₂O-N a kilogramos de N₂O

$$N_{Efluyente} = (P * Proteína * F_{NPR} * F_{NON-COM} * F_{IND-COM}) - N_{LODO}$$

Ecuación 6.8 para estimar el contenido total de nitrógeno en efluentes
IPCC 2006, Volumen 5, Capítulo 6

donde:

$N_{Efluyente}$: cantidad total anual de nitrógeno en efluentes de aguas residuales (kg N. Año⁻¹)

P : Población humana (Habitantes)

$Proteína$: consumo per-cápita de proteínas (kg. Hab⁻¹.Año⁻¹)

F_{NPR} : fracción de nitrógeno en las proteínas (por defecto 0.16 kg N. kg proteína⁻¹)

$F_{NON-COM}$: factor de las proteínas no consumidas añadidas a las aguas residuales (adimensional)

$F_{IND-COM}$: factor para las proteínas industriales y comerciales co-eliminadas en los sistemas de alcantarillado (adimensional)

N_{LODO} : nitrógeno separado con el lodo residual (por defecto 0 kg N. Año⁻¹)

Alianza



Ecuaciones utilizadas para la categoría 4.D.2 (Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales)

Método de nivel 1

$$Emisiones_{CH_4} = \sum_i [TOW_i - S_i] * EF_i - R_i]$$

Ecuación 6.4 para estimar las emisiones de CH₄ procedentes de aguas residuales industriales
IPCC 2006, Volumen 5, Capítulo 6

donde:

$Emisiones_{CH_4}$: emisiones de CH₄ durante el año de inventario (Gg CH₄. Año⁻¹)

TOW_i : total de la materia orgánica degradable contenida en las aguas residuales de la industria i durante el año de inventario (kg COD. Año⁻¹)

i: sector industrial

S_i : componente orgánico separado como lodo durante el año de inventario (kg COD. Año⁻¹)

EF_i : factor de emisión para la industria i (kg CH₄. Kg COD⁻¹) para la vía o sistema de tratamiento y/o eliminación utilizado en el año de inventario

R_i : cantidad de CH₄ recuperado durante el año de inventario (kg CH₄. Año⁻¹)

$$EF_j = B_o * MCF_j$$

Ecuación 6.5 para estimar el factor de emisión de CH₄ para cada vía o sistema de tratamiento y/o eliminación de aguas residuales industriales
IPCC 2006, Volumen 5, Capítulo 6

donde:

EF_j : factor de emisión (kg CH₄. Kg COD⁻¹)

B_o : capacidad máxima de producción de CH₄ (kg CH₄. kg COD⁻¹)

MCF_j : factor corrector para el CH₄ (fracción)

j=tipo de vía o sistema de tratamiento/eliminación

$$TOW_i = P_i * W_i * COD_i$$

Ecuación 6.6 para estimar la materia orgánica degradable en las aguas residuales industriales
IPCC 2006, Volumen 5, Capítulo 6

donde:

TOW_i =total de materia orgánica degradable de manera orgánica en las aguas residuales industriales de la industria i (kg COD. Año⁻¹)

W_i : volumen de aguas residuales industriales generadas (m³ de agua residual. Ton producto⁻¹)

i: sector industrial

P_i : producto industrial total del sector industrial i (Ton producto. Año⁻¹)

COD_i : demanda química de oxígeno (kg COD. m⁻³)

Alianza

ANEXO A.2. Datos de actividad correspondiente a los sectores Energía, IPPU, AFOLU y Residuos

Sectores y categorías IPCC		Dato de actividad	Fuente de información del dato de actividad	Años del dato de actividad
1 Energía				
1.A	Actividad de quema de combustibles			
1.A.2	Industrias manufactureras y de la construcción			
1.A.2.a	Hierro y acero	Consumo de combustibles fósiles y biomasa en industrias de fabricación de productos metalúrgicos básicos; fabricación de productos elaborados de metal.	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)	2010 y 2014
1.A.2.b	Metales no ferrosos	Consumo de combustibles fósiles y biomasa en industrias de fabricación de productos metalúrgicos básicos; fabricación de productos elaborados de metal.	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)	2010 y 2014
1.A.2.c	Productos químicos	Consumo de combustibles fósiles y biomasa en industrias de fabricación de sustancias y productos químicos	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)	2010 y 2014
1.A.2.d	Pulpa, papel e imprenta	Consumo de combustibles fósiles y biomasa en industrias de fabricación de papel, cartón y productos de papel y cartón, actividades de edición e impresión y de reproducción de grabaciones	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)	2010 y 2014
1.A.2.e	Procesamiento de los alimentos, bebidas y tabaco	Consumo de combustibles fósiles y biomasa en industrias de producción, transformación y conservación de carne y pescado, elaboración de aceites y grasas animales y vegetales, productos lácteos, elaboración de productos de molinería, alimentos preparados para animales; productos de panadería, macarrones, fideos, productos de café. Ingenios, refineries de azúcar y trapiches.	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)	2010 y 2014
1.A.2.j	Madera y productos de madera	Consumo de combustibles fósiles y biomasa en industrias de transformación de la madera y fabricación de productos de madera y de corcho, excepto muebles; fabricación de artículos de cestería y espartería	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)	2010 y 2014
1.A.2.l	Textiles y cuero	Consumo de combustibles fósiles y biomasa en industrias de preparación e hilatura de fibras textiles; tejeduría de productos textiles; fabricación de prendas de vestir; preparado y teñido de pieles, curtido y preparado de cueros; fabricación de calzado.	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)	2010 y 2014
1.A.2.m	Industria no especificada	Consumo de combustibles fósiles y biomasa en otras industrias manufactureras.	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)	2010 y 2014
1.A.3	Transporte aéreo y terrestre	Movilizaciones de pasajeros y de carga en el aeropuerto Alfonso Bonilla Aragón e Inventario del parque automotor de Palmira	Cámara de Comercio de Palmira Aeronáutica Civil	2010 y 2014
1.A.3.a	Aviación civil y de carga	Número de vuelos nacionales procedentes del aeropuerto Alfonso Bonilla Aragón y Consumo de combustibles fósiles (Jet queroseno)	Aeronáutica Civil	2010 y 2014
1.A.3	Transporte terrestre	Inventario de automóviles, camiones para servicio ligero, camiones para servicio pesado y autobuses, motocicletas	Cámara de Comercio de Palmira	2010 y 2014
1.A.4	Otros sectores	Consumo de combustibles fósiles en establecimientos comerciales, institucionales (oficiales), residencias y sector agropecuario	Super Intendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD)	2010 y 2014
1.A.4.a	Comercial/Institucional	Consumo de combustibles fósiles (gas natural) y electricidad en establecimientos comerciales e institucionales	Super Intendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD)	2010 y 2014
1.A.4.b	Residencial	Consumo de combustibles fósiles (gas natural y GLP) y electricidad en el subsector residencial	Super Intendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD)	2010 y 2014
1.A.4.c	Agricultura/Silvicultura/Pesca/Piscifactorías	Consumo de combustibles fósiles en el sector agropecuario por vehículo todo terreno y maquinaria agrícola	Cámara de Comercio de Palmira	2010 y 2014

Alianza



2. Procesos Industriales y Uso de productos				
2.A	Industria de los minerales			
2.A.1	Producción de cemento	Consumo de cemento gris y blanco	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)	2010 y 2014
2.A.2	Producción de cal	Consumo de cal viva e hidratada	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)	2010 y 2014
2.A.3	Producción de vidrio	Producción de vidrio plano	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)	2010 y 2014
2.A.4	Otros usos de carbonatos en los procesos	Uso de carbonato de calcio	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)	2010 y 2014
2.A.4.b	Otros usos de la ceniza de sosa	Uso de ceniza de sosas	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)	2010 y 2014
2.C	Industria de los metales			
2.C.1	Producción de hierro y acero	Producción de hierro y acero por fundición	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)	2010 y 2014
2.C.3	Producción de aluminio	Producción de aluminio por fundición	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)	2010 y 2014
2.C.5	Producción de plomo	Producción de plomo por fundición	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)	2010 y 2014
2.D	Uso de productos no energéticos de combustibles y de solvente	Uso de productos no energéticos asociados a aceites, grasas y ceras	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)	2010 y 2014
2.D.1	Uso de lubricante	Uso de aceites y grasas para maquinaria y/o industriales	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)	2010 y 2014
2.D.2	Uso de la cera de parafina	Uso de aceites y grasas para maquinaria y/o industriales	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)	2010 y 2014
Agricultura, Silvicultura y Otros usos del suelo				
3.A	Ganado			
3.A.1	Fermentación entérica			
3.A.1.a	Ganado bovino	Cabezas de ganado	Instituto Colombiano Agropecuario (ICA)	2010 y 2014
3.A.1.b	Búfalos	Cabezas de ganado	Instituto Colombiano Agropecuario (ICA)	2010 y 2014
3.A.1.c	Ovinos	Cabezas de ganado	Instituto Colombiano Agropecuario (ICA)	2010 y 2014
3.A.1.d	Caprinos	Cabezas de ganado	Instituto Colombiano Agropecuario (ICA)	2010 y 2014
3.A.1.f	Caballos	Cabezas de ganado	Instituto Colombiano Agropecuario (ICA)	2010 y 2014
3.A.1.h	Porcinos	Cabezas de ganado	Instituto Colombiano Agropecuario (ICA)	2010 y 2014

Alianza



3.A.1.j	Otros (aves ponedoras, pollo de engorde y conejos)	Cabezas de ganado	Instituto Colombiano Agropecuario (ICA)	2010 y 2014
3A2	Gestión de estiércol			
3.A.2.a	Ganado Bovino	Cabezas de ganado	Instituto Colombiano Agropecuario (ICA)	2010 y 2014
		Sistemas de gestión de estiércol	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) Grupo Intergubernamental de Expertos Sobre Cambio climático (IPCC)	2010 y 2014
3.A.2.b	Búfalos	Cabezas de ganado	Instituto Colombiano Agropecuario (ICA)	2010 y 2014
		Sistemas de gestión de estiércol	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) Grupo Intergubernamental de Expertos Sobre Cambio climático (IPCC)	2010 y 2014
3.A.2.c	Ovinos	Cabezas de ganado	Instituto Colombiano Agropecuario (ICA)	2010 y 2014
		Sistemas de gestión de estiércol	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) Grupo Intergubernamental de Expertos Sobre Cambio climático (IPCC)	2010 y 2014
3.A.2.d	Caprinos	Cabezas de ganado	Instituto Colombiano Agropecuario (ICA)	2010 y 2014
		Sistemas de gestión de estiércol	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) Grupo Intergubernamental de Expertos Sobre Cambio climático (IPCC)	2010 y 2014
3.A.2.f	Caballos	Cabezas de ganado	Instituto Colombiano Agropecuario (ICA)	2010 y 2014
		Sistemas de gestión de estiércol	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) Grupo Intergubernamental de Expertos Sobre Cambio climático (IPCC)	2010 y 2014
3.A.2.g	Mulas y asnos	Cabezas de ganado	Instituto Colombiano Agropecuario (ICA)	2010 y 2014
		Sistemas de gestión de estiércol	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) Grupo Intergubernamental de Expertos Sobre Cambio climático (IPCC)	2010 y 2014
3.A.2.h	Porcinos	Cabezas de ganado	Instituto Colombiano Agropecuario (ICA)	2010 y 2014
		Sistemas de gestión de estiércol	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) Grupo Intergubernamental de Expertos Sobre Cambio climático (IPCC)	2010 y 2014

Alianza



3B1		Tierra		
3.B.1.ai	Tierras forestales que permanecen (Bosque natural)	Biomasa consumo de leña (Población rural que consume leña)	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)	2010 y 2014
3.B.1.a.ii	Tierras forestales que permanecen (Transiciones entre coberturas forestales)	Biomasa (Superficie de cambio (Ha) que pasó de bosque natural a otra tierra forestal o viceversa)	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)	2010 y 2014
3.B.1.a.iii	Tierras forestales que permanecen (Plantaciones forestales)	Crecimiento y cosecha de biomasa (Superficie (Ha) del área anual sembrada y cosechada de plantaciones forestales comerciales)	Instituto Colombiano Agropecuario (ICA)	2010 y 2014
3.B.1.bi	Tierras de cultivo convertidas en tierras forestales	Biomasa (Superficie regenerada del bosque natural que pasa desde la categoría de cultivos)	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)	2010 y 2014
		Materia Orgánica Muerta (Superficie regenerada del bosque natural que pasa desde la categoría de cultivos)	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)	2010 y 2014
		Suelos Minerales (Superficie regenerada del bosque natural que pasa desde la categoría de cultivos)	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)	2010 y 2014
3.B.1.bii	Pastizales convertidos en tierras forestales	Biomasa (Superficie regenerada del bosque natural que pasa desde la categoría de pastizales)	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)	2010 y 2014
		Materia Orgánica Muerta (Superficie regenerada del bosque natural que pasa desde la categoría de pastizales)	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)	2010 y 2014
		Suelos (Superficie regenerada del bosque natural que pasa desde la categoría de pastizales)	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)	2010 y 2014
3.B.1.biii	Humedales convertidos en tierras forestales	Biomasa (Superficie regenerada del bosque natural que pasa desde la categoría de humedales)	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)	2010 y 2014
		Materia Orgánica Muerta (Superficie regenerada del bosque natural que pasa desde la categoría de humedales)	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)	2010 y 2014
		Suelos (Superficie regenerada del bosque natural que pasa desde la categoría de humedales)	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)	2010 y 2014
3.B.1.biv	Asentamientos convertidos en tierras forestales	Biomasa (Superficie regenerada del bosque natural que pasa desde la categoría de asentamientos)	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)	2010 y 2014
		Materia Orgánica Muerta (Superficie regenerada del bosque natural que pasa desde la categoría de asentamientos)	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)	2010 y 2014
		Suelos (Superficie regenerada del bosque natural que pasa desde la categoría de asentamientos)	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)	2010 y 2014
3.B.2.ai	Tierras de cultivo que permanecen	Biomasa (Superficie sembrada (Ha) de cultivos permanentes)	Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR)	2010 y 2014
3.B.2.bi	Tierras forestales convertidas en tierras de cultivo	Biomasa (Superficie de cambio (Ha) que pasó de bosque natural a cultivo)	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)	2010 y 2014
		Materia Orgánica Muerta (Superficie de cambio (Ha) que pasó de bosque natural a cultivo)	Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC)	2010 y 2014
		Suelos Minerales (Superficie de cambio (Ha) que pasó de bosque natural a cultivo por tipo de suelo)	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)	2010 y 2014
3.B.3.bi	Tierras forestales convertidas en pastizales	Biomasa (Superficie de cambio (Ha) que paso de bosque natural a Pastizal)	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)	2010 y 2014

		Materia Orgánica Muerta (Superficie de cambio (Ha) que paso de bosque natural a Pastizal)	Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC)	2010 y 2014
		Suelos Minerales (Superficie de cambio (Ha) que paso de bosque natural a pastizal por tipo de suelo)	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)	2010 y 2014
3.B.4.bi	Tierras forestales convertidas en humedales	Biomasa (Superficie de cambio (Ha) que pasó de bosque natural a Humedales)	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)	2010 y 2014
		Materia Orgánica muerta (Superficie de cambio (Ha) que pasó de bosque natural a Humedales)	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)	2010 y 2014
		Suelos Minerales (Superficie de cambio (Ha) que pasó de bosque natural a Humedales por tipo de suelo)	Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC)	2010 y 2014
3.B.5.bi	Tierras forestales convertidas en asentamientos	Biomasa (Superficie de cambio (ha) que pasó de bosque natural a asentamientos)	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)	2010 y 2014
		Materia Orgánica Muerta (Superficie de cambio (ha) que pasó de bosque natural a asentamientos)	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)	2010 y 2014
		Suelos Minerales (Superficie de cambio (Ha) que paso de bosque natural a asentamientos por tipo de suelo)	Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC)	2010 y 2014
3.C Fuentes agregadas y emisiones de no CO₂ provenientes de la tierra				
3.C.1	Quema de biomasa	Incendios (Superficie anual (Ha) incendiada de tierras de cultivo – Caña de azúcar)	Corporación Autónoma del Valle del Cauca (CVC)	2010 y 2014
3.C.3	Aplicación de Urea	Aplicación de Urea en cultivos agrícolas (Ton Urea)	Gobernación del Valle del Cauca	2010 y 2014
3.C.4 Emisiones directas de N₂O de suelos gestionados				
3.C.4.a	Fertilizante sintético (FSN)	Consumo anual de nitrógeno (kg)	Gobernación del Valle del Cauca	2010 y 2014
3.C.4.b	Fertilizante orgánico (FON)	Consumo anual de nitrógeno (kg)	Estimado a partir de la población de pecuaria de Palmira - Instituto Colombiano Agropecuario (ICA)	2010 y 2014
3.C.4.c	Residuos de cultivo incluidos los fijadores de nitrógeno y de forraje en la renovación de pasturas (FCR)	Residuos anuales en forma de nitrógeno (kg)	Estimado a partir del área sembrada de Maíz, Frijol y Yuca en Palmira - Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR)	2010 y 2014
3.C.4.f	Orina y estiércol de animales en pastoreo (FPRP)	Cantidad anual de nitrógeno (kg)	Estimado a partir de la población de pecuaria de Palmira - Instituto Colombiano Agropecuario (ICA)	2010 y 2014
3.C.5 Emisiones indirectas de N₂O de suelos gestionados				
3.C.5.a	Volatilización - Fertilizante sintético (FSN)	Cantidad anual de nitrógeno (kg)	Estimado a partir de la población de pecuaria de Palmira - Instituto Colombiano Agropecuario (ICA)	2010 y 2014
3.C.5.b	Volatilización - Fertilizante orgánico (FON)	Cantidad anual de nitrógeno (kg)	Estimado a partir de la población de pecuaria de Palmira - Instituto Colombiano Agropecuario (ICA)	2010 y 2014
3.C.5.c	Volatilización - Orina y estiércol de animales en pastoreo (FPRP)	Cantidad anual de nitrógeno (kg)	Estimado a partir de la población de pecuaria de Palmira - Instituto Colombiano Agropecuario (ICA)	2010 y 2014
3.C.5.d	Lixiviación/escurremient o Fertilizante sintético (FSN)	Cantidad anual de nitrógeno (kg)	Estimado a partir de la población de pecuaria de Palmira - Instituto Colombiano Agropecuario (ICA)	2010 y 2014
3.C.5.e	Lixiviación/escurremient o Fertilizante orgánico (FON)	Cantidad anual de nitrógeno (kg)	Estimado a partir de la población de pecuaria de Palmira - Instituto Colombiano Agropecuario (ICA)	2010 y 2014
3.C.5.f	Lixiviación/escurremient o Residuos de cultivo incluidos los fijadores	Cantidad anual de nitrógeno (kg)	Estimado a partir del área sembrada de Maíz, Frijol y Yuca en Palmira - Ministerio de	2010 y 2014

Alianza



	de nitrógeno y de forraje en la renovación de pasturas (FCR)		Agricultura y Desarrollo Rural (MADR)	
3.C.5.h	Lixiviación/escurrenciamiento - Orina y estiércol de animales en pastoreo (FPRP)	Cantidad anual de nitrógeno (kg)	Estimado a partir de la población de pecuaria de Palmira - Instituto Colombiano Agropecuario (ICA)	2010 y 2014
3.C.6	Emisiones indirectas de N₂O de gestión de estiércol			
3.C.6.a	Ganado Bovino	Cabezas de ganado	Instituto Colombiano Agropecuario (ICA)	2010 y 2014
3.C.6.b	Búfalos	Cabezas de ganado	Instituto Colombiano Agropecuario (ICA)	2010 y 2014
3.C.6.c	Ovinos	Cabezas de ganado	Instituto Colombiano Agropecuario (ICA)	2010 y 2014
3.C.6.d	Caprinos	Cabezas de ganado	Instituto Colombiano Agropecuario (ICA)	2010 y 2014
3.C.6.f	Caballos	Cabezas de ganado	Instituto Colombiano Agropecuario (ICA)	2010 y 2014
3.C.6.g	Mulas y asnos	Cabezas de ganado	Instituto Colombiano Agropecuario (ICA)	2010 y 2014
3.C.6.h	Porcinos	Cabezas de ganado	Instituto Colombiano Agropecuario (ICA)	2010 y 2014
4.A	Residuos			
4.A.1	Sitios gestionados de eliminación de residuos			
4.A.1.a	Relleno Sanitario Presidente	Cantidad de residuos depositados en cada Relleno Sanitario Regional	Super Intendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD)	2010 y 2014
		Año de apertura o inicio de operaciones de cada Relleno	Super Intendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD)	2010 y 2014
		Zona climática en la cual se encuentra ubicado el sitio de disposición	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)	2010 y 2014
		Caracterización de residuos (divididas en residuos de comida, jardín, papel, madera, textiles, pañales)	Super Intendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD)	2010 y 2014
		Población	Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE)	2010 y 2014
4.C.1	Incineración de residuos	Cantidad de residuos hospitalarios incinerados	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)	2010 y 2014
		Cantidad de residuos líquidos fósiles (Residuos de aceites usados y solventes)	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)	2010 y 2014
		Cantidad de residuos peligrosos incinerados	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)	2010 y 2014
4.C.2	Incineración abierta de residuos	Fracción de la población que realiza quema como método de disposición de residuos	Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE)	2010 y 2014
		Población	Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE)	2010 y 2014
		Generación per cápita de residuos sólido.	Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE)	2010 y 2014

Alianza



		Caracterización de residuos, divididas en residuos de comida, jardín, papel, madera, textiles, pañales.	Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) Super Intendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD)	2010 y 2014
4.D.1	Tratamiento y eliminación de aguas residuales	Población cuyas aguas residuales son llevadas a las plantas de tratamiento de aguas residuales	Super Intendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD)	2010 y 2014
		Fracción de población que cuenta con servicio de alcantarillado	Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) Super Intendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD)	2010 y 2014
		Fracción de la población que realiza descarga de aguas residuales en cuerpos de agua	Super Intendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD)	2010 y 2014
		Fracción de la población que utiliza sistemas alternativos de disposición de aguas residuales domésticas	Super Intendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD)	2010 y 2014
		Población	Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE)	2010 y 2014
		Descripción de la cantidad, ubicación y tecnología de las PTAR.	Departamento de Gestión del Riesgo de la alcaldía de Palmira	2010 y 2014
		Cobertura de tratamiento de aguas residuales domesticas	Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) Super Intendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD)	2010 y 2014
		Generación y uso de biogás	Super Intendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD)	2010 y 2014
		Consumo de proteína per cápita	Food and Agriculture Organization of the United Nations FAO	2010 y 2014
4.D.2	Tratamiento y eliminación de agua residuales industriales	Cantidad producida por sector industrial	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)	2010 y 2014
		Descripción de la cantidad, ubicación y tecnología de las PTAR.	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)	2010 y 2014

Alianza

